

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Физико-технологический институт

ФИЗИКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ  
ФТИ-2019

**VI Международная молодежная научная конференция,  
посвященная 70-летию основания  
Физико-технологического института**

Екатеринбург, 20-24 мая 2019 г.

Тезисы докладов

Екатеринбург  
2019

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43  
Ф 48

Физика. Технологии. Инновации. ФТИ - 2019. [Электронный ресурс]: тезисы докладов VI Международной молодежной научной конференции, посвященной 70-летию основания Физико - технологического института, Екатеринбург, 20-24 мая 2019 г. / отв. за вып. А. В. Ищенко. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 22 Мбайт. 1 электрон. опт. диск (CDROM).

ISBN 978-5-8295-0640-7

В сборнике опубликованы тезисы устных и стендовых докладов, представленных на VI Международной молодежной научной конференции, посвященной 70-летию основания Физико-технологического института, Физика. Технологии. Инновации. ФТИ - 2019. Тезисы сгруппированы по следующим направлениям: физика конденсированного состояния, приборостроение и робототехника, химические технологии, материаловедение, информационные технологии, биоинженерия и биотехнологии, инновации и социальные технологии.

Редакционная коллегия: *В. Ю. Иванов, С. В. Звонарев, А. В. Ищенко, Е. А. Бунтов, И. С. Жидков, А. С. Дедюхин, В. С. Семенищев, М. И. Сутормина, А. А. Смирнов, Д. А. Метелев, Э. В. Патраков.*

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43

ISBN 978-5-8295-0640-7

© УрФУ, 2019  
© Авторы, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 Физика конденсированного состояния .....	38
<i>Абашев Р.М., Сюрдо А.И.</i> Сложная кинетика фотолюминесценции F-центров в сильно облученном анионодефицитном корунде и ее связь со степенью заполнения электронных ловушек .....	39
<i>Абашев Р.М., Калинин М.О., Келлерман Д.Г., Сюрдо А.И.</i> Роль собственных и примесных дефектов в формировании термолуминесцентных и дозиметрических свойств $\text{LiMgPO}_4$ .....	41
<i>Abramov A.S., Alikin D.O., Yuzhakov V.V., Nikitin A.V., Latushko S.I., Karpinsky D.V., Shur V.Ya., Kholkin A.L.</i> Indentation-induced local polarization reversal in La doped $\text{BiFeO}_3$ ceramics.....	43
<i>Аданакова О.А., Лепаловский В.Н., Степанова Е.А., Васьковский В.О.</i> Влияние слоистого структурирования на обменное смещение в пленках $\text{FeMn}/X/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ( $X = \text{Ta, Gd}$ ).....	44
<i>Akischeva (Gudkova) A.V., Pyanzina E.S., Ivanov A.O.</i> Modelling of the system of magnetic anisotropic nanoparticles.....	46
<i>Акрамов Д.Ф., Селезнева Н.В., Баранов Н.В., Казанцев В.А.</i> Изменения кристаллической структуры и фазовые превращения в системе $\text{Co}_7(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_8$ .....	47
<i>Alekseev I.V., Andreev S.V., Volegov A.S.</i> Magnetic viscosity dependence of $\delta M$ plots for a NdFeB - based alloy.....	48
<i>Альжанова А.Е.</i> Наномеханические свойства наноструктурированных систем $\text{SiO}_2/\text{Si}$ .....	49
<i>Андреев С.Н., Кашин И.В., Бадртдинов Д.И., Мазуренко В.В.</i> Изучение электронных и магнитных свойств сплава $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$ .....	51
<i>Аникин В.А., Шихова В.А., Ушаков А.Д., Федоровых В.В., Есин А.А., Холкин А.Л., Шур В.Я.</i> Влияние доменной структуры на пьезоэлектрические и диэлектрические свойства релаксорных сегнетоэлектриков .....	52
<i>Бубнова А.С., Соломонов В.И.</i> Люминесцентный анализ керамической шпинели $\text{Fe}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , синтезированной из нанопорошков при спекании в воздухе и вакууме .....	54
<i>Badrtdinov D.I., Abdeldaim A.H., Nilsen G.J., Tsirlin A.A.</i> The magnetic anisotropy of spin $S=1$ $\text{BaMoP}_2\text{O}_8$ system .....	55
<i>Akilbekov A., Balakhayeva R., Dauletbekova A., Kozlovskii A., Baimukhanov Z., Usseinov A.</i> Structure of CdTe nanocrystals synthesized by electrochemical deposition from different solutions onto the $\text{SiO}_2/\text{Si}$ track template.....	56
<i>Badrtdinov D.I., Sotnikov O.M., Rudenko A.N., Katsnelson M.I., Mazurenko V.V.</i> Tunable dimer systems of cobalt atoms on phosphorene .....	58
<i>Баратова А.А., Бактыбеков К.С.</i> Динамика гетероаннигиляционных процессов во фрактальных средах.....	60
<i>Басырова С.И., Галиханов М.Ф., Шаймухаметова И.Ф., Богданова С.А.</i> Влияние постоянного коронного разряда на свободную поверхностную энергию модифицированного картона.....	61
<i>Беликов А.С., Ремпель С.В., Ремпель А.А.</i> Особенности вольт-амперной характеристики сульфида серебра.....	63

<i>Беляева Т.Д., Новак Е.В.</i> Влияние полидисперсности на равновесные свойства супрамолекулярных магнитных полимеров.....	64
<i>Сарычев М.Н., Бондаревская А.С., Шутов И.С., Жевстовских И.В., Гудков В.В.</i> Аномальное поведение упругих свойств кристалла флюорита кальция вызванное примесью никеля.....	65
<i>Бокизода Д.А., Зацепин А.Ф., Бунтов Е.А., Iain Vaikie, Вяткина С.П., Китаева Т.Г.</i> Фотоэмиссия и работа выхода пленок линейно-цепочечного углерода на медной и кремниевой подложках с использованием зонда Кельвина .....	67
<i>Бокизода Д.А., Зацепин А.Ф., Бунтов Е.А., Гусева М.Б., Парулин Р.А., Ошева Д.К.</i> Моделирование оптических свойств линейно-цепочечных углеродных покрытий на поверхности кремния и меди.....	69
<i>Борболин А.Д., Марфин А.Ю., Никифоров С.В., Никифоров А.Ф.</i> Оптически индуцированные процессы в ультрадисперсных анион-дефектных керамиках $Al_2O_3-BeO$ , облученных высокими дозами ионизирующих излучений.....	71
<i>Бородин К.И., Волков В.А.</i> Влияние взаимодействия между примесными атомами на растворимость газов в кристаллах .....	73
<i>Ботов М.А., Кузнецов А.Ю., Соболев А.Б.</i> Приповерхностный автолокализованный экситон в $Li_2O$ .....	75
<i>Чайкин Д.В., Спиридонов Д.М., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.</i> Спектрально-кинетические параметры термолюминесценции в катион-дефицитном $AlN$ .....	76
<i>Чуркин В.Ю., Панков В.А., Звонарев С.В.</i> Фотолюминесценция керамик оксида алюминия с примесями марганца после высокотемпературного отжига в вакууме .....	77
<i>Девицкий О.В., Сысоев И.А., Осипян В.Б.</i> Получение и исследование гетероструктур GaP/Si для фотоэлектрических преобразователей.....	79
<i>Дутов В.А., Киряков А.Н., Зацепин А.Ф., Байтимиров Д.Р., Дьячкова Т.В., Ваганов А.Ш.</i> Новый центр ЭПР в прозрачной нанокерамике $MgAl_2O_4$ .....	80
<i>Дыбов В.А., Сериков Д.В., Сумец М.П., Рыжкова Г.С.</i> Эволюция фазового состава и электрических свойств аморфных пленок $LiNbO_3$ в процессе термического отжига.....	82
<i>Егочина В.И., Копосов Г.Д., Тягунин А.В.</i> Исследование влияния предварительной увлажненности на влагоперенос с поверхности льда в мерзлом грунте .....	84
<i>Федоровых В.В., Шихова В.А., Чезганов Д.С., Власов Е.О., Чувакова М.А., Зеленовский П.С., Шур В.Я.</i> Эволюция доменной структуры под действием облучения электронным и ионным пучком в монокристаллах ниобата бария-стронция.....	86
<i>Feshchenko A.A., Mikhailitsyna E.A., Kulesh N.A., Neznakhin D.S., Stepanova E.A.</i> Magnetic properties of soft magnetic cobalt-based alloy heat treated in presence of indium vapors.....	87
<i>Филатов М.С., Стогней О.В., Бочаров А.И.</i> Тепловые свойства керамического покрытия $ZrO_2$ , полученного с помощью реактивного магнетронного ВЧ напыления .....	89
<i>Гермов А.Ю., Оглобличев В.В., Потанов А.М., Верховский С.В.</i> Результаты и перспективы спектроскопии ЯМР при исследовании электронного строения монокристалла урана .....	91
<i>Гильманов И.Р., Гильманова А.Р., Галиханов М.Ф.</i> Взаимосвязь электретных свойств пенополиэтилена от технологии получения и введения в состав мелкодисперсного наполнителя.....	92
<i>Gilfanova S.V., Galeeva L.R., Galikhanov M.F.</i> Influence of electret effect on filter and dividing capabilities of polymer nonwovene materials .....	94

<i>Kulesh N., Bolyachkin A., Grinina Z., Pushkarev I.</i> Magnetization reversal in GdCo antidot films with perpendicular anisotropy .....	95
<i>Goshev A.A., Eseev M.K.</i> Influence of surface-bound water on the electrophysical properties of MW–CNTs.....	97
<i>Гупало М.А., Новак Е.В.</i> Влияние топологии магнитного полимера на его структурные и магнитные свойства .....	99
<i>Камалова Р.И., Минзагирова А.М., Галиханов М.Ф., Спиридонова Р.Р., Гужова А.А., Хайруллин Р.З.</i> Электретные свойства композиций полилактида с монтмориллонитом.....	100
<i>Игольников А.А., Рютин С.Б., Скрипов П.В.</i> Изучение тепловой проводимости термонеустойчивых веществ в широком интервале температур и давлений .....	102
<i>Ilyin V.Yu., Chikova O.A., V'yukhin V.V., Abrosimov V.O.</i> Electrical resistivity of liquid CuSn, CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd alloys of equiatomic compositions.....	103
<i>Иванов И.В.</i> Дислокационная теория упругих искажений кристаллической решетки для описания структурных изменений при пластической деформации титана .....	105
<i>Кашин И.В., Мазуренко В.В., Руденко А.Н.</i> Изучение явления ферромагнетизма в монослое триоксида хрома.....	107
<i>Карышев П.П., Земсков Ю.А.</i> Исследование особенностей формирования кратеров на поверхности катода короткого вакуумного разряда.....	109
<i>Изможеров И.М., Байкенов Е.Ж., Зверев В.В.</i> Трёхмерная модель блоховских линий в доменной структуре плёнок с перпендикулярной анизотропией.....	110
<i>Nazmy H., Mostafa M. Y. A., Zhukovsky M.</i> Efficiency and radioactive aerosol permeability of AFA-RSP-20 analytical filter .....	112
<i>Khatchenko Yu.E., Pustovarov V.A.</i> Fast d-f luminescence of Pr <sup>3+</sup> ions in some complex phosphates and silicates: comparative characteristics .....	113
<i>Kiselev S.A., Pustovarov V.A.</i> Luminescence of Li <sub>6</sub> Y(BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> doped with Pr <sup>3+</sup> ions under x-ray, electron beam and ultraviolet excitation.....	114
<i>Конев А.С., Конев С.Ф., Байтимеров Д.Р., Ковалева Е.Г., Иванов Д.В.</i> Природа радиационно-индуцированных сигналов ЭПР в галлузитных нанотрубках.....	116
<i>Koubisy M.S.I., Zatsopin A.F., Biryukov D.Yu., Mikhailov A.N., Parulin R.A.</i> Photoluminescence of oxygen-deficient centres in RE-implanted silica glass .....	117
<i>Kornilova V.S., Yuzhakov V.V., Nuraeva A.S., Zelenovskiy P.S., Chezganov D.S., Shur V.Ya., Kholkin A.L.</i> Investigation of piezoelectric and elastic properties of diphenylalanine microtubes after lyophilic drying.....	119
<i>Гладких Т., Козловский А.</i> Изменение оптических свойств AlN облученных ионами С <sup>2+</sup> с энергией 40 кэВ.....	121
<i>Коренистов П.С., Шредер Е.И., Лукоянов А.В., Марченков В.В.</i> Электронная структура, электрические и оптические свойства сплава Mn <sub>1.8</sub> Co <sub>1.2</sub> Al и состояние спинового бесщелевого полупроводника.....	122
<i>Зыков Ф.М., Кудрякова В.С., Шишкин Р.А., Юферов Ю.В.</i> Микроструктура термобарически обработанной системы Al-Ti-N.....	123
<i>Кудюков Е.В., Бальмов К.Г., Васьковский В.О.</i> Влияние отжига на тензомагнорезистивные свойства пленок с однонаправленной анизотропией.....	125
<i>Kulesh N., Mikhalytsyna E.A., Bolyachkin A.</i> Magnetization configurations in soft magnetic Fe-Nb-Cu-Si-B films with periodic nanoscale curvature.....	126
<i>Lei X., Boukhvalov D.W., Zatsopin A.F.</i> Modeling of electronic and optical properties of C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> within DFT frame.....	128

<i>Лисьих Б.И., Пряхина В.И., Грешняков Е.Д., Небогатиков М.С., Шур В.Я.</i> Влияние градиентного распределения состава на исходную доменную структуру в танталате лития.....	130
<i>Лосев Т.С., Жидков И.С., Акбулатов А.Ф., Трошин П.А., Курмаев Э.З.</i> Фотодеградация CsSnI <sub>3</sub> по данным РФЭС.....	132
<i>Каширин М.А., Макагонов В.А., Панков С.Ю., Фошин В.А.</i> Магнитосопротивление многослойных тонкопленочных структур [ZnO/C] <sub>25</sub> .....	133
<i>Макарова А.С., Щапова Ю.В., Панкрушина Е.А., Кисин А.Ю., Вотьяков С.Л.</i> Структурные особенности и люминесценция природной благородной шпинели с аномально высоким содержанием хрома.....	135
<i>Романов И.Ю., Ушаков И.В., Макаров Е.В., Овчинников В.В., Чолах С.О.</i> Сравнение воздействия ионной бомбардировки и механического ударного нагружения на аморфный сплав Fe <sub>72,5</sub> Cu <sub>1</sub> Nb <sub>2</sub> Mo <sub>1,5</sub> Si <sub>14</sub> B <sub>9</sub> .....	137
<i>Makoveeva E.V., Alexandrov D.V.</i> Mathematical modeling of nonlinear growth rates of crystals with allowance for meirs kinetics .....	138
<i>Макарова К.А., Есеев М.К., Макаров Д.Н.</i> Рассеяние ультракоротких импульсов электромагнитного поля графеном.....	140
<i>Maslyanaya K.V., Yuzhakov V.V., Nuraeva A.S., Zelenovskiy P.S., Chezganov D.S., Shur V.Ya., Kholkin A.L.</i> Elastic and piezoelectric properties of diphenylalanine microtubes filled by ethanol molecules.....	141
<i>Меньшенина А.А., Никифоров С. В., Конев А.Ф.</i> О природе полосы люминесценции при 2.6 эВ в диоксиде циркония.....	143
<i>Минзагирова А.А., Галиханов М.Ф., Спиридонова Р.Р., Хайруллин Р.З., Yuan Xue, Li Chen, Mi Zhang, Xiaoqing Zhang</i> Влияние монтмориллонита на свойства полиэтиленового электрета.....	145
<i>Михайлов П.С., Музюкин И.Л.</i> Исследование ионного потока плазмы на основе сильноточной вакуумной дуги.....	147
<i>Могильникова Н.Н., Чезганов Д.С., Власов Е.О., Гимадеева Л.В., Зеленовский П.С., Грешняков Е.Д., Q.Hu, X.Wei, Шур В.Я.</i> Формирование доменной структуры облучением электронным пучком в монокристаллах PMN-39PT .....	148
<i>Moskalev M.E., Lepalovskij V.N., Naumova L.I., Sosyura I.O., Vas'kovskiy V.O.</i> Partial Structural transformation of NiMn in Exchange biased Fe <sub>20</sub> Ni <sub>80</sub> /Ni <sub>30</sub> Mn <sub>70</sub> /Fe <sub>20</sub> Ni <sub>80</sub> thin films.....	150
<i>Мостовая Е.И., Борознина Е.В., Белоненко М.Б.</i> Трехмерные чирпированные световые пули в углеродных нанотрубках .....	151
<i>Mostovaya E.I., Belonenko M.B., Boroznina E.V., Kakorina O.A., Nazarenko A.K.</i> Research of the formation possibility of the nanoresonator based on 2D-h-BN surface.....	153
<i>Муфтахетдинова Р.Ф., Даниленко И.А., Кругликов Н.А., Петрова Е.В., Гроховский В.И.</i> Исследование спектральных характеристик метеоритов после моделирования термического и ударного метаморфизма.....	155
<i>Мышкина А.В., Бажукова И.Н., Пустоваров В.А., Соковнин С.Ю.</i> Люминесцентно-оптические свойства наночастиц диоксида церия, отоженных в восстановительной среде .....	157
<i>Назаренко А.К., Авраменко О.И., Борознина Е.В., Какорина О.А., Ермакова Т.А., Васильев В.А.</i> Исследование процесса адсорбции продуктов выстрела на поверхности углеродной нанотрубки.....	159

<i>Galenko P.K., Nizovtseva I.G., Moelans N.</i> Multi-grain evolution under slow, intermediate and fast regimes of solidification in multi-component alloying system .....	160
<i>Galenko P. K., Nizovtseva I.G., Moelans N.</i> Traveling wave solution of phase field model for multi-grain systems .....	161
<i>Ноговицына Т.А., Бессонов С.А., Повзнер А.А.</i> Электронная структура и магнитная восприимчивость сплавов $Fe_{1-x}Co_xSi$ .....	163
<i>Нуретдинов Т.М.</i> Исследование квантовых флуктуаций в $Fe_xMn_{1-x}Si$ с учетом LDA+U+SO расчетов электронной структуры .....	164
<i>Олонцева Д.А., Макаров Д.Н.</i> Обдирка ионного пучка при прохождении через нанотрубки $C_{300}$ .....	165
<i>Osanova E.R., Nekrasov K.A.</i> Fuel loading optimization into the active zone of the BN-800 reactor for the purpose of the most balanced distribution of the energy releasing field .....	166
<i>Орлов К.Е., Толмачев Е.М.</i> Расчёт частоты резонансного поглощения СВЧ-излучения водой .....	168
<i>Горьковенко А.Н., Панченко П.А., Кулеш Н.А., Васьковский В.О.</i> Влияние термомагнитной обработки на гистерезисные свойства поликристаллических плёнок сплавов группы железа .....	169
<i>Бассараб В.В., Жилова О.В., Каширин М.А., Макагонов В.А., Панков С.Ю., Фошин В.А.</i> Механизмы электропереноса в тонкопленочных структурах $[ZnO/SiO_2]_{25}$ .....	171
<i>Панков В.А., Чуркин В.Ю., Звонарев С.В.</i> Влияние среды спекания и примеси марганца на фотолюминесценцию керамик оксида алюминия .....	173
<i>Kuznetsova Yu.A., Zatsepin A.F., Parulin R.A.</i> Luminescent thin films of gadolinium oxide doped with erbium and europium ions .....	174
<i>Pashnina E.A., Chezganov D.S., Vlasov E.O., Gimadeeva L.V., Greshnyakov E.D., Chuvakova M.A., Shur V.Ya.</i> Electron beam domain patterning in thin plates of magnesium doped lithium niobate .....	176
<i>Потапова И.И., Яцышен В.В.</i> Зависимость основных параметров поверхностного плазмона на границе нанокompозита от относительного объема наночастиц .....	177
<i>Потапова И.И., Яцышен В.В.</i> Постоянные распространения и затухания поверхностных плазмонов на границе нанокompозита .....	179
<i>Постников М.С., Шкварин А.С., Меренцов А.И., Титов А.А., Шкварина Е.Г., Упоров С.А., Титов А.Н.</i> Кристаллическая структура и физические свойства $CuxZrSe_2$ .....	181
<i>Постников М.С., Шкварин А.С., Меренцов А.И., Титов А.А., Шкварина Е.Г., Ярмошенко Ю.М., Титов А.Н.</i> Управление шириной запрещенной зоны с помощью интеркалирования меди в $ZrSe_2$ .....	182
<i>Костин В.Н., Василенко О.Н., Бызов А.В., Петухова А.В.</i> Пространственное распределение магнитного потока в объекте, локально намагничиваемом трехполюсным электромагнитом .....	184
<i>Аникин М.С., Потапов Е.В., Тарасов Е.Н., Зинин А.В.</i> Влияние атомного номера редкоземельного элемента на магнитокалорический эффект в $R(Co_{0.88}Fe_{0.12})_2$ .....	185
<i>Morozov P.A., Pupanov I.F., Glazachev V.A., Krylov O.A.</i> Angular distribution of ions generated by nanosecond surface flashover of polymers .....	187
<i>Пушкарев Г.В., Прищенко Д.А., Мазуренко В.Г., Руденко А.Н.</i> Моделирование орбитальной восприимчивости монослоя черного фосфора .....	188

<i>Раджабов А.Ш., Халматов А.С., Усманов Д.Т., Расулев У.Х.</i> Исследование кинетики гетерогенных химических реакции и десорбции молекул органических соединений методом термодесорбционной поверхностно-ионизационной спектроскопии.....	190
<i>Раджабов А.Ш., Халматов А.С., Усманов Д.Т., Расулев У.Х.</i> О кинетике гетерогенных процессов в термодесорбционной поверхностно-ионизационной спектроскопии органических соединений .....	191
<i>Аникин М.С., Рагозина М.В., Уржумцев А.Н., Сёмкин М.А., Селезнева Н.В., Тарасов Е.Н., Зинин А.В.</i> Магнитокалорический эффект $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$ , $x \leq 0.16$ .....	193
<i>Рамазанова Г. Р., Ананченко Д.В, Никифоров С.В., Конев С.Ф.</i> ЭПР монокристаллического анион-дефицитного оксида алюминия после УФ-облучения.....	195
<i>Розанов Е.О., Проценко С.П.</i> Применение метадинамики для расчета энергетического барьера нуклеации метастабильной жидкости .....	197
<i>Russkikh P.A., Spirin A.V., Boltachev G.Sh., Paranin S.N.</i> Surface modification of steel inductor as an approach to enhance its durability in high pulsed magnetic fields.....	198
<i>Аданакова О.А., Кудюков Е.В., Балымов К.Г., Степанова Е.А., Русалина А.С., Васьковский В.О.</i> Магнетизм аморфных пленок системы $Dy-Co$ .....	200
<i>Савченко С.С., Корелин И.А., Ильин Д.О., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.</i> Композитный нанолуминофор с настраиваемой цветностью для преобразования УФ излучения .....	201
<i>Щапова Е.А., Сташков А.Н., Царькова Т.П., Сажина Е.Ю., Кочнев А.В.</i> Сравнение двух способов обработки экспериментальных данных в магнитном методе для определения упругих сжимающих напряжений.....	203
<i>Shalomov K.V., Ovchinnikov V.V., Cholakh S.O.</i> Estimation of temperature and thermal pressures in thermalized areas of dense cascades of atomic displacements in the course of ion bombardment .....	204
<i>Седов Е.А., Голоколенов И.А., Завьялов В.В., Арутюнов К.Ю.</i> Квантовый размерный эффект и критическая температура тонких плёнок алюминия .....	206
<i>Семенова И.В., Никонов А.В., Павздерин Н.Б., Хрустов В.Р., Гырдасова О.И.</i> Термические и электрические свойства $La_2NiO_4$ допированного Со.....	208
<i>Шекунов Г.С., Некрасов К.А.</i> Моделирование зернограничной диффузии Хе в $UO_2$ .....	210
<i>Шевелёв В.С., Ищенко А.В., Шульгин Б.В.</i> Влияние люминесцентных добавок на оптические и люминесцентные свойства органических полимеров.....	211
<i>Шутов И.С., Харитонов К.И., Сарычев М.Н.</i> Исследование проявления эффекта янтеллера в упругих свойствах кристалла $ZnSe:Ni$ методом акустической спектроскопии....	213
<i>Амдур А.М., Шваб Е.А., Федоров С.А.</i> Компьютерное моделирование нагрева и плавления микродисперсных частиц золота в различных средах.....	214
<i>Слудная М.А., Макаров Д.Н.</i> Корректировка классической теории ионного торможения Бора.....	216
<i>Мелких А.В., Скворцов Д.В.</i> Разделение веществ при испарении из трехкомпонентной смеси и оптимизация процесса .....	217
<i>Смирнов Н.О., Валиев Д.Т., Звонарев С.В.</i> Люминесценция собственных и примесных центров керамики $Al_2O_3:Mg^{2+}$ .....	219
<i>Смирнов Н.О., Фролов Е.И., Звонарев С.В.</i> Фотолюминесцентные свойства алюмооксидной керамики, допированной магнием .....	221
<i>Софронова А.Ю., Пустоваров В.А.</i> Радиационно-индуцированные дефекты в кристаллах $SrMgF_4$ , облученных быстрыми электронами.....	223



<i>Sotnikov O.M., Mazurenko V.V., Colbois J., Mila F., Katsnelson M.I., Stepanov E.A.</i> Quantum nanoskurmions.....	224
<i>Соколовский Д.Н., Волкова Я.Ю.</i> Влияние высокого давления на термоЭДС углеродных нанотрубок .....	226
<i>Костин В.Н., Сербин Е.Д., Созонов Д.А.</i> Сопоставительное исследование ультразвуковых и магнитных способов оценки пластической деформации среднеуглеродистой стали .....	227
<i>Сурганов О.А., Байтимиров Д.Р., Жидков И.С., Рябухин О.В.</i> Изучение электронной структуры и парамагнитных свойств радиационно-сшитого полиэтилена.....	229
<i>Сыроватко Ю.В.</i> Температурная зависимость теплоемкости декагональных фаз квазикристаллического сплава Al-Co-Ni .....	231
<i>Тарасова О.С., Клапанов А.В.</i> Разработка широкополосных радиопоглощающих структур на основе частотно-избирательных решеток.....	233
<i>Терещенко А.А., Овчинников А.С., Сеницын В.Е.</i> Расчет лоренцogramм для решений модели двойного синус-гордона.....	234
<i>Titova E.A., Alexandrov D.V.</i> 3D dendrite shape in the large chemical Péclet number limit in the case of rotational symmetry.....	236
<i>Tolubaeva N.N., Kidibaev M.M., Mamytbekov U.K., Mamytbekov Zh.K.</i> Atmospheric radioactive isotope monitoring .....	238
<i>Топорова Н.М., Шерокалова Е.М., Баранов Н.В.</i> Кристаллическая структура и кинетические свойства интеркалированных соединений $St_{0.33}Nb(S_{1-x}Se_x)_2$ .....	239
<i>Toropova L.V.</i> Effect of forced convection on dendrite growth kinetics.....	240
<i>Trofimova E.S., Pustovarov V.A., Shi Q.</i> 5d→4f luminescence in $Sr_9Lu(PO_4)_7$ doped with $Pr^{3+}$ ions.....	242
<i>Trofimova K.E., Ishchenko A.V., Vokhmintsev A.S., Irgashev R.A., Weinstein I.A.</i> Synthesis and characterization of semiconducting carbazole thin films .....	244
<i>Цыкарева Ю.В., Капустин С.Н.</i> Изменение зонной структуры углеродных нанотрубок с помощью химической модификации.....	246
<i>Urusova N.V., Semkin M.A., Kratochvilova M., Volegov A.S., Pirogov A.N.</i> Analysis of migration maps of $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ ( $x = 0, 0.1$ ).....	248
<i>Уржумцев А.Н., Москалев В.Н., Волегов А.С.</i> Процессы перемагничивания в постоянных магнитах системы Sm-Co.....	249
<i>Usseinov A., Akilbekov A., Dauletbekova A., Geniyatova Sh., Soltanbek N., Nekrasov K., Seitov D.</i> Ab-initio calculations of CO <sub>2</sub> adsorption on nonpolar (100) ZnO surface .....	250
<i>Ваганов А.Ш., Киряков А.Н., Зацепин А.Ф., Щапова Ю.В., Гольева Е.В., Дутов В.А.</i> Влияние 10 МэВ пучка электронов на люминесцентные свойства примесных центров $MgAl_2O_4$ .....	252
<i>Валиев Д.Т., Ваганов В.А., Степанов С.А., Пайгин В.Д.</i> Время-разрешенная люминесценция $YAG:Ce^{3+}, Tb^{3+}$ люминофоров.....	254
<i>Костин В.Н., Василенко О.Н., Стригунова А.М.</i> Структурная чувствительность параметров несимметричного цикла «коэрцитивный возврат-намагничивание».....	256
<i>Vlasov E.O., Chezganov D.S., Gimadeeva L.V., Chuvakova M.A., Shur V.Ya.</i> Domain patterning in Congruent lithium niobate by electron beam irradiation at elevated temperatures...	257

<i>Vlasov M.I., Farlenkov A.S., Ananyev M.V., Stroeva A.Yu.</i> Optical properties and conductivity of lanthanum scandate in hydrogen containing atmospheres. Influence of different ways of introducing oxygen non-stoichiometry .....	259
<i>Войнов В.С., Мильман И.И., Сюрдо А.И.</i> Нерадиационная технология создания сложных центров окраски в кристаллах анион-дефектного корунда .....	260
<i>Яковенко В.Д., Рябухин О.В.</i> Моделирование и визуализация тормозного излучения и его использование для формирования малых поглощенных доз .....	261
<i>Якупов Р.Р., Зайцев Д.В., Панфилов П.Е.</i> Зависимость механических свойств титанового сплава Ti-3.5Al-1.1Zr-2.5V от скорости нагружения .....	263
<i>Колосов В.Ю., Юшков А.А., Кудреватых Н.В., Андреев С.В., Кузнецов Д.К., Незнахин Д.С.</i> Исследование особенностей структуры быстрозакаленного магнитного сплава $\text{Sm}_{0.8}\text{Zr}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{Ti}$ .....	264
<i>Зафару Умар, Курбониён М. С.</i> Кванто-механический расчет электронной структуры $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ в рамках теории функционала плотности .....	266
<i>Замковская А.И., Максимова Е.М.</i> Влияние анизотропии упругих свойств на величину параметров микроструктуры бората железа.....	268
<i>Жилова О.В., Панков С.Ю., Анцев А.П.</i> Структура гетерогенной наносистемы $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{34}(\text{SiO}_2)_{66}/\text{In}_2\text{O}_3$ .....	270
<i>Зиберт А., Омарова А., Козловский А.</i> Синтез наноструктур на основе FeSe.....	272
<i>Зверев В.С., Амбаров А.В., Камалтдинов В.Р.</i> Характерные времена релаксации кластера взаимодействующих магнитных анизотропных наночастиц .....	273
 Секция 2 Приборостроение и робототехника .....	 275
<i>Ушаков В.А., Сергеев А.В., Нархов Е.Д., Сапунов В.А.</i> Стенд для анализа амплитудно-временных характеристик сигнала ядерной прецессии .....	276
<i>Перевалов Г.С., Юдин А.В.</i> Требования к по для обеспечения стойкости аппаратуры к ионизирующему излучению космического пространства.....	277
<i>Баженов А.В., Шерстнева Т.А.</i> Оптимизация ГМХ блока управления рулевыми машинами.....	279
<i>Насыров Р.Т.</i> Проблемы верификации при разработке изделий микроэлектроники.....	280
<i>Абдурахимов Н.А., Веселков А.Ю., Волков А.С., Мартынов Г.В.</i> Разработка универсального экспериментального стенда для определения спектрофотометрических характеристик веществ .....	282
<i>Алабердин Р.Р., Лагунов А.Ю., Федин Д.А.</i> Разработка мобильного прибора для анализа содержания вредных газов при пожаре .....	283
<i>Ali W., Ogorodnikova O.M.</i> Method of ripe tomato detecting for a harvesting robot.....	284
<i>Бригинец С.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В.</i> Программное обеспечение для переносного кардиоминитора.....	285
<i>Костин В.Н., Василенко О.Н., Бызов А.В., Суворин К.Д.</i> Аппаратно-программная система магнитной структуроскопии DIUS-1.15M.....	287
<i>Чувашов Р.Д., Вербицкий Е.В., Хохлов К.О., Баранова А.А., Шульгин Б.В.</i> Прибор для обнаружения и идентификации нитросоединений.....	289
<i>Чувильяев О.В.</i> Моделирование дискретной системы управления электропривода постоянного тока.....	290

<i>Чувильев О.В., Зайнуллин А.А.</i> Термоэлектрические измерители скорости летательного аппарата.....	292
<i>Давыдов Д.Р., Байтимиров Д.Р., Фадеев И.С., Иванов Д.В., Конев С.Ф.</i> Изучение чувствительности ЭПР дозиметров на основе гидроксипатита к различным типам ионизирующего излучения.....	294
<i>Демин М.Р., Колесников Н.В., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.</i> Устройство автоматизированного управления на базе проблемно-ориентированного микропроцессора iMX6 .....	296
<i>Фофанов А.С., Орлов А.В.</i> Модернизация аппаратно-программного комплекса для изучения механических свойств льда .....	297
<i>Глотов В.В., Ромащенко М.А., Глотова Т.С.</i> Зонд ближнего электромагнитного поля ..	298
<i>Гордеев Г.С., Юрков И.А., Яρμοшенко И.В., Ищенко А.В.</i> Приборно-техническое оснащение измерений плотности адвективного потока радона из грунта.....	300
<i>Юрков И.А., Гордеев Г.С., Яρμοшенко И.В., Ищенко А.В.</i> Методика измерения плотности потока радона с учетом адвективного переноса .....	302
<i>Каримов А.Р., Молостов И.А.</i> Исследование процессов разгона и торможения инерционного транспортного средства с тяговым синхронным двигателем.....	303
<i>Каримов А.Р., Крепышева Э.И.</i> Исследование преобразователя частоты с ШИМ при питании асинхронного двигателя.....	305
<i>Ригмант М.Б., Корх М.К., Кочнев А.В.</i> Приборный контроль магнитных свойств и фазового состава коррозионно-стойких хромоникелевых сталей.....	307
<i>Корниенко М.Е., Звонарев С.В.</i> Снижение погрешности определения координат источников акустической эмиссии .....	309
<i>Котельников А.В., Бирюков Д.Ю.</i> Программная модель ультразвукового дефектоскопа ИНПРОТЕСТ-1М.....	310
<i>Красноборова Е.А., Моисейкин Е.В.</i> Модуль управления скоростью вращения вала двигателя .....	311
<i>Крепышева Э.И.</i> Устойчивость равновесия в асинхронном электроприводе .....	312
<i>Крепышева Э.И.</i> Оптимальное управление токами двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.....	314
<i>Купчинская Е.А., Купчинский А.В., Игнатьев О.В.</i> Методы получения гамма-изображений.....	316
<i>Купчинский А.В., Купчинская Е.А., Игнатьев О.В.</i> Коррекция хода с жесткостью в прямопоказывающем гамма-дозиметре .....	317
<i>Maltseva V.E., Volegova E.A., Volegov A.S.</i> Development of setup for measuring magnetic properties of materials in a closed magnetic circuit.....	319
<i>Мартемьянов Н.А., Угланов Е.А., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.</i> Модуль для высокотемпературного отжига широкозонных материалов в различных газовых средах.....	321
<i>Мехонцева Г.И., Гонтарь Л.А., Терентьев Г.И.</i> Оценка факторов, влияющих на измерение УЭС материала со кремния монокристаллического.....	323
<i>Мельникова А.П., Шорилов Д.О.</i> Автоматизированная система расшифровки результатов и автоматического прослеживания развития дефектов при контроле теплообменников.....	324
<i>Меркулов О. В., Марков А.А., Леонидов И.А., Патракеев М.В.</i> Разработка и тестирование трубчатого термоэлектрического генератора на основе оксидных материалов.....	326

<i>Михайлов А.В., Гобов Ю.Л., Смородинский Я.Г., Новослугина А.П.</i> Дипольная модель намагничивания арматуры в бетоне .....	328
<i>Миронов А.А., Баранова А.А., Хохлов К.О.</i> Исследование влияния различных веществ на обнаружение следовых количеств нитросодержащих взрывчатых веществ методом тушения хемиллюминесценции .....	330
<i>Могильников И.А., Хохлов К.О.</i> Eviot-модуль .....	331
<i>Молостов И.А.</i> Поиск оптимального сигнала коррекции по критерию минимума мощности потерь в нагрузке преобразователя частоты.....	333
<i>Молостов И.А.</i> Зависимость КПД электродвигателя от частоты скольжения.....	334
<i>Мухин Р.С., Кокорин А.Ф.</i> Цифровой метод обработки информации в спектроскопии: проблемы и перспективы.....	337
<i>Недорезов М.Н., Соковнин С.Ю., Балезин М.Е.</i> Поверхностный стерилизатор яйца на основе ускорителя УРТ05-М.....	338
<i>Никитин А.В., Гобов Ю.Л., Ольховская Е.В.</i> Магнитная дефектометрия поверхностных дефектов в ферромагнетике.....	340
<i>Ахнапов Р.Т., Хакимуллин С.И., Яландаева Т.Н., Никитин А.В.</i> Система измерения параметров вектора ветра на борту одноосного вертолета .....	342
<i>Островский В.В., Тягунин А.В., Орлов А.В.</i> Разработка системы управления аппаратно-программного комплекса по определению толщин тонких пленок интерференционным методом.....	344
<i>Патраков В.Е., Гусев А.И.</i> Сравнение промышленных и интегральных тиристоров в режиме ударно-ионизационного запуска .....	346
<i>Петров А.А., Зайнуллин А.А.</i> Машины переменного тока с увеличенным выходным моментом.....	348
<i>Петров А.А., Чувиляев О.В.</i> Машины переменного тока с увеличенными энергетическими характеристиками при 24 пазах на полюсное деление.....	350
<i>Полетаев Д.А., Соколенко Б.В., Нудьга А.А., Старосек А.В.</i> Вихревая голографическая микроскопия для построения трехмерных моделей археологических объектов.....	352
<i>Ригмант М.Б., Корх М.К., Проскурина И.А.</i> Контроль электрических параметров для оценки мартенситных превращений в аустенитных сталях.....	353
<i>Пышкина М.Д., Волошин А.М.</i> Зависимость неопределённости от числа сфер у спектрометра Боннера.....	355
<i>Розевика А.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В.</i> Программное обеспечение для мобильного комплекса ГРУТ.....	356
<i>Hesham M.H. Zakaly, Mohamed A. Uosif, Shams Issa, Mujahed Saif, Mahmoud Tammam, Atef El-Taher</i> Estimate the absolute efficiency by MATLAB for the NaI(Tl) detector using IAEA-314 .....	358
<i>Семченко В.А., Кладухин В.В.</i> Трансформаторы Льюиса с согласующими сумматорами.....	359
<i>Serazetdinov A.R., Atkin E.V.</i> Current comparator design.....	360
<i>Сергеев А.В., Нархов Е.Д., Денисов А.Ю., Сапунов В.А.</i> Расчет и создание магнитоэкранированных высокооднородных магнитных систем с использованием COMSOL MULTIPHYSICS.....	362
<i>Шилов А.О., Моисейкин Е.В.</i> Разработка дорожного контроллера для управления светофорами со светодиодными модулями.....	364

<i>Синев М.М., Сидоренко Ф.А., Райков Д.С.</i> Описание СВС-реактора и ближайшие планы по его использованию.....	365
<i>Солодков Р.Э., Петрухнова Г.В.</i> Оценка качества внутрисхемного контроля цифровых схем.....	366
<i>Грозных М.В., Стурис А.Ю., Рябухин О.В.</i> Аппаратная часть устройства для измерения энергии пучка электрона в реальном времени.....	368
Секция 3 Химические технологии.....	370
<i>Abu El-Soad A.M., Abd El-Magied M.O., Kovaleva E.G.</i> Beryllium biosorption on chemically modified sulfonated chitosan: kinetics and thermodynamics studies .....	371
<i>Дорошева И.Б., Адияк Е.В., Валеева А.А., Ремпель А.А.</i> Синтез нестехиометрического диоксида титана в потоке водорода.....	372
<i>Алимгулов Р.Р., Мальцев Д.С., Волкович В.А., Карпов В.В., Абрамов А.В., Половов И.Б., Ребрин О.И.</i> Коррозия конструкционных материалов в расплавах KCl–LiCl–UCl <sub>3</sub> , содержащих металлический цинк.....	373
<i>Yufarov Y.V., Arnautov A.I., Zykov F.M., Chukin A.V., Kudyakova V.S., Shishkin, R.A.</i> Insertion of silica into nanoporous alumina by chemical deposition technique.....	374
<i>Бачина Т.Э., Рябухин О.В.</i> Обнаружение тяжелых металлов в пищевых продуктах методом возбуждения изомерных состояний.....	376
<i>Бакшеев Е.О., Машковцев М.А., Буйначев С.В., Аликин Е.А., Денисов С.П.</i> Синтез палладий содержащих твердых растворов на основе оксидов церия и циркония.....	377
<i>Бардина М.Н., Майорова А.В., Денисова Э.И.</i> Исследования по отделению никеля, титана, хрома, молибдена, вольфрама, кобальта, тантала и железа от селена и теллура.....	379
<i>Майорова А.В., Куликова Т.В., Бардина М.Н.</i> Дехлорирование полихлорированных бифенилов при взаимодействии с метоксидом натрия.....	381
<i>Баринов А.А., Сесина Н.А., Коротаев М.С., Симагин А.С.</i> Кватернизация поли- <i>n</i> -[3-(диметиламино)пропил]-метакриламида различными галогеналканами.....	382
<i>Баталова Е.В., Зуев М.Г., Васин А.А.</i> Анализ спектральных характеристик апатит германата.....	384
<i>Берескина П.А., Бакшеев Е.О., Машковцев М.А.</i> Влияние метода синтеза на параметры пористости и поверхности образцов смешанного оксида алюминия-церия-циркония (ACZ).....	386
<i>Берескина П.А., Осолыхина А.Ю., Машковцев М.А.</i> Влияние добавки модификатора на параметры пористости и поверхности коммерческих образцов гамма-оксида алюминия.....	388
<i>Бобаренко А.В., Охохонин А.В.</i> Органические комплексы никеля (II) и рутения (III) как электрохимические катализаторы окисления глюкозы.....	390
<i>Бородина Е.К., Денисов Е.И.</i> Разработка технологии выделения германия из облученных галлий-никелевых мишеней .....	391
<i>Strelcova D., Boroznin S.V., Zaporotskova I.V., Boroznina N.P.</i> Research into boron-carbon nanotube modified by alkaline metal atoms.....	392
<i>Strelcova D., Boroznin S.V., Zaporotskova I.V., Boroznina N.P., Polyakov V.I.</i> Investigation of efficiency increasing for packing columns using carbon nanotubes .....	393
<i>Бритвина А.С., Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.</i> Осаждение пероксида урана из нитратно-сульфатных регенератов .....	395

<i>Бритвина А.С., Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.</i> Физико-химические характеристики пероксида урана, полученного из нитратно-сульфатных регенераторов.....	397
<i>Буйначев С.В., Машковцев М.А., Алешин Д.К., Гордеев Е.В., Бакшеев Е.О.</i> Исследование влияния значения рН на степень сорбции иттрия на гидратированном диоксиде циркония.....	398
<i>Булатова Р.Т., Минзанова С.Т., Ахмадуллина Ф.Ю., Газизова О.В.</i> Применение механо-акустического воздействия для интенсификации процесса получения пектина из свекловичного жома.....	400
<i>Даниленко И.А., Замятин Д.А., Вотяков С.Л., Чащухин И.С.</i> Об оценке соотношения валентных форм железа в хромшпинели по данным электронно-зондового микроанализа .....	402
<i>Дедюхин А.С., Харина Е.А., Щетинский А.В., Ямщиков Л.Ф.</i> Растворимость неодима в эвтектическом сплаве галлия и цинка .....	404
<i>Дяденко М.В., Малявская В.А.</i> Стекловидные материалы для ослабления электромагнитного излучения .....	405
<i>Фадеев С.Е., Губанова Т.В.</i> Фазопереходные материалы на основе системы $\text{NaVO}_3 - \text{KVO}_3 - \text{K}_2\text{CrO}_4$ .....	406
<i>Амдур А.М., Федоров С.А., Шваб Е.А.</i> Поведение микродисперсного золота при плавлении сульфидных материалов .....	408
<i>Фофанов Г.Л., Мухамадеев А.С., Половов И.Б., Ребрин О.И.</i> Взаимодействие металлического ниобия с ниобийсодержащими хлоридными расплавами .....	410
<i>Глазунов А.М., Мозырев А.Г., Майорова О.О.</i> Газовый конденсат как источник получения дизельного топлива.....	412
<i>Глазунова Ю.В., Блинова М.О., Воронина А.В.</i> Исследование кинетики сорбции стронция природными и модифицированными сорбентами на основе клиноптилолита .....	413
<i>Гордеева Т.Ю., Недобух Т.А., Семеничев В.С.</i> Анализ изотерм сорбции урана в области образования истинных коллоидов .....	415
<i>Гордеев Е.В., Машковцев М.А., Алёшин Д.К., Шадрин Л.М.</i> Интеркаляции слоистых гидроксонитратов Gd-Er фторид-ионами и сульфат-ионами .....	416
<i>Гулиянц Ю.С., Таранова Л.В.</i> Каталитическая очистка парафиновых углеводородов от примесей метанола.....	418
<i>Гурьянова А.А., Пономарев А.В., Жиренкина Н.В., Машковцев М.А.</i> Исследование влияния модифицирования на свойства OSC-материалов .....	419
<i>Гушишамова В.Н., Морданов С.В., Штырляев И.Е.</i> Исследование влияния конструктивных зазоров на гидродинамику течения в кожухотрубном теплообменнике .....	421
<i>Глоба А.И., Богдан Е.О., Черепко Д.Н.</i> Определение размеров частиц водных акриловых дисперсий .....	423
<i>Глоба А.И., Яблонская Е.И., Эсауленко Д.В.</i> Влияние строения алкидного олигомера на физико-механические и защитные свойства лаковых покрытий.....	424
<i>Игошева В.С., Зайцева П.В., Васильева Н.Л.</i> Электротермическое атомно-абсорбционное определение индия.....	426
<i>Иканина Е.В., Синотова П.О.</i> Формы нахождения железа (III) в водных растворах солей сильных неорганических кислот.....	427
<i>Ismailov M.Sh., Yamshchikov L.F., Melchakov S.Yu.</i> Preparation and analysis of Pr-Ga-Al alloys .....	429

<i>Иванов А.Б., Волкович В.А., Васин Б.Д., Чукин А.В.</i> Осаждение фосфатов из расплавов хлоридов щелочных металлов, содержащих смесь редкоземельных элементов: определение размера частиц.....	431
<i>Иванова М.В., Мураткозиев П.Е., Барышева Е.С.</i> Влияние концентрации электролита на анодное растворение сплава 82К3ХСР в сернокислом натрии.....	432
<i>Кадырбаев Р.М., Шеремет Н.А., Зотов Г.А., Погребняк Д.А.</i> Поляризационные исследования электрохимического растворения твердого сплава Т15К6 в растворе нитрата натрия .....	433
<i>Канаков Е.А., Миронова В.Ю., Отопкова К.В., Есипович А.Л., Загуменнова Д.В.</i> Исследование процесса эпоксидирования метиловых эфиров жирных кислот с использованием катализаторов на основе иммобилизованной фосфорновольфрамовой кислоты.....	435
<i>Карпова С.В., Киселева Д.В., Червяковская М.В., Стрелецкая М.В., Шагалов Е.С., Богданов С.В., Ткачев В.В., Юминов А.М., Анкушев М.Н.</i> Изотопные отношения меди в медистых песчаниках приуралья и продуктах их переработки как характеристика особенностей медеплавильного производства в бронзовом веке.....	437
<i>Карпова С.В., Киселева Д.В., Шагалов Е.С., Чередниченко Н.В.</i> Оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами вследствие медеплавильного производства в бронзовом веке .....	439
<i>Кашапова Ю.М., Литина Е.С., Сухорукова О.Л., Абрамов А.В., Ребрин О.И.</i> Контроль состава исходного сидерита и продуктов его переработки рентгенофлуоресцентным методом.....	441
<i>Касьянова А.В., Червяковская М.В., Киселева Д.В., Стрелецкая М.В.</i> Разработка методики измерения изотопных отношений Sr в биогенном апатите методом МК ИСП-МС с использованием смолы Sr Resin.....	442
<i>Хаматнурова А.Р., Федорчук А.Н., Шекаева А.Р., Спиридонова Р.Р.</i> Влияние малых концентраций неорганических добавок на синтез и свойства поликапроамида .....	444
<i>Хорькова А.Н., Антипова К.С., Данилов Д.А.</i> Определение трибутилфосфата (ТБФ) и ди-2-этилгексилфосфорной кислоты (Д2ЭГФК) в растворе алифатических углеводородов.....	446
<i>Худорожкова А.О., Исаков А.В., Зайков Ю.П.</i> Изучение температур ликвидуса в расплаве KF–KCl–KI содержащем SiO <sub>2</sub> и K <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> .....	448
<i>Хусаинов Э.Р., Сулейманова А.Г., Спиридонова Р.Р.</i> Синтез водостойких и биостойких поливинилацетатных дисперсий .....	449
<i>Кириченко И.В., Семенищев В.С.</i> Определение радионуклидного состава актиний-содержащего концентрата РЗЭ.....	451
<i>Гордеева Ю.В., Таукин А.О., Семенищев В.С., Смышляев Д.В., Боталов М.С., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М., Рычков В.Н.</i> Концентрирование Ac-227 при переработке концентрата РЗМ.....	453
<i>Кочергина Е.В., Сухорукова О.Л., Абрамов А.В., Ребрин О.И.</i> Анализ молибденосодержащих хлоридных плавов рентгенофлуоресцентным методом .....	454
<i>Коробицына А.Д., Мельчакова О.В., Печищева Н.В.</i> Сорбция перренат-ионов аминополимерами и их функциональными производными .....	455
<i>Кортаев М.С., Зарубина И.С., Баринов А.А., Садиков А.Ю.</i> Нуклеофильное приединение диэтиламина к N-[3-(диметиламино)пропил]метакриламиду по реакции михаэля.....	457

<i>Костромин К.В., Новоселов И.К., Бир А.А., Весновский В.С., Звонков И.Н., Зильберман Б.Я., Николаев А.Ю., Агафонова-Мороз М.С., Блажева И.В., Мишина Н.Е., Рябков Д.В., Хомяков А.П.</i> Локализация фтор-иона при обращении с ЖРО методом упаривания на опытной установке.....	461
<i>Косых А.С., Машиковцев М.А.</i> Влияние условий осаждения на параметры распределения частиц по размерам и форму частиц порошков гидроксидов и оксидов олова.....	462
<i>Котегов А.А., Абаимов Н.А., Рыжков А.Ф.</i> Верификация CFD модели двухступенчатого поточного газификатора на воздушном дутье.....	464
<i>Котова М.В., Смышляев Д.В., Боталов М.С., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М., Рычков В.Н.</i> Исследование экстракционного разделения гольмия и эрбия из солянокислой среды.....	465
<i>Козлова А.А., Волкович В.А.</i> Взаимодействие хлорида урана(IV) с кислородом в расплавах хлоридов щелочных металлов.....	467
<i>Козлова А.А., Рыжков А.А., Иванов А.Б., Мальцев Д.С., Щетинский А.В., Волкович В.А.</i> Взаимодействие оксида лития с расплавами $\text{LiCl-UCl}_4$ и $\text{LiCl-KCl-UCl}_4$ .....	468
<i>Губанова Т.В., Кравец Н.С.</i> Теплоаккумулирующие материалы на основе системы из хлорида, ванадата и вольфрамата лития.....	469
<i>Хомяков А.П., Никулин В.А., Морданов С.В., Лавров А.С., Крюкова В.С.</i> Моделирование процессов перемешивания в аппарате конверсии с различными вариантами конструкции перемешивающих устройств.....	471
<i>Зуев Н.А., Крылосов А.В.</i> Получение лигатур «алюминий-диспрозий» и «магний-диспрозий».....	473
<i>Зуев Н.А., Крылосов А.В.</i> Получение сплавов «алюминий-магний-иттрий».....	475
<i>Кудякова В.С., Шишкин Р.А., Юферов Ю.В., Зыков Ф.М., Чукин А.В.</i> Синтез нанопорошков нитрида титана осаждением из газовой фазы.....	476
<i>Жиренкина Н.В., Курасова Ю.Д., Машиковцев М.А., Обабков Н.В.</i> Изучение влияния условий осаждения на свойства порошков гидроксида хрома.....	478
<i>Кутергин А.С., Денисов Е.И.</i> Влияние активирования природного алюмосиликата на его сорбционные свойства.....	480
<i>Хомяков А.П., Никулин В.А., Морданов С.В., Лавров А.С.</i> Моделирование процессов перемешивания осадков с большим содержанием твердой фазы в аппарате с различными вариантами перемешивающих устройств.....	482
<i>Лазебный И.П., Филиппов П.С., Рыжков А.Ф.</i> Верификация модели парогазовой установки в Aspen PLUS.....	483
<i>Ленартович Л.А., Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Суворов Е.В.</i> Полимерные материалы с модифицирующими добавками.....	485
<i>Liubichev D.A., Samarov A.A.</i> Liquid-liquid equilibrium in quaternary systems ethanol – ethylpropanoate – choline chloride – glycerol, propanol – propylpropanoate – choline chloride – glycerol, butanol – butylpropanoate – choline chloride – glycerol.....	487
<i>Лобанов Д.А., Шешуков О.Ю., Михеенков М.А., Некрасов И.В., Егизарьян Д.К.</i> Физико-химические особенности извлечения цинка из техногенных образований.....	488
<i>Лопунова К.Я., Алифханова Л.М.к., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К.</i> Влияние кислотности среды на селективность сорбции ионов серебра (I) сульфоэтилированным полиаллиламином, сшитым эпихлоргидрином.....	489



<i>Максимцев К.В., Мухамадеев А.С., Крылосов А.В., Кузнецова Е.А., Половов И.Б., Жилияков А.Ю., Чукин А.В., Ребрин О.И.</i> Синтез и структура лигатурных сплавов «алюминий-церий» .....	491
<i>Мальшев А.С., Кириллов С.В., Кириллов Е.В., Буньков Г.М., Боталов М.С., Смышляев Д.В., Рычков В.Н., Таукин А.О.</i> Исследование кинетики выщелачивания РЗЭ из фосфогипса.....	492
<i>Маркина М.А., Александров О.Е., Краснолободцев А.В.</i> Проектирование и расчет схемы идеального разделительного каскада для трехкомпонентной смеси .....	494
<i>Жихарева И.Г., Шмидт В.В., Мартюк Д.Р.</i> Повышение эксплуатационных характеристик и ресурса двигателей внешнего сгорания в арктических условиях за счет использования гальванических покрытий .....	496
<i>Машиковцев М.А., Алешин Д.К., Гордеев Е.В., Кузнецова Ю.А.</i> Синтез и исследование люминесценции оксидной керамики на основе оксида иттрия с переменным содержанием европия .....	498
<i>Медведева М.В, Свалова Т.С., Мальшева Н.Н., Козицина А.Н.</i> Получение пленок поливинилбензилазида, функционализированных наночастицами меди, на поверхности стеклоуглеродного электрода для адресной иммобилизации белков.....	500
<i>Михайлова А.Е., Таранова Л.В.</i> Аспекты энергосбережения в нефтегазовой и химической промышленности.....	501
<i>Михалёв С.В., Семенищев В.С.</i> Изучение электроосаждения урана в методике альфа-спектрометрического определения изотопного состава урана.....	503
<i>Митюшова Ю.А., Юценко А.К., Султанова Д.Т., Рождественская А., Хорошавцева Н.В, Денисова Э.И., Карташов В.В., Шак А.В.</i> Опеределение свойств керамических образцов.....	505
<i>Майорова О.О., Мозырев А.Г.</i> Переработка автомобильных шин и покрышек .....	506
<i>Наливайко К.А., Титова С.М., Кириллов Е.В., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.</i> Кинетика сорбции скандия и примесей Фосфорнокислым катионитом при извлечении из гидролизной серной кислоты .....	508
<i>Наливайко К.А., Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.</i> Влияние температуры процесса осаждения на насыпную плотность концентратов урана .....	510
<i>Хомяков А.П., Морданов С.В., Наськина Д.Р., Хомякова Т.В., Ахтямова Р.И.</i> Исследование гидродинамики перемешивания при осаждении полиураната аммония .....	511
<i>Никитин А.Д., Рыжков А.Ф.</i> Исследование паровоздушной конверсии древесного угля методом термогравиметрического анализа.....	512
<i>Никитин Д.И., Шуклин Д.С., Булдакова А.А., Половов И.Б., Ребрин О.И.</i> Электролиз фторидно-хлоридных расплавов как метод получения цериевых РЗМ.....	514
<i>Рыжов А.А., Никулина В.А., Иванов А.Б., Мальцев Д.С., Волкович В.А.</i> Электрохимические свойства ниобия в расплавах хлоридов щелочных металлов.....	516
<i>Носкова А.Ю, Воронина А.В.</i> Очистка щелочных жидких радиоактивных отходов АЭС, содержащих борную кислоту, от долгоживущих продуктов деления <sup>137</sup> Cs и <sup>90</sup> Sr.....	517
<i>Новиков И.В., Свирский И.А., Титова С.М., Смирнов А.Л.</i> Сорбционное извлечение индия из серноокислых растворов в присутствии ионов железа.....	519
<i>Окунева Т.Г., Майорова А.В., Калинина Н.Ю., Пупышев А.А.</i> Оптимизация условий осаждения железа, никеля, титана, хрома, молибдена, кобальта, тантала, вольфрама и алюминия при ИСП-АЭС определении содержания галлия и германия.....	520

<i>Окилов Б.Р., Данилов Д.А.</i> Экстракционно-спектрофотометрическое определение ди(2-этилгексил) фосфорной кислоты .....	522
<i>Ordinartsev D.P., Krashenin A.G., Khalezov B.D.</i> Leaching of vanadium from the second stage duplex process converter slag .....	523
<i>Орлов П.А., Воронина А.В.</i> Влияние состава раствора на протекание химических реакций при сорбции цезия и стронция модифицированным клиноптилолитом .....	525
<i>Осинкина Т.В., Красиков С.А., Ведмидь Л.Б., Жидовинова С.В.</i> Окисление сплавов Ti-Al-Nb и Ti-Al-Ta кислородом воздуха .....	527
<i>Осипенко А.А., Волкович В.А.</i> Изучение поведения рутения в расплавах хлоридов щелочных металлов методом электронной спектроскопии поглощения.....	528
<i>Осипенко А.А.</i> Изучение коррозии металлического технеция в расплаве 3LiCl-2KCl при различных температурах.....	529
<i>Бунькова О.И., Золотухин К.А., Осипов П.В., Богатова Т.Ф.</i> Моделирование схемы газификатора топлива с различными видами транспортирующего агента.....	531
<i>Панкрушина Е.А., Кобузов А.С., Щапова Ю.В., Вотьяков С.Л.</i> Статистические методы обработки массивов данных в рамановской термоспектроскопии минералов.....	532
<i>Павлова Я.Е., Данилов Д.А., Шишкин В.Ю.</i> Определение степени восстановления двуоксида урана с добавлением оксидов редкоземельных элементов.....	534
<i>Пешкова А.С., Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Шабунина О.В., Хусаинова В.И., Матерн А.И., Иванова А.В.</i> Получение и исследование антиоксидантных свойств экстрактов винограда.....	535
<i>Петренёв И.А., Камалов Р.В., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.</i> Способ контроля морфологии нанотубулярных массивов диоксида циркония с использованием хроноамперограммам.....	537
<i>Петров А.И., Фофанов Г.Л., Ганеевцев А.С., Иванов В.А., Щетинский А.В., Половов И.Б., Ребрин О.И.</i> Получение металлических самария и иттербия лантанотермическим восстановлением.....	538
<i>Петров А.И., Максимцев К.В., Мухамадеев А.С., Чукин А.В., Половов И.Б.</i> Изучение процесса пирометаллургической сепарации металлического урана от оксидов редкоземельных элементов.....	540
<i>Пискарева М.П., Рянская А.Д., Киселева Д.В., Пантелеева С.Е.</i> Определение температуры и ов атмосферы обжига керамики из поселения бронзового века Каменный Амбар по данным рентгенофазового анализа.....	542
<i>Подрядова К.А., Тойкка М.А.</i> Равновесие жидкость-жидкость в четверной системе пропионовая кислота – <i>n</i> -пропанол – <i>n</i> -пропилпропионат – вода при 303.15 К.....	544
<i>Сорокин С.С., Польшина Т.Д., Маковская О.Ю.</i> Сорбция мышьяка (III) на ионите Lewatit FO36.....	545
<i>Поздин А.В., Сарыева Р.Х., Туленин С.С., Маскаева Л.Н., Марков В.Ф.</i> Влияние легирования йодом и ультразвука на состав и морфологию пленок PbS.....	547
<i>Пронина М.О., Бакшеев Е.О., Машковцев М.А., Бажукова И.Н., Касьянова В.В., Мышкина А.В.</i> Синтез и исследование физико-химических свойств нанокристаллического диоксида церия.....	549
<i>Пьянков А.А., Бетенеков Н.Д.</i> Селективное выделение висмута-212 из раствора тория.....	551
<i>Рогожин А.Е., Васильев В.Д., Рыбкин П.А., Гречухина К.С.</i> Влияние условий синтеза депрессорных присадок для биодизельного топлива на их основные характеристики .....	553

<i>Рожков В.В., Семухин С.П., Таранова Л.В., Мозырев А.Г.</i> Изучение свойств фосформодифицированного цеолитового катализатора.....	554
<i>Рулинская М.А., Дерюгина О.П.</i> Повышение эффективности работы теплообменного оборудования производства «Бутадиен» .....	556
<i>Рыжов А.А., Иванов А.Б., Волкович В.А.</i> Влияние температуры на электронные спектры поглощения вольфрамсодержащих хлоридных расплавов .....	557
<i>Сайгушкина А.А., Свалова Т.С., Малышева Н.Н., Козицина А.Н.</i> Адресная функционализация золотого электрода методом электрографтинга солей 3-карбоксифенил диазония и 3-карбокси-1,2,4-триазол-5-диазония.....	558
<i>Савастьянова А.С., Фофанов Г.Л., Половов И.Б.</i> Исследование процессов растворения пентахлорида ниобия в хлоридных расплавах .....	560
<i>Сехляян О.Э., Воронина А.В., Грицюк Е.М.</i> Влияние качества окружающей среды на здоровье населения свердловской области .....	561
<i>Селезнев А.А., Ярмошенко И.В., Малиновский Г.П., Киселева Д.В., Рянская А.Д., Рудаков М.Е.</i> Методы инструментального и теоретического анализа современных антропогенных отложений на урбанизированных территориях .....	563
<i>Можаровская П.Н., Лыкова Ю.А., Семенищев В.С.</i> Определение химических загрязнителей в пробах питьевых и сточных вод города Екатеринбурга и свердловской области.....	565
<i>Senina A.A., Sadaeva A.A., Toikka M.A.</i> Study of phase equilibrium in splitting systems involving ethyl propionate.....	566
<i>Свиридов А.В., Юрченко В.В., Свиридов В.В., Семенищев В.С., Шабунин А.Ф., Никифоров А.Ф.</i> Адсорбционно-коагуляционное извлечение ионов цезия и стронция на интеркалированных алюмосиликатах .....	567
<i>Юрченко В.В., Никифоров А.Ф., Семенищев В.С., Шабунин А.Ф., Свиридов А.В., Никифоров С.В.</i> Сорбция ионов кальция модифицированным монтмориллонитом.....	568
<i>Шадрина Л.М., Шафар О.Ю., Гордеев Е.В., Данилов Д.А.</i> Определение анионов в слоистых гидроксидах РЗЭ методом капиллярного электрофореза.....	570
<i>Шебухова Е.А., Васин А.А., Зуев М.Г.</i> Синтез и спектральные свойства новых люминофоров $\text{Ca}_2\text{La}_{6.8}\text{Eu}_{1.2}(\text{XO}_4)_6\text{O}_{2.8}$ ( $\text{X} = \text{Si}, \text{W}$ ), полученных методом анионного замещения .....	571
<i>Шестаков К.Д., Кириллов С.В., Кириллов Е.В., Буньков Г.М., Малышев А.С.</i> Автоклавное выщелачивание РЗЭ из фосфогипса.....	573
<i>Шевчук А.П., Маковская О.Ю.</i> Извлечение меди из отработанных растворов травления печатных плат .....	575
<i>Shishkin R.A., Kudyakova V.S., Yuferov Y.V., Zykov F.M.</i> Novel method of silicon synthesis by CVD .....	576
<i>Силенков С.Е., Камалов Р.В., Вохминцев А.С., Мартемьянов Н.А., Вайнштейн И.А.</i> Электроосаждение никеля в структуру нанотубулярного диоксида титана .....	578
<i>Симагин А.С., Баринов А.А.</i> Синтез метакрилового эфира бетулина карбодимидным методом.....	580
<i>Симанов Н.А., Каграманов Ю.А., Тупоногов В.Г., Рыжков А.Ф., Илюхин П. А.</i> Масштабная численная модель реактора горячей сероочистки.....	582
<i>Синельщикова А.Р., Капитанова Е.И., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К.</i> Динамика сорбции ионов благородных металлов сульфэтилированным полиэтиленимином со степенью модифицирования 0.58.....	584

<i>Скачков А.А., Новиков И.В., Свирский И.А. Титова С.М., Смирнов А.Л.</i> Экстракция индия в присутствии Fe(III) из серноокислых растворов.....	585
<i>Пастухов А.М., Черный М.Л., Скрипченко С.Ю.</i> Регенерация насыщенного ионита после сорбционного извлечения шестивалентного хрома из сбросных вод хромового производства .....	587
<i>Пастухов А.М., Скрипченко С.Ю.</i> Использование керамических мембран для очистки сбросных вод экстракционного передела от трибутилфосфата .....	589
<i>Smirnov A.A., Sadaeva A.A., Toikka M.A.</i> Investigation of liquid-liquid equilibrium in splitting systems containing biofuel component.....	590
<i>Солдатова М.Н., Мальцев Д.С., Волкович В.А., Иванов А.Б., Рыжов А.А.</i> Потенциалы выделения циркония из хлоридных расплавов на твердом и жидких металлических катодах.....	591
<i>Старыгина П.Ю., Волкович В.А.</i> Высокотемпературная ИК-спектроскопия уранатов лития, натрия и калия.....	592
<i>Стрепетов К.Е., Мальцев Д.С., Волкович В.А., Иванов А.Б., Рыжов А.А.</i> Восстановление урана из хлоридных расплавов на твердом и жидких металлических катодах.....	593
<i>Суханова П.В., Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л., Кириллов Е.В.</i> Сорбция скандия и основных примесей фосфоросодержащим катионитом из серноокислых растворов.....	594
<i>Сухорукова О.Л., Абрамов А.В., Ребрин О.И.</i> Анализ фосфогипса рентгенофлуоресцентным методом.....	596
<i>Султанова Д.Т., Митюшова Ю.А., Юценко А.К., Денисова Э.И., Карташов В.В., Марков А.А.</i> Исследование электропроводящих свойств керамики на основе ZrO <sub>2</sub> -Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	597
<i>Свирский И.А., Скачков А.А., Новиков И.В., Титова С.М., Смирнов А.Л.</i> Экстракция индия из серноокислых растворов .....	598
<i>Кощеева А.А., Таранова Л.В.</i> Пути повышения энергоэффективности установок переработки углеводородного сырья.....	600
<i>Кощеева А.А., Таранова Л.В.</i> Анализ схемы пиролиза для оценки ресурсов энергосбережения .....	601
<i>Тимина Д.С., Хорькова Е.С., Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Иванова А.В.</i> Исследование антиоксидантной емкости растительных экстрактов.....	603
<i>Муравлева А.М., Титова С.М., Яковлева О.В., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.</i> Сорбция урана и хлорид-ионов из продуктивных растворов подземного выщелачивания...	604
<i>Балдина А.С., Титова С.М., Яковлева О.В., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.</i> Сорбция скандия и тория из серноокислых растворов сульфокатионитом .....	606
<i>Токмакова К.О., Охохонин А.В.</i> Электрохимическое определение глюкозы с использованием наночастиц серебра и палладия в качестве катализатора.....	608
<i>Тропин О.А., Волкович В.А.</i> Электронные спектры поглощения дихлоридов РЗЭ (Sm, Eu, Yb) в расплавах хлоридов щелочных металлов.....	609
<i>Тропин О.А., Волкович В.А.</i> Электрохимическое восстановление трихлоридов лантанидов (Sm, Eu) в расплавах хлоридов щелочных металлов в присутствии водорода...	610
<i>Царев Н.С., Аксенов В.И., Татьянаникова Е.М.</i> Кондиционирование флокулянтами осадков агрессивных сточных вод.....	611

<i>Циммерман А.И., Шаненкова Ю.Л., Осокина Л.В.</i> Анализ возможности получения объемных керамических материалов методом искрового плазменного спекания в системе $ZnO-Vi_2O_3$ .....	613
<i>Ваганова И.В., Мостовицкова Е.В., Воронин В.И., Чуфарова Н.А., Маскаева Л.Н.</i> Эволюция структурных и оптических свойств наноструктурированных пленок PbS при легировании железом(II).....	615
<i>Воробьев А.С., Исаков А.В., Галашев А.Е.</i> Изучение стабильности кремниевых комплексов в расплаве $KF-KCl-K_2SiF_6$ .....	617
<i>Вовк С.К., Денисов Е.И.</i> Исследование кинетики сорбции кобальта.....	618
<i>Яблонская Е.И., Глоба А.И.</i> Выбор сиккатива для ускорения процесса отверждения покрытий на основе новых алкидных олигомеров, модифицированных дегидратированным касторовым маслом.....	620
<i>Яковлева О.В., Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.</i> Сорбция урана из сернокислых продуктивных растворов с повышенным содержанием хлорид-ионов.....	622
<i>Яковлева О.В., Титова С.М., Кириллов Е.В., Семенцев В.С., Смирнов А.Л.</i> Сорбция лантана и церия из сернокислых растворов на сульфокатионите.....	624
<i>Хомяков А.П., Морданов С.В., Никулин В.А., Шкурин П.А., Юдина Ю.С., Михайлов М. А., Хомякова Т.В.</i> Моделирование процессов диспергирования и агломерации частиц твердой фазы в технологических аппаратах .....	626
<i>Yuferov Y.V., Arnautov A.I., Zykov F.M., Chukin A.V., Kudyakova V.S., Shishkin R.A.</i> Technology development for obtaining a multilayer nanoporous aluminum oxide .....	627
<i>Юмашева Н.Д., Данилов Д.А., Курлов А.С.</i> Получение нанокристаллических порошков карбида тантала и исследование их свойств.....	629
<i>Ющенко А.К., Митюшова Ю.А., Султанова Д.Т., Рождественская А., Хорошавцева Н.В., Денисова Э.И., Карташов В.В.</i> Гранулирование соосажденных гидроксидов.....	630
<i>Захарова Т.С., Недобух Т.А.</i> Исследование закономерностей сорбции радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в почвах различных регионов .....	632
<i>Зенкова К.И., Недобух Т.А., Кутергин А.С.</i> Использование гранулированного глауконита для очистки питьевой воды от техногенных радионуклидов в условиях аварийного загрязнения.....	633
<i>Жиренкина Н.В., Машковцев М.А., Курасова Ю.Д., Косых А.С., Обабков Н.В.</i> Изучение процессов формирования гидроксипатита.....	634
<i>Золотарев Д.А., Никитин Д.И., Половов И.Б.</i> Оценка влияния температуры на катодное восстановление урана из хлоридных расплавов .....	636
Секция 4 Материаловедение.....	637
<i>Dauletbekova A., Akylbekova A., Baymukhanov Z., Kozlovsky A., Useinov A., Shayamanov B.</i> ZnSe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> nanocrystals synthesis in a nanoporous layer of silicon dioxide on silicon .....	638
<i>Алешин Д.К., Буйначев С.В., Машковцев М.А., Гордеев Е.В., Верещагин А.О.</i> Синтез нанопорошков $Y_2(OH)_5NO_3 \cdot nH_2O$ и прозрачной керамики $Y_2O_3$ .....	639
<i>Thoettes A.</i> Comparison of mechanical properties and microstructure of annealed and quenched ti-6Al-4V alloys .....	641
<i>Thoettes A.</i> Structure and Properties of Ti-Nb alloys fabricated by suction casting .....	642
<i>Анохина И.А., Анимица И.Е.</i> Кислород-ионный проводник со структурой раддлесдена-поппера $Nd_{0.8}Li_{0.2}BaInO_{3.8}$ .....	643

<i>Антипинская Е.А., Политов Б.В., Маршеня С.Н., Сунцов А.Ю.</i> Физико-химические свойства галлий-замещенных перовскитоподобных кобальтитов .....	644
<i>Бадеха К.А., Яковлев Г.А., Гроховский В.И.</i> Особенности структуры сплавов Fe-Ni вокруг неметаллических включений в атакситах .....	646
<i>Балякин И.А., Юрьев А.А., Гельчинский, Б.Р., Ремпель А.А.</i> Функции радиального распределения высокоэнтропийного сплава TiZrNbHfTa в жидком состоянии .....	648
<i>Баранникова Н.А., Водолазский Ф.В., Илларионов А.Г., Горностаева Е.А., Космацкий Я.И.</i> Структура и механические свойства бесшовных труб из сплава титана на основе альфа-фазы после холодной прокатки и отжига .....	650
<i>Базуева М.В., Волкова Н.Е., Гаврилова Л.Я.</i> Кристаллическая структура и свойства твердых растворов на основе феррита бария.....	652
<i>Бегунова А.С., Яковлев Г.А., Камалов Р.В., Гроховский В.И.</i> Влияние структуры метеорита сеймчан на синтез углеродных нанотрубок .....	653
<i>Kolosov V.Yu., Yushkov A.A., Vokuniaeva A.O., Veretennikov L.M.</i> Centers of crystallization in antimony thin films studied by transmission electron microscopy.....	655
<i>Бритт Д.С., Сыртанов М.С.</i> Исследование механических свойств титанового сплава Ti-6Al-4V, полученного методами аддитивных технологий, после насыщения водородом ..	657
<i>Брусницына Е.В., Муфтахетдинова Р.Ф., Яковлев Г.А., Гроховский В.И.</i> Металлографический анализ палласитовой и октаэдритовой частей метеорита сеймчан....	658
<i>Брюзгина А.В., Елохова А.А., Дьякова А.В., Соломахина Е.Е., Урусова А.С.</i> Аттестация кристаллической структуры и физико-химические свойства твёрдого раствора $Y_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{13+\delta}$ .....	660
<i>Бурчаков А.В.</i> Изучение фазовых равновесий в системе $K,Rb  F,I,CrO_4$ .....	661
<i>Чекушина Я.В., Хвостова Л.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А.</i> Кристаллическая структура соединений общего состава $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$ .....	663
<i>Чернецкий И.В., Карташов В.В., Власов А.В.</i> Влияние добавок нанопорошков на свойства керамики из оксида циркония .....	664
<i>Чернышов Л.М., Чукин А.В.</i> Использование $K_\beta$ рентгеновского излучения для изучения структурных особенностей поверхностных слоев азотированных аустенитных сталей.....	665
<i>Chlenova A.A., Timofeeva A.V., Lepalovskij V.N., Yang Zhen, Kurlyandskaya G.V.</i> Thin film based magnetoimpedance sensor for magnetic needle position identification.....	667
<i>Данилов С.В., Резник П.Л., Зорина М.А., Лобанов М.Л.</i> Влияние специальных границ на текстуру рекристаллизации ГЦК-металлов с высокой энергией дефекта упаковки .....	668
<i>Дмитриев А.С., Меньшаков А.И.</i> Применение низкоэнергетичного электронного пучка для осаждения покрытий на основе карбонитрида кремния .....	670
<i>Дорошева И.Б., Ремпель А.А., Печищева Н.В., Шуняев К.Ю.</i> Синтез наноразмерного диоксида титана с высокой сорбционной способностью по отношению к ионам галлия ....	672
<i>Дяденко М.В., Малявская В.А.</i> Разработка составов радиозащитных стекол.....	674
<i>Елохова А.А., Брюзгина А.В., Урусова А.С.</i> Сложные оксиды состава $YBa_{1-z}Sr_zFeCuO_5$ .....	675
<i>Ерофеев М.Е., Райков Д.В.</i> Особенности синтеза углеродных покрытий на установке УВНИПА-1-001.....	677
<i>Филатов А.А., Суздальцев А.В., Зайков Ю.П.</i> Энергоэффективный способ получения лигатур Al-Zr .....	678

<i>Филатов А.А., Суздальцев А.В., Зайков Ю.П.</i> Свойства сплавов Al-Zr полученных экспериментальным электролитическим методом .....	680
<i>Финогенов А.А., Фролов Е.И.</i> Определение составов и удельных энтальпий плавления в солевых системах с участием карбонат-аниона .....	681
<i>Фролов В.К., Тихонов Е.В., Платонов В.В., Метелев Д.Е.</i> Получение нанопорошков фторидов при помощи импульсно-периодического CO <sub>2</sub> -лазера .....	683
<i>Габдрахманова Д.Р., Карнов В.В., Абрамов А.В., Шак А.В., Половов И.Б.</i> Коррозия сплавов типа 625 в хлоралюминатных расплавах.....	684
<i>Галайда А.П., Дягилева А.И., Волкова Н.Е., Гаврилова Л.Я., Черепанов В.А.</i> Структура и свойства сложных оксидов Sm <sub>0.9</sub> Ca <sub>1.1</sub> Fe <sub>1-x</sub> O <sub>4-δ</sub> (0≤x≤0.7).....	686
<i>Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимца И.Е.</i> Химическая устойчивость галогензамещенных кислороддефицитных сложных оксидов на основе Ba <sub>2</sub> In <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Ba <sub>4</sub> In <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>11</sub> и Ba <sub>4</sub> Ca <sub>2</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>11</sub> .....	687
<i>Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимца И.Е., Корона Д.В.</i> Процессы гидратации и протонная проводимость BaLa <sub>0.9</sub> Sr <sub>0.1</sub> InO <sub>3.95</sub> .....	688
<i>Гамбург А.С., Гибадуллина А.Ф., Половов И.Б.</i> Критическое сравнение диаграмм «время – температура – фазовая стабильность» и «время – температура – сенсibilизация» для применения никелевых сплавов .....	690
<i>Лукьяшин К.Е., Гаврин В.А.</i> Синтез протяжённых керамических материалов на базе алюмо-иттриевого граната.....	691
<i>Гибадуллина А.Ф., Половов И.Б.</i> Моделирование термодинамической и кинетической стабильности сплавов системы «никель – хром - молибден» .....	693
<i>Котенков П.В., Попова Э.А., Гилев И.О., Концевой Ю.В.</i> Влияние циркония и титана на рекристаллизацию алюминиевого сплава Al-Cu.....	694
<i>Гиниятуллин И.М., Богданова Е.А., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.</i> Влияние добавок металлического алюминия и его оксида на прочностные свойства композита на основе гидроксипатита.....	695
<i>Глухов А.В., Волков А.Ю.</i> Определение степени дальнего порядка в упорядоченном сплаве золото-медь с применением резистометрии и рентгенодифракционных методов ....	697
<i>Головачев И.Б., Ахмадеев А.Р., Мычинко М.Ю., Волкова Н.Е.</i> Исследование кристаллической структуры и физико-химических свойств перовскитоподобных оксидов общего состава Sm <sub>2-ε</sub> Va <sub>3+ε</sub> Fe <sub>5-x</sub> Co <sub>x</sub> O <sub>15-δ</sub> (ε=0; 0.125; x=0; 0.5, 1, 1.5, 2).....	698
<i>Горинский П.А., Хардин Д.Д., Кругликов Н.А., Минин М.Г., Толмачев Т.П., Калонов А.А.</i> Особенности деформационных кривых композита Cu/Mg при наноиндентировании .....	700
<i>Goyda E.Yu., Bodrova L.E., Melchakov S.Yu.</i> The effect of an electric arc on the microstructure of composite Cu-Cr, Cu-W, Cu-Cr-W alloys, obtained after vibrational reactive infiltration of powders by copper melt.....	702
<i>Hanfi M., Yarmoshenko I., Seleznev A., Zhukovsky M.</i> The correction of gross beta measurements of the surface sediment in the different urban zones .....	703
<i>Hanfi M.Y., Mostafa M.Y., Abdel-Razek Y.A., Masoud M.S., El-Nagdy M.S.</i> Occupational exposure in prospecting trenches at Seila Area, South Eastern Desert, Egypt.....	704
<i>Гонцова С.С., Петрова Е.В., Максимова Е.М.</i> Структура и состав сульфидов железа метеорита Дронино .....	705
<i>Иванов А.В., Рябов В.В., Корчемкина Н.В.</i> Вязкость натриевооборотных расплавов, содержащих оксиды Sm, Eu и Er, Tm.....	707

<i>Иванов И.В., Руденя Е.А.</i> Взаимосвязь дефектности поверхности титана и его коррозионной стойкости.....	708
<i>Иванов Р.А., Мелких А.В.</i> Исследование влияния движения расплава на микрогеометрию поверхности 3D печатного изделия, выполненного методом селективного лазерного плавления.....	710
<i>Калонов А.А., Волков А.Ю., Комкова Д.А., Глухов А.В.</i> Физико-механические свойства Cu/Mg композитов.....	712
<i>Капустин С.Н., Сеньюкова С.И.</i> Супергидрофобная поверхность на основе ксерогеля из углеродных нанотрубок.....	713
<i>Капустин С.Н., Керимов Р.С., Кузиев И.В.</i> Особенности взаимодействия процессов кавитационного и электрокоррозионного разрушения титановых сплавов.....	715
<i>Хайдаршин М.В., Шитов Д.В.</i> Интерференция волн лэмба в магистральных трубопроводах.....	716
<i>Хардин Д.Д., Горинский П.А., Кругликов Н.А., Толмачев Т.П., Калонов А.А., Комкова Д.А.</i> Структура композита Cu/Mg после кручения под высоким давлением.....	717
<i>Комкова Д.А., Волков А.Ю., Марченков В.В., Глухов А.В., Кайгородов В.А.</i> Получение и структура ультратонких магниевых проволок.....	719
<i>Котенков П.В., Попова Э.А., Гилев И.О.</i> Влияние меди на формирование алюминидов Al <sub>3</sub> Nf в системе Al-Cu-Nf.....	720
<i>Рыскулов А., Козловский А.</i> Влияние облучения тяжелых ионов Ni <sup>12+</sup> на структурные свойства керамик BeO.....	722
<i>Кудрявцев М.Д., Чернецкий И.В., Карташов В.В.</i> Влияние кислотной обработки углеродных нанотрубок на однородность смеси «диоксид циркония-углеродные нанотрубки».....	723
<i>Кукушкин Д.Е., Чукин А.В.</i> Изучение микроструктуры композитного Ti-Al-Si-N покрытия с использованием К <sub>β</sub> рентгеновского излучения.....	725
<i>Кулемина А.А., Уалитов С.С.</i> Выбор альтернативных материалов для строительства трубопроводов в арктической зоне.....	726
<i>Кузнецова Ю.В., Попов И.Д., Дорошева И.Б., Ремпель С.В.</i> Влияние матрицы на люминесценцию нанокompозита на основе наночастиц CdS.....	728
<i>Махмуд К.А., Ташлыков О.Л., Елвакил А.Ф., Еласси Е.Е., Али Б.Х., Хешам МН</i> Закали Исследование радиационно-защитных свойств строительных материалов, армированных базальтовым порошком.....	729
<i>Максимчук Т.Ю., Пикалова Е.Ю., Пикалов С.М., Филонова Е.А.</i> Кристаллическая структура и термическое расширение твердых растворов Nd <sub>1,6</sub> Ca <sub>0,4</sub> Ni <sub>1-x</sub> Cu <sub>x</sub> O <sub>4+δ</sub> .....	731
<i>Максимов А.Д., Бекетов И.В., Багазеев А.В., Азаркевич Е.И., Медведев А.И.</i> Получение нанопорошков оксидов металлов методом искрового разряда.....	732
<i>Мальшева К.И., Егорова Е.М.</i> Нонвариантное равновесие в трехкомпонентной системе Rb  Br,I,CrO <sub>4</sub> .....	734
<i>Мальшев Г.М., Рогожкина Д.Е., Бурчаков А.В.</i> Перспективные материалы на основе системы K,Rb  F,CrO <sub>4</sub> .....	735
<i>Марьина У.А., Воробьев В.А., Марьин А.П., Пигулев Р.В.</i> Изучение люминесцентных свойств SrGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> , активированного редкоземельными ионами Nd <sup>3+</sup> .....	737
<i>Масленников Г.Е., Микула В.А.</i> Моделирование эрозионного износа конвективного газоохладителя ПГУ-ВЦГ схемы Shell в программном пакете CFD.....	739



<i>Матвеев Е.С., Свищев С.А., Партин Г.С., Кочетова Н.А.</i> Композиционные твердые электролиты на основе фаз в системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{--MoO}_3$ .....	741
<i>Melchakov S.Yu., Bodrova L.E., Goyda E.Yu., Shubin A.B.</i> Cu-Cr-W composite alloy with thin dispersive inclusions of w, received by vibrational reactive infiltration of Cr+W powder mixture by copper melt .....	742
<i>Мережникова О.И., Алифханова Л.М.к., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К., Пестов А.В.</i> Влияние концентрации иона-комплексобразователя на сорбцию ионов меди (II) сульфэтилированным полиаминостиролом со степенью модифицирования 0.5 .....	744
<i>Метелев Д.Е., Платонов В.В., Тихонов Е.В., Осипов В.В.</i> Исследование испарения пористых мишеней из высокопрозрачных оксидов и фторидов с помощью волоконного иттербиевого лазера.....	746
<i>Михальчик К.А., Хотянович О.Е.</i> Разработка состава комплексной химической добавки для бетона.....	748
<i>Тоньшев Р.А., Микрюкова Я.К., Мочалова Е.Н., Галиханов М.Ф.</i> Влияние температуры одновременных отверждения и поляризации на твердость эпоксиаминных материалов.....	750
<i>Морева Е.А., Русских О.В., Скутина Л.С., Вылков А.И., Филонова Е.А.</i> Изучение условий синтеза $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$ .....	752
<i>Мухаматуллин Р.З., Ельцова С.М., Смирнов Н.А.</i> Использование закономерностей изменения параметров сигнала акустической эмиссии в качестве диагностического критерия разрушения конструкционных сталей.....	753
<i>Хисматуллина А.Е., Некрасов И.А., Бекетов И.В., Малкин А.И., Князев Н.С.</i> Экспериментальное и теоретическое исследование электрофизических свойств нанокompозита на основе железа.....	755
<i>Никульченков Н.Н., Данилов С.В., Черепанов К.Е., Лобанов М.Л.</i> Оптимизация параметров термической обработки магнитопроводов из аморфного сплава Finemet .....	756
<i>Носовский Я.В., Червяковская М.В., Киселева Д.В., Шиловский О.П.</i> Микроэлементное ЛА-ИСП-МС картирование на примере аутигенного кальцита.....	758
<i>Салихова Г.Р., Обрубова А.В., Белова К.Г., Анимица И.Е.</i> Комплексная аттестация свойств цинк-замещенных алюминатов лантана $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$ .....	760
<i>Отческих Д.Д., Пестерева Н.Н., Гусева А.Ф., Гардт В.А., Ефимова А.Н.</i> Композитный твердый электролит $\text{CaWO}_4\text{--SiO}_2$ .....	762
<i>Переверзев Д.И., Богданова Е.А., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.</i> Влияние анионного замещения и введение оксида кремния на свойства композита на основе гидроксипатита.....	764
<i>Permiakova A.E., Russkikh O.V., Ostroushko A.A.</i> Synthesis and catalytic activity of lanthanum manganite doped with alkali metals.....	765
<i>Попов Н.А., Васин А.А., Юферов Ю.В.</i> Люминесценция нанопористого анодного оксида полученного из алюминия допированного РЗЭ.....	766
<i>Проконьев Д.А., Гермов А.Ю., Михалёв К.Н., Уймин М.А., Ермаков А.Е.</i> Исследование фазового состава наночастиц в углеродной оболочке $\text{Ni}@C$ методом ЯМР.....	768
<i>Разгуляева В.М., Богданова Е.А., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.</i> Влияние добавок металлического циркония и диоксида циркония на механические свойства композита на основе гидроксипатита.....	770
<i>Рождественская А.В., Митюшова Ю.А., Султанова Д.Т., Денисова Э.И., Карташов В.В., Белоусов Е.</i> синтез порошков диоксида циркония, стабилизированного $\text{Y}_2\text{O}_3$ и $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , для получения электропроводящей керамики .....	771

<i>Рябин А.А., Махмутов А. Р., Слаутин Б. С., Пелегов Д.В.</i> Особенности распада $\text{LiFePO}_4$ в процессе КРС-спектроскопии .....	773
<i>Саквин И.С., Кудияров В.Н.</i> Применение метода электрохимической проницаемости для определения коэффициента диффузии водорода в трубопроводной стали марки 10Г2 до и после коррозионных испытаний.....	774
<i>Савельева О.А., Хвостова Л.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А.</i> Кристаллическая структура сложных оксидов общего состава $\text{Sr}_{1-x}\text{Pr}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ .....	776
<i>Седухин В.В., Аникеев А.Н., Чуманов И.В.</i> К вопросу взаимодействия карбида титана с низкоуглеродистыми сталями .....	778
<i>Аникеев А.Н., Матвеева М.А., Сергеев Д.В., Чуманов И.В.</i> Влияние вращения электрода на твердость различных сечений заготовки получаемой методом электрошлакового переплава.....	780
<i>Шатковский Я.А., Закиров И.Ф., Обабков Н.В.</i> Керамические высокопористые композиционные материалы на основе $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ .....	782
<i>Синецкая Д.А., Леденева Ю.С., Донцов А.И.</i> Изучение структурных и ориентационных изменений в процессе роста пленок твердого раствора $\text{Pd-Pb}$ .....	784
<i>Синицин Н.И., Чикова О.А., Вьюхин В.В.</i> Поверхностное натяжение жидкой стали 110Г13Л.....	786
<i>Скачкова О.В., Богданова Е.А, Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.</i> Влияния анионного замещения в гидроксипатите $\text{OH}^-$ на $\text{F}^-$ на свойства суспензий.....	788
<i>Скачкова О.В., Пасечник Л.А, Скачков В.М., Яценко С.П.</i> Композиционные припои на основе легкоплавких сплавов галлия с добавлением титана.....	789
<i>Slautin B.N., Alikin D.O., Rosato D., Pelegov D.V., Shur V.Ya., Kholkin A.L.</i> Local study of lithiation and degradation paths in $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ battery cathodes via confocal raman microscopy ...	791
<i>Слинкин И.В., Чикова О. А.</i> Микроструктура спеченных постоянных магнитов $\text{Co-(36,0-38,5)\%Sm}$ марки КС-37.....	792
<i>Смирнов Н.А.</i> Исследование изменения напряженности магнитного поля вблизи дефектов трубы с помощью программы ELCUT.....	794
<i>Смирнов Н.А., Ельцова С.М., Мухаматуллин Р.З.</i> Исследование магнитоупругого эффекта ферромагнитных деталей при малоцикловой нагрузке с помощью вейвлет-преобразования .....	796
<i>Соколов Р.А., Новиков В.Ф., Венедиктов А.Н.</i> Влияние поверхностных напряжений, возникающих при термической обработке, на определение величины внутренних напряжений второго рода при рентгеновской дифрактометрии.....	798
<i>Судакова А.С., Кононова В.М., Оруджова О.Н., Махин В.Э.</i> Оценка эффективности применения нетканого синтетического материала для повышения прочности и морозоустойчивости дорожных конструкций в условиях арктического климата .....	799
<i>Тимошина Ю.А., Вознесенский Э.Ф.</i> Влияние плазменной модификации на морфологию поверхности полиамидных волокон.....	800
<i>Ткаченко Е.И., Иванов И.В.</i> Упрочнение поверхности титановых сплавов методом ультразвуковой обработки .....	802
<i>Тохтуева М.Д., Тамбасова Д.П., Любякина П.Н., Антонов Д.О., Ковалева Е.Г.</i> Электроповерхностные и каталитические свойства гибридных систем на основе минерала галлуазита с иммобилизованным ферментом.....	804
<i>Толстыкина А.А., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анишца И.Е.</i> Синтез и транспортные свойства $\text{BaLa}_{0,9}\text{M}_{0,1}\text{InO}_{3,95}$ ( $\text{M}=\text{Ca}, \text{Ba}$ ).....	806

<i>Zhachkin S.Yu., Trifonov G.I.</i> Forecasting the magnitude of the abrasive wear of the helical surface of the part.....	807
<i>Вальцев Н.В., Рыжков А.Ф., Чикова О.А.</i> Микроструктура и кристаллическое строение труб из сплава ХН60ВТ с напылением порошка ПВ-НХ16ЮБИТ .....	809
<i>Верещагин А.О., Машковцев М.А.</i> Исследование влияния условий осаждения на сорбционные свойства свежееосаждённого гидратированного оксида циркония .....	811
<i>Визнер А.С., Брюзгина А.В., Урусова А.С.</i> Структура и свойства оксидов образующихся на основе кобальтита иттрия состава $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$ .....	813
<i>Владимиров А.А., Заяц С.В.</i> Функционально-градиентные материалы, полученные магнитно-импульсным методом.....	815
<i>Воронин В.В., Пахаруков Ю.В., Шабиев Ф.К., Сафаргалиев Р.Ф.</i> Разработка технологии приготовления облегченного тампонажного раствора для скважин с добавкой из планарных наночастиц, повышающей прочностные адгезионные свойства бетона.....	817
<i>Мельникова Н.В., Колосов В.Ю., Юшков А.А., Зарубин В.Ю.</i> Синтез тонких аморфных пленок Ag-Sn-Sb-S стабильных при отжиге электронным пучком.....	818
<i>Закиров И.Ф., Пашков Л.С., Обабков Н.В.</i> Теплозащитные покрытия повышенной толщины состава $ZrO_2-Y_2O_3$ -керамическое волокно .....	820
<i>Западнава Е.А., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е.</i> Ионная проводимость сложных оксидов $BaLaIn_{0.9}M_{0.1}O_{4.05}$ ( $M=Ti, Zr$ ) со структурой Раддлесдена-Поппера.....	821
<i>Зайцев Е.Ю., Крутиков В.И., Спиринов А.В., Паранин С.Н.</i> Экспериментальное исследование соударения при магнитно-импульсном ускорении оболочки.....	823
<i>Zemlyanskaya A.P., Shishkin R.A., Kudyakova V.S., Yufarov Y.V., Zykov F.M.</i> The study of TIM polymer composite materials thermal conductivity.....	825
<i>Жилина Е.М., Красиков С.А., Гордеева А.С., Русских А.С.</i> Переработка жаропрочных никелевых сплавов с применением серноокислого электролита.....	826
<i>Zhilina E.M., Krasikov S.A., Gordeeva A.S., Russkih A.S.</i> Processing of heat-resistant nickel alloys using sulfuric acid electrolyte .....	826
<i>Зыков Ф.М., Юферов Ю.В., Шишкин Р.А., Кудякова В.С., Конев С.Ф.</i> Разработка магнитного клина для электродвигателей специального назначения .....	828
 Секция 5 Информационные технологии .....	 830
 <i>Булдакова А.А., Князев Р.О., Журавлев А.В., Шашмулин И.В.</i> Применение модульного тестирования при разработке программного обеспечения формирования требований для систем управления изделиями ракетно-космической техники.....	 831
<i>Абрамова Е.П., Рязанова Т.В.</i> Анализ стохастической возбудимости в модели популяционной динамики.....	833
<i>Андреева Я.А., Лаврентьева О.В., Гаркушин И.К.</i> Расчет критических свойств для франция .....	834
<i>Архандеев И.А., Вардугина С.Ю., Огородников И.Н.</i> Мех64-интерфейс для решения обратных задач в среде MATLAB.....	836
<i>Бандо Р.Д., Червонцева Е.А., Мартюшев Л.М.</i> Численное исследование Морфологической устойчивости границы движущихся жидкостей близких вязкостей.....	838
<i>Белёва Е.А., Кругликов Н.А., Разумов А.А.</i> Разработка программного обеспечения для регистрации событий в околоземном пространстве .....	840

<i>Белоусов А.Н., Матвийчук А.Р., Зимовец А.А.</i> О некоторых вопросах реализации облачных вычислений для расчета множеств достижимости управляемых систем .....	842
<i>Брюханов В.М., Гольдштейн С.Л., Ишутин А.В.</i> Механизм цифровой оценки качества бюджетирования транспортировки газа.....	844
<i>Черноскутов А.С., Мартюшев Л.М.</i> Морфологическая устойчивость пузыря в жидкости. Двумерный случай.....	846
<i>Ташикина А.П., Петренко А.А., Помосова А.А., Долганов А.Ю.</i> Разработка метода классификации способности к обучению на основе параметров личности .....	847
<i>Донцов О.Г., Гольдштейн С.Л.</i> Однофакторный анализ модели производительности IT-специалиста .....	849
<i>Ермаков А.И., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М.</i> О логике функционирования транслятора текстов из физики в медицину.....	851
<i>Филиппова М.А., Аверьянова А.Н.</i> Выявление требований и подбор аналогов системы управления инцидентами в министерстве социальной политики свердловской области.....	853
<i>Генералов А.А., Рогович В.И.</i> Проблемы применения множества парето для выбора оптимальных стратегий продвижения университета в рейтинге .....	855
<i>Гец В.А.</i> Использование феноменологической модели петли гистерезиса для моделирования магнитных свойств стали.....	856
<i>Гладков Д.А., Вайнштейн В.И., Евсегнеев О.А.</i> Аппаратно программный комплекс удаленного мониторинга здоровья пациента на примере электрокардиографии.....	858
<i>Головачева П.А., Аверьянова А.Н., Стафеев М.А.</i> Выявление проблем взаимодействия страховой компании и клиники, постановка задач для организации электронного документооборота дмс для юридических лиц .....	860
<i>Грибанов А.Д., Кузнецов М.А., Неудачин И.Г.</i> Развитие концепции асинхронных задач в C++.....	862
<i>Григорьев А.М., Ташлыков О.Л.</i> Оптимизация маршрута перемещений при проведении работ в нестационарных радиационных полях с учетом обхода препятствий... ..	863
<i>Гусев А.О., Мартюшев Л.М.</i> Моделирование простой биологической системы аналогичной изученной р. Ленски.....	865
<i>Ходенева М.А., Кудрявцев А.Г.</i> Выбор метода для накопления терминов из интересующей субъекта предметной области .....	866
<i>Касоян К.Ф., Рогович В.И.</i> Разработка системы распознавания маркеров дополненной реальности .....	868
<i>Khmara G.A., Vlasova E.P.</i> The experience of using the joint control devices of voltage and reactive power regulation on a laboratory bench .....	869
<i>Khrushkov A.E., Ptuhin A.A.</i> Creation of a medical information search system in the electronic medical card to assist in decision-making by a doctor.....	870
<i>Конев А.А., Кудрявцев А.Г.</i> Развитие системы ситуационного управления качеством потоков .....	871
<i>Костарев В.С., Климова В.А., Ташлыков О.Л.</i> Моделирование режимов пассивного отвода остаточных тепловыделений радиоактивных отходов с учетом погодных условий.....	873
<i>Филимонов В.В., Живодёров А.А., Крамаренко А.А.</i> Применение параметров меры хаоса и порядка для классификации русскоязычных текстов .....	874
<i>Кулешова И.А., Башкирцева И.А.</i> Стохастический анализ популяционной модели рикера с иммиграцией и эффектом Олли.....	876

<i>Куприянов А.О., Бабенко А.А.</i> Оценка рисков информационной безопасности коммерческих организаций.....	877
<i>Куприянов А.О., Курина А.Д., Бабенко А.А.</i> Разработка программного комплекса оценки внутренних угроз безопасности конфиденциальной информации.....	878
<i>Кушнер И.А., Кузнецов М.А., Rogovich В.И.</i> Развитие модели 3D-панорам с адаптивным уровнем детализации.....	879
<i>Лаврухин И.Р., Ларионов А.А., Елизаров А.А.</i> Анализ и моделирование протокола радиочастотной идентификации транспортных средств в системах безопасности на автодорогах.....	881
<i>Лаврухин И.Р.</i> Перспективы использования машинного обучения в системах безопасности на автодорогах с применением радиочастотной идентификации транспортных средств.....	883
<i>Mushtak O.I., Limanovskaya O.V., Lebedev A.S.</i> Application of machine learning methods for analyzing data from the nomenclature directory of the enterprise resource planning system, part 1.....	885
<i>Mushtak O.I., Limanovskaya O.V., Lebedev A.S.</i> Application of machine learning methods for analyzing data from the nomenclature directory of the enterprise resource planning system, part 2.....	887
<i>Литовченко В.Ю., Васютин Н.А., Козлов А.В., Селезнёв Е.Н., Ташлыков О.Л.</i> Моделирование комбинированной радиационной защиты контейнеров для транспортировки изотопов с высокой энергией бета-излучения.....	889
<i>Лукьяненко В.Ю., Ташлыков О.Л., Шабельников Е.В.</i> Применение расчетных кодов при оптимизации вывода из эксплуатации радиационно опасных объектов.....	890
<i>Мараков М.В., Кузнецов М.А., Rogovich В.И.</i> Разработка эвристической модели автоматического конфигурирования веб-сервера.....	892
<i>Мережников А.С., Никифоров С.В.</i> Усовершенствованный алгоритм расчета кинетики термолюминесценции в кластерной системе с глубокими ловушками.....	893
<i>Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л.</i> Моделирование процесса управления индивидуальными радиационными рисками персонала.....	895
<i>Михайлов И.О., Стародубцев И.С.</i> Выделение зданий на аэроснимках.....	897
<i>Муравлев И.А.</i> Методы обработки вибрационных сигналов для последующего сжатия.....	898
<i>Limanovskaya O.V., Davydov O.D., Stepanenko D.G., Pakhtusov A.V., Kleshev A.S.</i> Correlation analysis of clinical data on evaluation of motor disturbances and muscle tone disorders in cerebral palsy.....	899
<i>Панова А.А.</i> Влияние «эффекта затенения» на цилиндрическое течение Куэтта разреженного газа.....	900
<i>Пицхелаури С.С., Борисенко Д.С., Некрасов К.А., Гунта С.К.</i> Молекулярно-динамическое моделирование карбонитрида урана с переменными зарядами ионов.....	902
<i>Позигун Г.А., Мартюшев Л.М.</i> Критический анализ гипотезы о возможном изменении констант скорости радиоактивного распада изотопов.....	903
<i>Ptukhin A.A., Khrushkov A.E.</i> Development of a web service for evaluation the level of health.....	904
<i>Rakhmatova A.Y., Sergeev A.P., Shichkin A.V., Buevich A.G.</i> Data separation for training the artificial neural network to simulate the spatial distribution of chromium in the surface layer of the soil.....	905

<i>Рахматулина Р.Р., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М.</i> О программном обеспечении углубленных медицинских обследований спортсменов.....	907
<i>Рахматулина Р.Р., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М.</i> Выбор прототипа для информационно-интеллектуальной системы рационализации питания спортсменов.....	908
<i>Ральников П.А., Свищев Д.А., Рыжков А.Ф.</i> Численное исследование обтекания одиночной частицы топлива в экспериментальной установке.....	910
<i>Русова Д.А., Мартюшев Л.М.</i> Древовидные структуры на поверхности водных растворов NaCl, обнаруживаемые с помощью тепловизора.....	911
<i>Рычков Д.А., Соловьева С.Н.</i> Развитие средств информационной поддержки онкологической диагностики легких с использованием методов маршрутизации.....	913
<i>Рязанова Т.В., Самарина А.С.</i> Метод функции стохастической чувствительности в анализе модели популяционной динамики.....	915
<i>Сатов А.В., Рязанова Т.В.</i> Аттракторы модели двух потребителей вблизи бифуркации Неймарка-Саккера.....	916
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я., Гупта С.К.</i> Спекание нанокристаллов UO <sub>2</sub> октаэдрической формы при контакте вдоль рёбер: молекулярно-динамическое моделирование.....	917
<i>Селезнев Е.С., Худяков П.Ю.</i> Программная платформа для расчета тепловых схем ТЭС с использованием MATLAB Simulink.....	918
<i>Куртеев А.В., Климова В.А., Севастьянов М.М., Таилыков О.Л.</i> Моделирование процессов отвода остаточных тепловыделений шахты-хранилища отработавших тепловыделяющих сборок.....	920
<i>Шаяпин Е.В., Мартюшев Л.М.</i> Информационная энтропия и динамические законы окружающего мира.....	922
<i>Шевелина Е.П., Рогович В.И.</i> Модели для прогнозирования продвижения университетов QS WUR BRICS на примере УРФУ.....	924
<i>Шумков Д.Е., Таилыков О.Л., Мингалимов С.С., Климова В.А.</i> Оценка надежности охлаждения облученных топливных сборок исследовательского ядерного реактора в шахте-хранилище.....	925
<i>Лимановская О.В., Смирнов М.Н., Старцев В.С.</i> Конвертация базы данных VarcLay в формат, пригодный для использования в современных средствах компьютерного анализа.....	927
<i>Сутормина М.И., Мелких А.В.</i> Гипотезы происхождения протоклеток и транспорт веществ в биомембранах.....	928
<i>Терентьев Д.А., Никитенко Е.И., Пышкина М.Д., Екидин А.А.</i> Влияние периода метеорологических наблюдений на оценку эффективной дозы облучения населения от выбросов предприятия атомной промышленности.....	929
<i>Тя-Шен-Тин Е.Н., Разумов А.А., Ушенин К.С.</i> Автоматический подбор гиперпараметров нейронной сети методом кригинга.....	931
<i>Вахитов А.И., Смирнов Г.Б., Фокин А.А.</i> Моделирование влияния предельной плотности тока на диффузионную поляризацию катода в рафинере коаксиальной симметрии.....	932
<i>Васютин Н.А., Литовченко В.Ю., Таилыков О.Л.</i> Разработка программы сопровождения оператора исследовательского ядерного реактора.....	933
<i>Ворманов И.А., Банников И.К., Евсегнеев О.А.</i> Подходы к обучению распределенного коллектива роботов.....	935

<i>Язев М.К., Кузнецов М.А., Неудачин И.Г.</i> Развитие модели менеджера задач с приоритетами в C++ .....	936
<i>Зафиров Е.А., Мелких А.В., Сутормина М.И.</i> Определение контролирующего параметра при транспорте веществ через клеточную мембрану на ранних этапах эволюции методом компьютерных вычислений.....	937
<i>Заикина А.В., Кузнецов М.А., Рогович В.И.</i> Развитие системы управления пакетами программного обеспечения с инкрементальным обновлением файлов.....	939
<i>Зайнуллина Э.З., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л.</i> Оптимизация работы механизма перегрузки ядерного топлива в реакторе на быстрых нейтронах .....	941
<i>Жаксыгали Ф.Б., Искакова А.С., Бургумбаева С.К., Джумабаева Д.Г.</i> Вероятностная модель распределения погрешностей навигации спутников .....	942
<i>Жерноклеев Г.А., Мартюшев Л.М.</i> Проблема введения меры времени в модели Эренфестов-Клейна .....	944
<i>Зимин А.О., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М.</i> О диалоге в трансляционной медицине: запрос медицины – ответ физика .....	945
<i>Зиновьев А.В., Маркина С.Э.</i> Автоматизированное рабочее место врача реаниматолога. ....	947
 Секция 6 Биоинженерия и биотехнологии.....	949
 <i>Prof. Gil Rosenman</i> Peptide photonics: from bioinspired nanodots to biomedical nanotechnology.....	950
<i>Харламова А.А., Копосов Г.Д.</i> Исследование динамики растворения лекарственных препаратов в воде калориметрическим методом .....	951
<i>Bazhutina A., Balakina-Vikulova N., Katsnelson L., Solovyova O.</i> Electromechanical coupling in cardiomyocytes depends on its electrotonic interaction with fibroblasts .....	952
<i>Шолохов В.Д., Ушенин К.С., Хамзин С., Докучаев А., Зверев В.С., Соловьева О.Э.</i> Персонализированные по данным эхокардиографии модели электромеханической функции левого желудочка сердца человека.....	954
<i>Вырова Д.В., Абушанаб С.А.С., Селезнева И.С.</i> Возможности применения бета-глюкана в промышленности и в медицине .....	955
<i>Adepoju F.O., Ivantsova M.N.</i> Gray biotechnology.....	957
<i>Atambire A.S., Javed F., Ivantsova M.N.</i> Green biotechnology: the future of plant development from here.....	958
<i>Васина А.Б., Ободов В.А., Панкин В.В., Смирнов А.А., Панкин С.В.</i> Математические методы обработки радионуклидной диагностики <i>in vivo</i> в оценке морфо-функционального состояния слезопroduцирующего аппарата .....	959
<i>Беккулова Р.Ф., Ельцов О.С.</i> исследование ферментативного гидролиза касторового масла липазой из <i>Candida rugosa</i> в ферментаторе.....	960
<i>Берденев Н.Е., Попова М.А., Агданцева Е.Н., Мильман И.И.</i> ЭПР дозиметр для рутинных измерений.....	963
<i>Будеева Е.А., Рывкин А.М.</i> Моделирование процесса генерации потенциала действия клетками водителя сердечного ритма в процессе онтогенеза .....	964
<i>Бутова К.А., Лукин О.Н.</i> Метод для оценки влияния параметров механической деформации на сократимость сердечной мышцы.....	965

<i>Darkazanli M., Kiseleva I.C., Darkazanli K.</i> Genetic Diversity of <i>E. coli</i> O157:H7 Isolated from Aleppo River water samples using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) marker .....	967
<i>Демин В.А., Панкин В.В., Сарычев М.Н., Шарипов М.Р.</i> Сравнительный анализ существующих методов формализации и обработки данных остеосцинтиграфических исследований.....	969
<i>Десятов Д.Д.</i> Анализ подходов к классификации радиоактивных отходов разными странами.....	971
<i>Десятов Д.Д.</i> Анализ критериев приемлемости радиоактивных отходов АЭС для захоронения.....	972
<i>Донец И.В., Каримов А.Ф., Манбатчурина Р.Р., Галембо Е.Д., Симонова К.А., Мишин А.Р., Ушенин К.С.</i> Сегментация и типирование лейкоцитов методами глубокого обучения.....	973
<i>Джолумбетов С.К., Жуковский М.В.</i> Обоснование использования перспективных радиофармпрепаратов на основе лютеция-177.....	974
<i>Elsayed I.G, Ivantsova M.N.</i> Red biotechnology: a healthy world.....	976
<i>Гривков А.В., Смирнов А.А.</i> Применение искусственных нейронных сетей для диагностики заболеваний сердца .....	977
<i>Groznykh M.V., Sturis A.Y., Ryabukhin O.V.</i> Electron beam energy continuous measuring device .....	978
<i>YAMA I., Kovaleva E.G.</i> Enzymatic treatment to increase extract yield from chlorella algae .....	979
<i>Червина Н.М., Гейде И.В., Селезнева И.С.</i> Исследование возможности применения молочнокислых бактерий в пивоварении.....	981
<i>Ишкова М.И., Селезнева И.С., Баранова А.А., Казаков А.В.</i> Исследование воздействия различных доз ионизирующего излучения на тару для производства йогурта .....	983
<i>Изгагин В.С.</i> Применение метода обратного осмоса для концентрирования радионуклидов в жидких пробах.....	986
<i>Мелких А.В., Изможерова К.Д.</i> Модель активного транспорта воды в растениях.....	987
<i>Изможеров И.Б., Смирнов А.А., Кудрин Д.М.</i> Разработка системы классификации патологических сигналов ЭКГ и ЭЭГ на основе нейронных сетей.....	989
<i>Javed F, Mironov A.M.</i> Microencapsulation of vitamin d by using natural polymers (pectin & cellulose) .....	990
<i>Каримов А.Ф., Власова А., Манбатчурина Р.Р., Мишин А.Р., Симонова К.А., Храмцова Ю.С., Ушенин К.С.</i> Сегментация и типирование тучных клеток в данных гистологии методами глубокого обучения .....	991
<i>Касьянова В.В., Оштрах М.И., Бажукова И.Н.</i> Применение мессбауэровской спектроскопии в биомедицинских исследованиях .....	992
<i>Касьянова В.В., Бажукова И.Н., Мышкина А.В., Бакшеев Е.О., Машковцев М.А.</i> Физико-химические свойства наночастиц диоксида церия, стабилизированных мальтодекстрином.....	994
<i>Duru K.C., Kovaleva E.G., Danilova I.G.</i> The cytotoxic evaluation and regenerative potentials of isoflavones in diabetic animal models .....	996
<i>Киселева М.А., Соковнин С.Ю., Балезин М.Е.</i> Получение и изучение свойств композиционных нанопорошков $Al_2O_3+Ag$ .....	997



<i>Колениченко А.П., Ряшко Л.Б.</i> Анализ стохастических переходов в распределенных моделях с диффузией .....	998
<i>Корус В.М., Вазиров Р.А., Зафирова М.</i> Дозиметрический контроль радиоиммунологических методов диагностики и терапии в онкологии .....	999
<i>Kurzyukova A.Yu., Odlozilikova A.</i> Radiobiological modelling-based comparison of radiotherapy plans for nasopharyngeal cancer .....	1000
<i>Курзюкова А.Ю., Одложиликова А., Тиха Г.</i> Оценка неисправностей на брахитерапевтической установке VariSource Series 200 в период 2002-2017 .....	1002
<i>Abotrabi K., Ivantsova M.N.</i> Medical biotechnology: its prospects and development.....	1003
<i>Летягин Д.К., Баранова А.А., Хохлов К.О.</i> Воздействие переменного высокочастотного магнитного поля на живые организмы .....	1004
<i>Липатникова А.В.</i> Многофункциональное устройство контроля жизненных показателей человека .....	1005
<i>Логина Д.В., Мячина Т.А., Бутова К.А., Хохлова А.Д.</i> Сравнение эффективности методов получения одиночных клеток миокарда .....	1007
<i>Ловцевич Т.Л., Баранова А.А., Киселева Д.В., Щапова Ю.В.</i> Исследование параметров, влияющих на ретроспективную ЭПР-дозиметрию зубов жителей свердловской области..	1009
<i>Любякина П.Н., Тамбасова Д.П., Антонов Д.О., Ковалева Е.Г.</i> Ферментативное разложение хитозана с помощью комплексного ферментного препарата ЦеллоЛюкс-А, иммобилизованного на оксиде алюминия.....	1010
<i>Alkhateeb M.K., Ivantsova M.N.</i> Prospects for the development of green biotechnology.....	1012
<i>Маслова С.А., Бажукова И.Н.</i> Синергия при комбинированном воздействии на дрожжи ионизирующего и ультразвукового излучений .....	1013
<i>Михайлова Ю.А., Владимиров А.П., Бахарев А.А.</i> Динамическая спекл-интерферометрия интактных и инфицированных вирусами клеток.....	1014
<i>Sara Sakr, M. Y.A. Mostafa, A. Mohamed, A.A. Ahmed, Mona moustafa</i> Effect of activity particle size distribution on deposition fraction of inhaled radon decay products in human respiratory system.....	1016
<i>Мячина Т.А., Лукин О.Н., Бутова К.А., Хохлова А.Д.</i> Применение флуоресцентных красителей в исследованиях структурных и механических свойств кардиомиоцитов .....	1017
<i>Насырова В.М., Ряшко Л.Б.</i> Стохастические осцилляции в двумерном дискретном отображении нейрона .....	1018
<i>Назаров Е.И., Пышкина М.Д.</i> Тритий и углерод-14 в выбросах реакторных установок.....	1020
<i>Нестерова Т.М., Шмарко Д.В., Ушенин К.С., Соловьёва О.Э.</i> Исследование старение кардиомиоцитов предсердий человека и собаки методами компьютерного моделирования .....	1021
<i>Никитенко Е.И.</i> Определение физико-химических форм йода-131 в выбросах промышленной реакторной установки .....	1022
<i>Никитенко Е.И., Терентьев Д.А., Пышкина М.Д., Екидин А.А.</i> Анализ прикладных программных продуктов для расчета выбросов предприятия атомной промышленности..	1024
<i>Okechukwu Q.N., Javed F., Ivantsova M.N.</i> Advancement of food processing biotechnology in developing countries .....	1025
<i>Панкин С.В., Сюрдо А.И., Панкин В.В., Сарычев М.Н., Зеленин А.В., Агеев А.Н., Ободов В.А., Щелканов А.А.</i> Метод диагностирования патологий слезной железы с применением комбинированных методов трансмиссионной и эмиссионной диагностики.	1026

<i>Панкратов А.А., Башкирцева И.А.</i> Формирование паттернов и индуцированные шумом переходы в модели осциллятора Хиггинса с диффузией.....	1028
<i>Павшенко Д.А.</i> Исследование совместного влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона и препарата Эпин-экстра на солеустойчивость <i>Hordeum vulgare</i> L.....	1029
<i>Ророва М.А.</i> ESR-dosimetry of ionizing radiation with the help of teflon detectors .....	1030
<i>Пыркова А.А.</i> Поступление инертных радиоактивных газов в атмосферу при нормальной эксплуатации АЭС.....	1031
<i>Разумов А.А., Те-Шен-Тин Е.Н., Ушенин К.С.</i> Сегментация сердца по данным магнитно-резонансной томографии методами глубокого обучения .....	1033
<i>Salazar P.J., Ivantsova M.N.</i> The role of white biotechnology in obtaining secondary metabolites from edible fungi.....	1034
<i>Самбуров А.Е.</i> Радионуклиды в выбросах Белоярской АЭС при нормальной эксплуатации .....	1035
<i>Самбуров А.Е.</i> Радиационное воздействие Белоярской АЭС на окружающую среду ...	1036
<i>Савинцева М.С., Вазиров Р.А., Агданцева Е.Н., Тарханова Е.А., Баранова А.А.</i> Исследование свойств упаковочных материалов для стерилизационной обработки медицинских инструментов.....	1037
<i>Савинцева М.С., Вазиров Р.А., Баранова А.А.</i> Использование ЭПР для контроля различных методов радиационной обработки продуктов питания.....	1039
<i>Семянников В.С.</i> Сдвиг равновесия между активностью дпр радона для аэрозолей различной активности.....	1040
<i>Семянников В.С.</i> Размерное распределение активностей дочерних продуктов распада радона.....	1041
<i>Ишемгулов А.И., Севастьянов М.С., Хохлов К.О., Вазиров Р.А.</i> Разработка и экономическая оптимизация устройства для бесконтактной термометрии биологических объектов.....	1042
<i>Шабалдров П.А., Старкова Т.Д., Сафронов А.П.</i> Исследование набухания и механических свойств полувзаимопроникающих сеток на основе полиметакриловой кислоты и полиакриламида .....	1044
<i>Щелканов А.А., Панкин В.В., Сарычев М.Н., Панкин С.В., Абашев Р.М.</i> Экспериментальный стенд для фантомных исследований в медицинской радиологии .....	1045
<i>Шмарко Д.В., Нестерова Т.М., Ушенин К.С., Соловьёва О.Э.</i> Метод персонализации моделей кардиомиоцитов на основе экспериментальных данных.....	1047
<i>Shubin A.V.</i> Multifunctional device for monitoring human vital signs .....	1049
<i>Силина Е.С., Вазиров Р.А., Коротовских О.И.</i> Математическое моделирование процессов радиационно-индуцированного адаптивного ответа и построение зависимости фактора изменения дозы от времени .....	1050
<i>Герцен О.П., Симанова Ю.А., Набиев С.Р., Никитина Л.В., Селезнева И.С.</i> Влияние ионов свинца на механическую функцию миокарда .....	1051
<i>Сопелкина К.И., Селезнева И.С.</i> Выделение и очистка фукоидана из бурых водорослей <i>Fucus vesiculosus</i> и <i>Laminariae thalli</i> с целью его использования в качестве пищевой добавки в кисломолочных продуктах .....	1053
<i>Сюксина М.В., Назарович А.В.</i> Радионуклидный состав сбросов с реакторов типа PWR и BWR, на примере АЭС США.....	1055
<i>Сюксина М.В.</i> Радионуклидный состав сбросов в европейских странах.....	1056

<i>Bulya T.E., Javed F., Ivantsova M.N.</i> The innovative approach towards improving green biotechnology in Nigeria.....	1057
<i>Ушакова А.Д., Смирнов А.А.</i> Программа для анализа ЭКГ сигнала в среде MatLab.....	1059
<i>Vasilyev V.S., Borisov V.I., Syskov A.M.</i> Movement of head and center of mass: joint assessment .....	1060
<i>Вазиров Р.А., Соковнин С.Ю., Базезин М.Е.</i> Радиационная обработка продуктов питания на установках УРТ-0.5 и УРТ-1.0 .....	1062
<i>Веровичникова Ю.А., Смирнов А.А.</i> Использование нейронных сетей для выявления синусовой аритмии, мерцательной аритмии, пароксизмальной тахикардии.....	1063
<i>Волчков С.О., Бляхман Ф.А., Тимохина В.Э., Честухин В.В., Курляндская Г.В.</i> Исследование тока феррожидкости в кровеносных сосудах сложной геометрии методом конечных элементов.....	1065
<i>Волжанинов Д.А., Хохлова А.Д.</i> Разработка экспериментальной установки для изучения биомеханики клеток сердечной мышцы.....	1067
<i>Вырова Д.В., Селезнева И.С.</i> Выделение бета-глюкана из дрожжей и использование его в качестве пищевой добавки.....	1069
<i>Bashkirtseva I.A., Zaitseva S.S.</i> Stochastic multimodal oscillations in nonlinear biochemical model.....	1070
<i>Зайцева С.С., Ряшко Л.Б., Слепухина Е.С.</i> Стохастические режимы вблизи бифуркации Лукьянова-Шильникова в модели нейрона.....	1072
<i>Hesham MH Zakaly, Mostafa. Y. A. Mostafa, M Zhukovsky</i> Radiopharmaceutical dose distribution in different organs and tissues for Lu-177 with different carrier .....	1073
<i>Hesham MH Zakaly, Mostafa Y. A. Mostafa, M Zhukovsky</i> Comparison between two labelled edtmp radiopharmaceutical with 153Sm and 177Lu .....	1074
<i>Zlygosteva O.A., Sokovnin S.Yu.</i> Targeted drug delivery system based on manganese-doped mesoporous silica nanopowder.....	1075
Секция 7 Инновации и социальные технологии .....	1077
<i>Абдюшев Н.Т., Марчук Н.Ю.</i> Возможности дополнительного заработка пенсионеров в России.....	1078
<i>Марчук Н.Ю., Аввакумова А.Е.</i> Социальная профилактика алкоголизации несовершеннолетних .....	1079
<i>Борисова О.В., Шульман В.Л.</i> Основные моменты концепции создания локальной энергосистемы на среднем Урале.....	1081
<i>Чекмарева М.А., Разикова Н.И.</i> Активизация просоциальной активности людей пожилого возраста.....	1082
<i>Ельникова А.Л., Мехонцева Г.И., Мясникова Д.В.</i> Алгоритм диагностики проблемных бизнес-процессов компании .....	1083
<i>Кочнев М.М., Терлыга Н.Г.</i> Анализ инструментов и механизмов оценки инновационных стартап-компаний.....	1085
<i>Кочнев М.М.</i> Инвестиционное предпринимательство в России: опыт, возможности, тренды .....	1087
<i>Колмогорова Е.В.</i> Проблемы качества образования будущих специалистов по социальной работе .....	1089

<i>Коткова Д.И.</i> Коммуникативный подход в обучении английскому языку.....	1091
<i>Метлицкая Т.И.</i> Стратегия развития ученического предпринимательства.....	1092
<i>Молоднякова А.В.</i> Инновационные технологии трехмерного моделирования в цифровой среде LigoGame для развития естественно – математических представлений детей дошкольного возраста.....	1094
<i>Молоднякова А.В.</i> Веб-приложение NameLeon как современная образовательная технология для изучения информационного признака «цвет» на объектах реального окружения.....	1096
<i>Марков А.А., Москаленко М.Р.</i> Инновационное развитие стрелкового оружия и влияние данного феномена на социальные процессы в странах Европы первой четверти XX В.....	1098
<i>Мухаметгалиева К.Р.</i> Лингвистические аспекты в сфере интеллектуальной собственности.....	1099
<i>Мясникова Д.В., Зайцев Д.В., Половая В.Ю., Возчикова К.О.</i> Оценка эффективности оперативной деятельности структурного подразделения при управлении процессами организации.....	1101
<i>Нуритдинова А.И., Пасичник Т.Г., Макаров В.С., Сёмкин М.А.</i> Документационное обеспечение процесса метрологического надзора оборудования.....	1103
<i>Озорнин С.Ю., Терлыга Н.Г.</i> Гибкое проектное управление в России: особенности и современное состояние.....	1105
<i>Пахомова О.А., Разикова Н.И.</i> Роль университетов в повышении качества трудовой жизни молодежи.....	1107
<i>Пихтовникова Ю.В., Белых Т.А.</i> Оценка удовлетворённости студентов бакалавриата качеством лингвистического образования.....	1108
<i>Половая В.Ю., Рогович С.В.</i> Управление рисками.....	1110
<i>Пучихина А.А., Родченкова Е.С., Мехонцева Н.Г., Вайнштейн И.А.</i> Переход с OHSAS 18001 на ISO 45001 в АО «Институт реакторных материалов».....	1111
<i>Пыrkova Т.А., Патраков Э.В.</i> Влияние речевого поведения на профессиональную деятельность специалистов по социальной работе.....	1113
<i>Рыбина И.С., Гужаковская К.П.</i> Подсистема безопасности системы «сетевой город».....	1114
<i>Садридинова Г.Х., Разикова Н.И.</i> Социальная адаптация женщин и детей мигрантов современной России.....	1116
<i>Сафина Э.В., Моисейкин Е.В.</i> Разработка системы менеджмента качества Уральского межрегионального территориального управления Росстандарта.....	1118
<i>Сафина Э.В., Журавлев К.А., Тетюкова Е.П., Плакида Е.А., Мясникова Д.В.</i> Методики диагностирования организационных структур предприятий для последующей оптимизации.....	1119
<i>Плотникова А.С., Сёмкин М.А.</i> Управление рисками процесса утверждения стандартных образцов предприятия.....	1120
<i>Сухорукова А.М., Разикова Н.И.</i> Количественная оценка социального самочувствия студентов.....	1122
<i>Суслов А.В.</i> Использование электронных образовательных ресурсов в процессе обучения.....	1123
<i>Тетюкова Е.П., Белых Т.А.</i> Проектное обучение – инновационный подход к организации учебного процесса в высших учебных заведениях РФ.....	1124

<i>Naschetnikova O.B., Migalatiy E.V., Tsarev N.S., Zaikina I.A., Gupta R.S., Chauhan M., Kanekar N., Ghanate H.</i> Experience of the Ural federal university for implementation of international educational program in water conditioning and wastewater treatment .....	1126
<i>Возчикова К.О., Спиридонов Д.М., Евсеева Д.М.</i> Расчет результативности системы менеджмента качества атомной станции.....	1128
<i>Зайцев Д.В., Белых Т.А.</i> Технологии внедрения бережливого производства в производственных системах предприятий Российской Федерации.....	1129
<i>Зейде К.М., Борисов В.И., Сысков А.М.</i> Разработка и апробация методологии формирования динамического компетентностного пространства .....	1131

ФТИ-2019

**СЕКЦИЯ 1**

**ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

## СЛОЖНАЯ КИНЕТИКА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ F-ЦЕНТРОВ В СИЛЬНО ОБЛУЧЕННОМ АНИОНОДЕФИЦИТНОМ КОРУНДЕ И ЕЕ СВЯЗЬ СО СТЕПЕНЬЮ ЗАПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛОВУШЕК

Абашев Р.М.<sup>1,2\*</sup>, Сюрдо А.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [abashevrm@mail.ru](mailto:abashevrm@mail.ru)

## COMPLEX KINETICS PHOTOLUMINESCENCE F CENTERS IN STRONGLY IRRADIATED ANION-DEFICIENT CORUNDUM AND ITS CONNECTION WITH THE DEGREE OF FILLING ELECTRON TRAPS

Abashev R.M.<sup>1,2\*</sup>, Surdo A.I.<sup>2</sup>, Milman I.I.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ekaterinburg, Russia

Annotation. In anion-deficient corundum a significant change in the photoluminescence kinetics of F centers was found. Along with the conditionally fast component with a time constant  $\tau_F = 36$  ms, a slower component with  $\tau_{slow} > 50$  ms was registered. The value depends on the measurement temperature as well as on the degree of population of the electron traps. On the basis of the data obtained, physical and mathematical models have been proposed that describe recombination processes involving F centers.

В облученных большими дозами ( $D > 100$  Гр) кристаллах анионодефицитного корунда ( $\alpha - Al_2O_{3-\delta}$ ) обнаружено существенное изменение кинетики фотолюминесценции (ФЛ) F-центров (анионная вакансия с двумя электронами) в зависимости от температуры пошагового отжига в диапазоне 295-1400 К. Наряду с известным условно быстрым компонентом, имеющим постоянную времени  $\tau_F = 36$  мс и характеризующим время жизни F-центра в возбужденном состоянии, появляется и исчезает более медленный компонент с  $\tau_{slow} > 50$  мс. Величина  $\tau_{slow}$  зависит от температуры измерения ( $T$ ) в области 290-700 К. На рис. 1 изображена итоговая картина температурных изменений условно быстрого (кривая 1) и медленного (кривая 2) компонентов кинетик затухания ФЛ F-центров при  $h\nu_{em} = 3.0$  эВ и  $h\nu_{ex} = 5.9$  эВ. С целью сопоставления на нее наложена термолюминесцентная (ТЛ) кривая (кривая 3), измеренная при скорости нагрева  $\beta = 0.3$  К/с, которая примерно равна средней скорости ступенчатого нагрева при исследовании кинетик затухания ФЛ F-центров.

Как видно из рис. 1, медленные компоненты в кинетиках начинают проявляться в виде пьедестала на низкотемпературной стороне основного пика. Примерная оценка  $\tau_{slow}$  в этой области, например при  $T = 410$  К, дает величину  $\sim 10 \pm 7$  с.

В максимуме пика и на высокотемпературной его части величина  $\tau_{slow}$  сначала уменьшается, затем стабилизируется и составляет  $\sim 1.7 \pm 0.3$  с (см. рис. 1, кривая 2). Далее с ростом  $T$  до 650 К, т.е. непосредственно перед ТЛ-пиком электронной природы при 720 К, величина  $\tau_{slow}$  падает до нуля. Аналогичное поведение зависимости  $\tau_{slow}(T)$  наблюдается между низкотемпературным и основным пиками в области 290-370 К, имеющими также электронную природу (см. рис. 1, кривая 2). Обнаруженная закономерность в виде определенной стабилизации  $\tau_{slow}(T)$  на высокотемпературных частях пиков при 260 и 430 К ( $\beta = 0.3$  К/с) дает основание полагать, что возникает некое динамическое равновесие между процессами опустошения и заполнения соответствующих ловушек.

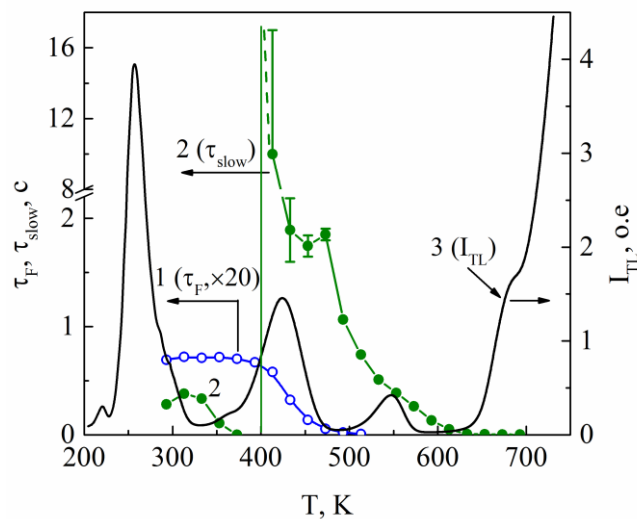


Рис. 1. Температурные зависимости условно быстрого  $\tau_F$  (1) и медленного  $\tau_{slow}$  (2) компонента ФЛ F-центров при  $h\nu_{em} = 3.0$  эВ и  $h\nu_{ex} = 5.9$  эВ в образце  $\alpha - Al_2O_{3-\delta}$ , а также кривая ТЛ, измеренная при  $\beta = 0.3$  К/с (3)

Вклад медленного компонента в высвечиваемую светосумму также изменяется от температуры пошагового отжига  $T_a$ . Он максимален при  $T_a = 300-400$  К, т.е. до термовысвечивания основного ТЛ-пика при 450 К, а его вклад в  $\sim 2$  раза выше, чем вклад от быстрого компонента. На основании полученных данных люминесцентно-кинетических свойств активных центров, изменения их концентрации при пошаговом отжиге, а также данных об активности и заселенности электронных ловушек и прямых измерений высокотемпературной ТЛ предложены физическая и математическая модели, описывающие рекомбинационные процессы с участием центров F-типа. Показано, что данные модели успешно описывают сложную кинетику затухания люминесценции F-центров и позволяют прогнозировать изменения их ФЛ-выхода при варьировании концентрации F- и  $F^+$ -центров, а также активности и степени заселенности электронных ловушек.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-08-00093-а).



## РОЛЬ СОБСТВЕННЫХ И ПРИМЕСНЫХ ДЕФЕКТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ И ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ $\text{LiMgPO}_4$

Абашев Р.М.<sup>1,2\*</sup>, Калинин М.О.<sup>3</sup>, Келлерман Д.Г.<sup>3</sup>, Сюрдо А.И.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург

\*E-mail: [abashevrn@mail.ru](mailto:abashevrn@mail.ru)

## THE ROLE OF INTRINSIC AND IMPURITY DEFECTS IN THE FORMATION OF THERMOLUMINESCENT AND DOSIMETRIC PROPERTIES OF $\text{LiMgPO}_4$

Abashev R.M.<sup>1,2\*</sup>, Kalinkin M.O.<sup>3</sup>, Kellerman D.G.<sup>3</sup>, Surdo A.I.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Institute of Solid State Chemistry, Ekaterinburg, Russia

Annotation. In this work, we studied the thermoluminescence (TL) characteristics of  $\text{LiMgPO}_4$  samples annealed in an atmosphere with different partial pressures of oxygen  $P_{O_2}$  and doped  $\text{Er}^{3+}$ . It was established that the intensity of the registered TL peaks in  $\text{LiMgPO}_4$  correlates with  $P_{O_2}$ . The addition of  $\text{Er}^{3+}$  impurities significantly improve dosimetric characteristics of  $\text{LiMgPO}_4$ .

В последнее время литий-магниевые фосфаты ( $\text{LiMgPO}_4$ ), легированные редкоземельными элементами, интенсивно исследуются и рассматриваются как перспективные материалы для люминесцентной накопительной дозиметрии [1-3]. Для получения образцов  $\text{LiMgPO}_4$  с улучшенными дозиметрическими свойствами большое значение имеет информация о природе и энергии дефектов как в их чистом, так и легированном виде.

В данной работе изучены характеристики термолюминесценции (ТЛ) образцов  $\text{LiMgPO}_4$ , отожженных в различных средах (кислород, воздух и аргон) с отличающимся парциальным давлением кислорода  $P_{O_2}$ . Кривые ТЛ для  $\text{LiMgPO}_4$ , облученного рентгеновским излучением 3 Гр, показаны на рис. 1а. Они состоят из пяти перекрывающихся пиков в интервале температур 300-600 К. Видно, что интенсивность пиков снижается с ростом  $P_{O_2}$ . Следовательно, в образцах  $\text{LiMgPO}_4$  при минимальном  $P_{O_2}$  существует большое количество различных дефектов, которые выступают в качестве ловушек носителей заряда во время облучения. Наибольший ТЛ-выход у облученных нелегированных образцов  $\text{LiMgPO}_4$

регистрируется в низкотемпературных ТЛ-пиках при 370 и 400 К. Поэтому применение таких образцов  $LiMgPO_4$  в дозиметрических приложениях может быть осложнено. Однако если их допировать  $Er^{3+}$ , то на кривых ТЛ регистрируется один доминирующий ТЛ-пик при 460 К, а ТЛ-выход может быть увеличен на порядок (рис. 1б). Как видно из рис. 1б (вставка) он зависит от концентрации  $Er^{3+}$  и максимален при ее значении 0.1-0.2%. Таким образом, можно заключить, что при оптимальных условиях синтеза легированный эрбием литий-магниевый фосфат может стать перспективным материалом для ТЛ-дозиметрии.

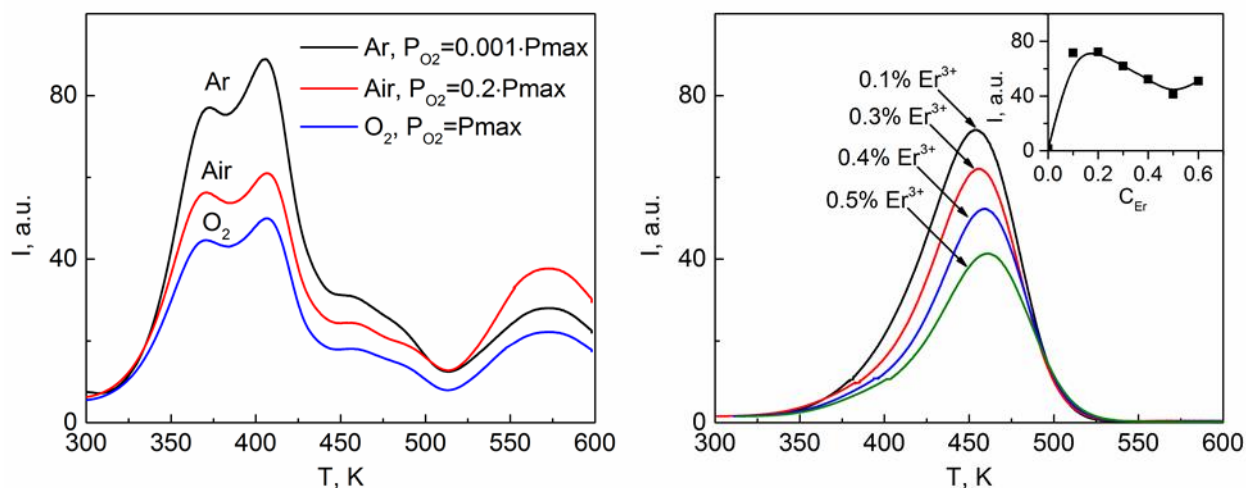


Рис. 1. Кривые ТЛ образцов  $LiMgPO_4$ , отожженных в различных средах с отличающимся  $P_{O_2}$  (а), дополнительно легированных  $Er^{3+}$  (б) и облученных дозой 3 Гр. На вставке рис. 1б показана зависимость ТЛ-выхода в пике при 460 К от концентрации примеси  $Er^{3+}$

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-08-00093-а).*

1. Kumar M., Dhabekar B. et al., Radiat. Prot. Dosim., 155, 410 (2013).
2. Menon S.N., Singh A.K. et al., Int. J. Lumines. Applic., 4, 92 (2014).
3. Marczevska B., Bilski P. et al., Radiat. Measur., 90, 265, (2016).

## Indentation-induced local polarization reversal in La doped BiFeO<sub>3</sub> ceramics

Abramov A.S.<sup>1\*</sup>, Alikin D.O.<sup>1,2</sup>, Yuzhakov V.V.<sup>1</sup>, Nikitin A.V.<sup>3</sup>, Latushko S.I.<sup>3</sup>,  
Karpinsky D.V.<sup>3</sup>, Shur V.Ya.<sup>1</sup>, Kholkin A.L.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Department of Physics & CICECO – Aveiro Institute of Materials, University of Aveiro, Aveiro, Portugal

<sup>3)</sup> Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Minsk, Belarus

\*E-mail: [alexander.abramov@urfu.ru](mailto:alexander.abramov@urfu.ru)

Stress-induced local polarization reversal was studied in La doped BiFeO<sub>3</sub> ceramics under the action of indentation. Piezoresponse force microscopy was used for study of domain structure before and after local polarization reversal. Two mechanisms of domain formation were revealed: (1) direct stress-induced and (2) stress mediated by grain clamping. Critical stress value for local polarization reversal was extracted from the dependence of the switched area on the applied loading force.

Ferroelectric materials are widely used for variety of electromechanical applications such as transducers and actuators [1,2], where they are protractedly exposed by electrical and mechanical loads. While polarization reversal under the action of electric field has been comprehensively studied for decades, influence of mechanical stress on it is still not totally understood. Mechanical stress was shown to induce phase transitions [3], modification of electromechanical properties [4], and polarization reversal [5] in ferroelectric materials. By analogy with electric field induced local polarization reversal, where non-uniform electric field is created by the biased tip of scanning probe microscope (SPM), indentation of a ferroelectric with enough load can induce polarization reversal

In present paper we investigated solid phase synthesized BiFeO<sub>3</sub> ceramics doped by 5% La. Local polarization reversal under the action of mechanical load performed by Berkovich type prism indentation was studied. Nanoscale domain structure and polar-to-nonpolar phase transition was observed in the area of plastic deformation. Appearance of the stress-induced ferroelastic domains in the vicinity of the plastic deformation area is caused by mechanical energy minimization. Indirect action of grain clamping by neighboring grain resulted in shrinkage of existed ferroelastic domains and nucleation of new domains in the vicinity of the grain boundaries. It was found that the switched area is linearly dependent on the applied load force. The evaluated fitting critical stress  $\sigma_c = 14.6$  MPa for local polarization reversal induced by indentation is close to the values measured in the other ferroelectric materials. The obtained results are significant for understanding the effect of the mechanical stress mediated depolarization in ferroelectric ceramics.

*The equipment of the Ural Center for Shared Use “Modern nanotechnology” Ural Federal University was used. The study was funded by RFBR (grant No. 17-52-04074) and BRFFR (grant No. F17RM-036), by Government of the Russian Federation (Act*

211, Agreement 02.A03.21.0006). This work was developed within the scope of the project CICECO-Aveiro Institute of Materials, POCI-01-0145-FEDER-007679 (FCT Ref. UID/CTM/50011/2013), financed by national funds through the FCT/MEC and when appropriate co-financed by FEDER under the PT2020 Partnership Agreement. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 778070.

1. Haertling G.H., J. Am. Ceram. Soc., 82, 797-818 (1999).
2. ShROUT T.R., Zhang S.J., J. Electroceram., 19, 111-124 (2007).
3. Emelyanov A.Yu., Pertsev N.A. et al., Phys. Rev. B, 66, 214108 (2002).
4. Lynch C.S., Acta Mater., 44, 4137-4148 (1996).
5. Ren S.B., Lu C.J. et al., Phys. Rev. B, 55, 3485-3496 (1997).

### **ВЛИЯНИЕ СЛОИСТОГО СТРУКТУРИРОВАНИЯ НА ОБМЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ В ПЛЕНКАХ $\text{FeMn}/\text{X}/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}$ ( $\text{X} = \text{Ta}, \text{Gd}$ )**

Аданакова О.А.<sup>1\*</sup>, Лепаловский В.Н.<sup>1</sup>, Степанова Е.А.<sup>1</sup>, Васьковский В.О.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [olga.adanakova@urfu.ru](mailto:olga.adanakova@urfu.ru)

### **EFFECT OF LAYERED STRUCTURING ON EXCHANGE BIAS IN $\text{FeMn}/\text{X}/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}$ ( $\text{X} = \text{Ta}, \text{Gd}$ ) FILMS**

Adanakova O.A.<sup>1\*</sup>, Lepalovskij V.N.<sup>1</sup>, Stepanova E.A.<sup>1</sup>, Vas'kovskiy V.O.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) M.N. Mikheev Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Annotation. The influence of Ta and Gd spacers on the exchange bias in  $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}$  multilayers at the temperature range of 5-350 K was investigated.

Магнитные пленки на основе обменно-связанных слоев ферромагнетика и антиферромагнетика являются объектом многих исследований, ориентированных, в том числе, на разработку сред для магнитных сенсоров [1]. Данная работа посвящена изучению влияния тонких прослоек между антиферромагнитным слоем  $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$  и ферромагнитным слоем  $\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}$  на обменное смещение последнего. В качестве таких прослоек были выбраны Gd, обладающий ферромагнитным упорядочением в диапазоне температур ниже комнатной, и Ta, являющийся парамагнетиком во всей рассматриваемой температурной области.

Пленки  $\text{Ta}(5)/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}(5)/\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}(20)/\text{X}(L)/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}(40)/\text{Ta}(5)$  (толщина слоев в нм) были получены на стеклянных подложках методом магнетронного распыления однокомпонентных и сплавных мишеней в присутствии внешнего магнитного поля. Значение номинальной толщины прослоек варьировалось в интервале  $L = 0,2 \div 1$  нм. Измерения петель гистерезиса  $m(H)$  в температурном диапазоне  $5 \div 350$  К выполнялись на установке MPMS XL-7.

На основе зависимостей  $m(H)$  для ферромагнитного слоя толщиной 40 нм (пример см. на рис. 1а) были определены значения поля обменного смещения  $H_e$ , характеризующего эффективность межслойной обменной связи. На рис. 1б показаны температурные зависимости  $H_e(T)$  для случаев, когда значения номинальной толщины прослоек (Ta или Gd) совпадали и были равны 0,2 нм, а также для образца без прослойки. Видно, что с увеличением температуры пленочные структуры с прослойками демонстрируют монотонное уменьшение величины  $H_e$ , в то время как в образце без прослойки такое поведение наблюдается лишь при значениях температуры, превышающих 150 К. В работе проанализированы возможные причины указанных особенностей.

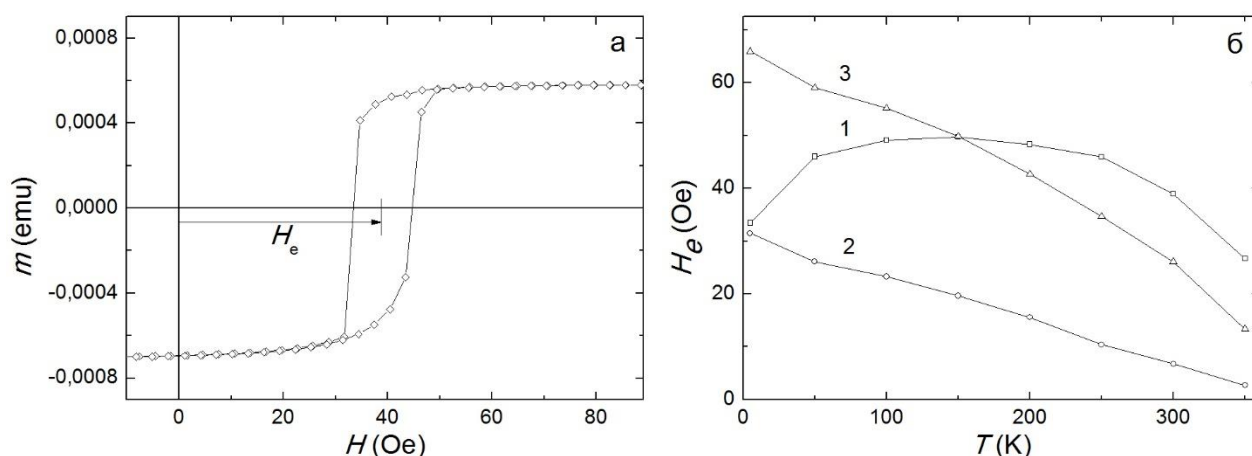


Рис. 1. Петля гистерезиса слоя пермаллоя, полученная для образца без прослойки при 300 К (а). Температурные зависимости  $H_e$  (б) исследуемых пленочных систем без прослойки (1), с прослойками Ta (2), Gd (3).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 18-72-10044.*

1. Nogues J., Sort J., Langlais et al., Phys. Rep., 422, 65 (2005).

## MODELLING OF THE SYSTEM OF MAGNETIC ANISOTROPIC NANOPARTICLES

Akischeva (Gudkova) A.V.<sup>1\*</sup>, Pyanzina E.S.<sup>1</sup>, Ivanov A.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [annagudkova94@gmail.com](mailto:annagudkova94@gmail.com)

The latest technologies of creating smart materials allow to achieve a completely new level due to a variety of factors, such as the development of synthesis of new composite polymer materials with controlled properties and the creation of new magnetic nanoparticles with the form's anisometry [1] and anisotropic internal structure [2]. The thermodynamic properties of such systems are controlled both by external factors (temperature, electric and magnetic fields) and by the parameters of their microstructural units (shape, structure, topology).

This work presents a comprehensive study of the system of magnetic ellipsoidal nanoparticles, which allows to reveal the effect of anisotropy of the particle shape on microstructure and macroscopic properties. Ellipsoidal nanoparticles have a strong interparticle dipole-dipole interaction. In this investigation we directed the magnetic moments of anisotropic nanoparticles parallel/perpendicular to the main axis of rotation. We use molecular dynamics to perform computer simulations.

Also we studied the system of magnetic filaments with different topologies composed of ferromagnetic ellipsoidal nanoparticles. We focused on simple open chains and closed rings, which are the ground states of dipole spherical particles [3,4]. Firstly, we calculate the total dipole moment of the filament chain made of  $N$  identical particles with the value of dipole moment  $\mu$ . Then we calculate the radius of gyration and observe filaments' behavior under different parameters.

Hence, we investigated the effect of anisotropy of nanoparticle shape on microstructure and macroscopic properties of magnetic soft materials with anisotropic particles. The particles' anisotropy is very important and has an influence on many parameters. These results provide recommendations for the development of new systems with magnetic response that can become quite useful in further applications, where the most important one is medicine.

1. Sacanna S., Rossi L. et al., *Langmuir*, 22, 1822-1827 (2006).
2. K.P. Yuet, D.K. Hwang, R. Haghgooie, P.S., *Langmuir*, 26 (6), 4281-4287 (2009).
3. Prokop'eva T.A., *JETP* 113, 435 (2011).
4. Kantorovich S., Pyanzina E. et al., *Soft Matter*, 9, 4412-4427 (2013).

## ИЗМЕНЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ $\text{Co}_7(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_8$

Акромов Д.Ф.<sup>1\*</sup>, Селезнева Н.В.<sup>1</sup>, Баранов Н.В.<sup>1,2</sup>, Казанцев В.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Dmaster96@mail.ru](mailto:Dmaster96@mail.ru)

## CHANGES IN THE CRYSTAL STRUCTURE AND PHASE TRANSFORMATIONS IN THE $\text{Co}_7(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_8$ SYSTEM

Akramov D.F.<sup>1\*</sup>, Selezneva N.V.<sup>1</sup>, Baranov N.V.<sup>1,2</sup>, Kazantsev V.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The  $\text{Co}_7(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_8$  compounds have been synthesized and studied by means of X-ray diffraction, thermal expansion and magnetization measurements in a wide temperature interval from 20 up to 720 °C. It has been found that the substitution of Te for Se leads to changes in space group due to the disordering of vacancies in cationic layers. Anomalous behavior of the thermal expansion coefficient and magnetization associated with phase transformations have been observed in the range temperature 350 – 500 °C.

В ранее проведенных исследованиях было показано, что в системе  $\text{Co}_7(\text{S}_y\text{Se}_{1-y})_8$  при замещении селена серой образуется непрерывный ряд твердых растворов с гексагональной структурой типа NiAs. Замещение селена серой не сопровождается изменением пространственных групп и упорядочением вакансий [1]. В литературе нет данных о влиянии замещения селена теллуридом в соединении  $\text{Co}_7\text{Se}_8$ , а данные о существовании теллурида  $\text{Co}_7\text{Te}_8$  носят противоречивый характер.

В настоящей работе выполнен синтез соединений  $\text{Co}_7(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_8$  и проведено их исследование с целью установления границ растворимости и влияния замещения на структуру и физические свойства. Соединения  $\text{Co}_7(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_8$  были получены методом твердофазного синтеза в вакуумированных кварцевых ампулах. Аттестация фазового состава и терморентгенография проводилась на дифрактометре Bruker D8 Advance в диапазоне температур от 20 – 700 °C. Измерение коэффициента температурного расширения (КТР) проводилось на dilatометре DL-1500 RHP/DL-1500-H (UCVAC/SINKU). Температурные зависимости намагниченности измерялись на вибромагнетометре Lake Shore VSM 7407 в температурном интервале 20 - 720 °C.

Установлено, что в системе  $\text{Co}_7(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_8$  замещение селена теллуридом приводит к разупорядочению вакансий в катионной подрешетке, и к исчезновению сверхструктурного упорядочения типа 3C и к изменению пространственной

группы от  $P3_{121}$  к  $P-3m1$  при концентрации теллура  $y \sim 0.2$ , а при дальнейшем увеличении концентрации теллура  $y > 0.2$  происходит переход от  $P-3m1$  к  $P6_3/mmc$ . Измерения теплового расширения в соединениях с малым содержанием теллура ( $y \leq 0.2$ ) выявили аномальное поведение КТР в области температур около 450 °С, что обусловлено переходом «порядок-беспорядок» при нагревании. В соединениях с соотношением Se/Te, близким к  $y = 0.5$ , аномалий КТР не обнаружено, однако в составах богатых теллуrom ( $y \geq 0.55$ ) также наблюдается ярко выраженная аномалия, как нами установлено, вследствие фазового расслоения. Фазовое расслоение, как оказалось, сопровождается аномальным поведением намагниченности в той же области температур.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 3.2916.2017/4.6).*

1. Miller V.L. et al., Journal of Solid State Chemistry, 178, 1508 (2005).

## **MAGNETIC VISCOSITY DEPENDENCE OF $\delta M$ PLOTS FOR A NdFeB - BASED ALLOY**

Alekseev I.V.<sup>1, 2\*</sup>, Andreev S.V.<sup>2</sup>, Volegov A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [igor.alekseev@urfu.ru](mailto:igor.alekseev@urfu.ru)

Today permanent magnets based on rare-earth metals have an important value. They are used in many application areas, e.g. in electric motors, medicine, electronics. The leader in the maximum energy product  $(BH)_{\max}$  (the main characteristic of a permanent magnet) is Nd-Fe-B based alloys at the room temperature. That is why they are still attracting attention of many researchers.

One of fundamental problems is the presence of intergrain interactions in nanocrystal materials. For examples, the exchange interaction leads to enhancement of the remanence value and decrease of the coercivity force for high anisotropic materials.

Among various methods of an investigating interaction in materials there is, so called,  $\delta M$  plots [1]. The essence of the method is the comparison of a real particles system with the ideal Stoner–Wohlfarth model [2]. But last one is considered at the absolute zero temperature. In real particles systems at finite temperatures the magnetic viscosity is observed. That means that the magnetization is changing with the time.  $\delta M$  plots are a method very sensitive to the magnetic state. Thus, the magnetic viscosity can affect interactions in materials and change  $\delta M$  plots shape.

In this work we are going to investigate an influence of the magnetic viscosity on  $\delta M$  plots and interactions in materials. A  $\text{Nd}_2(\text{Fe}_{0.8}\text{Co}_{0.2})_{14}\text{B}$  alloy was chosen as an



object of the study. Melt-spun ribbons were prepared from induction-melt ingots. The ribbons were then sealed in quartz ampoules and annealed at different temperatures to obtain optimal magnetic properties, namely a convex demagnetization curve, the maximum of coercivity and the remanence. Measurements will be carried out by vibrating sample magnetometer with magnetic fields  $H$  of up to 26 kOe. The results of the investigation will be presented on the conference.

*The study was supported by Minobrnauki of Russia (themes "Alloys" and "Magnet") and by grants No.18-32-00220 of Russian Foundation for Basic Research.*

1. P. E. Kelly [et. al], IEEE Transactions on Magnetics, 25 (5), 2881-2883 (1989)
2. E. C. Stoner, E. P. Wohlfarth, Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A, 240 (599) (1948)

## **НАНОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ SiO<sub>2</sub>/Si**

Альжанова А.Е.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

E-mail: [aliya.alzhan@yandex.kz](mailto:aliya.alzhan@yandex.kz)

## **NANOMECHANICAL PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED SiO<sub>2</sub>/Si SYSTEMS**

Alzhanova A.Ye.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Annotation. A layer of silicon dioxide was irradiated with  $^{131}\text{Xe}$  ( $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ , 200 MeV) ions using an ion cyclotron accelerator DC-60 at Astana, Kazakhstan. After irradiation with fast heavy ions in the silicon dioxide layer formed the latent tracks. Tracks - a kind of extended cylinders, about 5-10 nm in size, formed in the fall of fast heavy ions. In this work, the influence of these tracks on the hardness of the irradiated layer of silicon dioxide was studied.

Наноиндентирование заключается во вдавливании в поверхность жесткого индентора с одновременной записью его нагрузки и перемещения. Обработка кривой наноиндентирования позволяет получить такие характеристики материала, как твердость, модуль Юнга, характеристики ползучести, предел текучести, коэффициент вязкости разрушения, а также рассчитать остаточные напряжения. Так, например, одним из быстроразвивающихся направлений в наноиндентировании реакторных материалов является испытание мини-образцов на изгиб и сжатие, что обеспечивается выбором специальных режимов нагружения вместе с формой индентора [1].

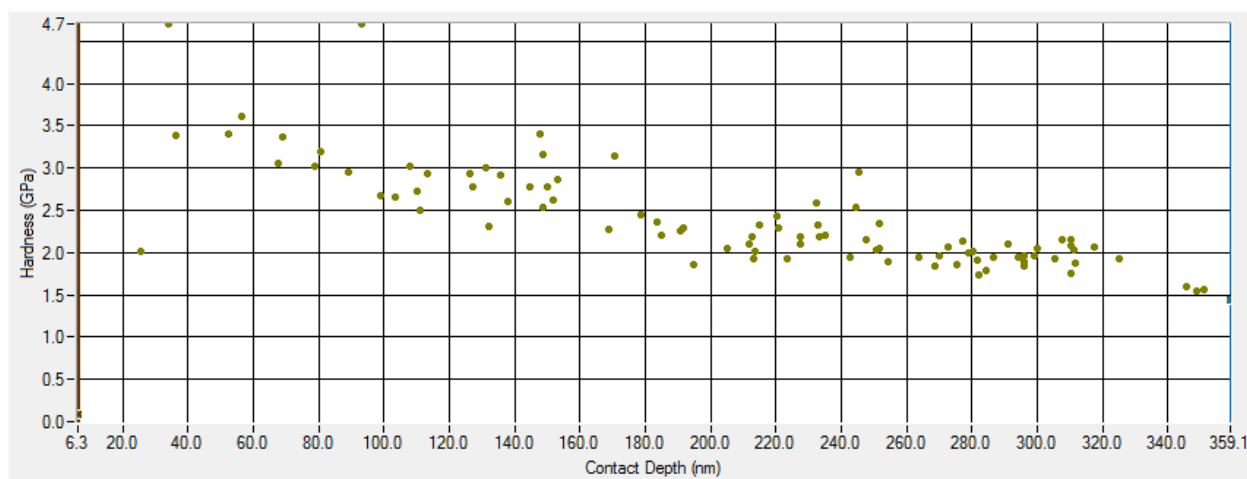


Рис. 1. Значения твердости для систем  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  облученных ионами Хе (200 МэВ,  $1 \times 10^9 \text{ см}^{-2}$ )

В данной работе посредством наноиндентора TI Premier Multiscale высокого разрешения были исследованы наномеханические свойства систем  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  до и после облучения. Все измерения на наноинденторе проводились с контролем глубины внедрения индентора. Глубина задавалась, как 600 нм, что соответствует величине облученного слоя диоксида кремния. Измерения с контролем глубины внедрения проводились для облученных образцов  $\text{SiO}_2/\text{Si}$ , и это вызвано тем, что в результате ионного облучения поверхность повреждается неоднородно, а контроль глубины внедрения позволяет определить критические глубины внедрения для исключения вклада необлученного материала в полученные значения твердости [2].

Измерения твердости и модуля Юнга для облученных и не облученных систем  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  посредством наноиндентора высокого разрешения TI Premier Multiscale помогли сделать следующие выводы: полученные значения несильно отличаются друг от друга, что говорит о незначительном изменении микроструктуры систем  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  после облучения быстрыми тяжелыми ионами, но все же данное незначительное различие позволяет еще раз подтвердить формирование латентных треков в облученном слое  $\text{SiO}_2$  и в то же время признать, что систему  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  можно назвать радиационно-стойким материалом.

1. Pouchon M.A., Chen J., et.al., Experimental Mechanics J., Vol. 50., (2010).
2. W.C. Oliver and G.M. Pharr, J. Mater. Res., Vol. 19., (2004).

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СПЛАВА $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$

Андреев С.Н.<sup>1\*</sup>, Кашин И.В.<sup>1</sup>, Бадртдинов Д.И.<sup>1</sup>, Мазуренко В.В.<sup>1</sup>

1) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

\*E-mail: [s.n.andreev@urfu.ru](mailto:s.n.andreev@urfu.ru)

## THE STUDY OF THE ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$ ALLOYS

Andreev S.N.<sup>1\*</sup>, Kashin I.V.<sup>1</sup>, Badrtdinov D.I.<sup>1</sup>, Mazurenko V.V.<sup>1</sup>

1) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the investigation of electronic and magnetic properties of  $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$  alloys. In order to solve this problem the first-principles calculations were used. Having calculated an equilibrium atomic structure, we analyze the electronic excitation spectrum and values of various magnetic moments.

Спинтроника сегодня является одним из наиболее бурно развивающихся направлений экспериментальной и теоретической физики в силу огромного потенциала технологического применения в вычислительных узлах, модулях памяти. Базой для таких устройств обычно используются переходные металлы, проявляющие уникальные особенности с фундаментальной и прикладной точек зрения. К одному из таких особенностей можно отнести явление магнитострикции. Это явление ярко проявляется в сплавах железа с примесями. В частности, при некоторых концентрациях примеси галлия возможно увеличение коэффициента магнитострикции в несколько раз [1].

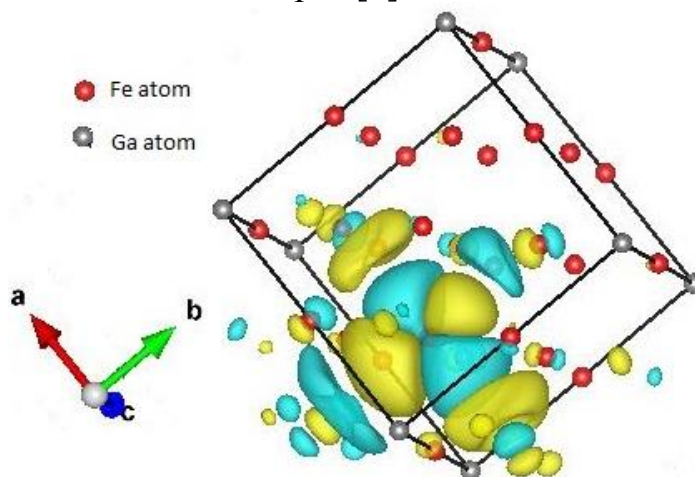


Рис. 1.  $dx^2-dy^2$  орбиталь атома железа, одна из рассматриваемых базисных орбиталей в сплаве  $\text{Fe}_{0.9375}\text{Ga}_{0.0625}$

Целью этой работы является описание магнитных свойств  $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$  при концентрациях примеси  $x=0.25$  и  $0.0625$ . При помощи первопринципных методов

расчета были определены равновесные атомные позиции данных сплавов. Значения магнитных моментов приходящихся на каждый атом железа, и вид электронных плотностей состояний находятся в хорошем согласии с результатами предыдущих работ [2,3]. Оценка величины магнитострикции в данной работе обеспечивается построением реалистичной магнитной модели в базисе функций Ванье и оценкой наблюдаемых параметров с применением формализма одночастичных функций Грина. Это даст возможность детализировать микроскопические механизмы, ведущие к возникновению явления магнитострикции в данном соединении.

1. Wang H., Zhang Y.N., Yoon, et al., Scientific Reports 3, 3521 (2013)
2. Cao J.X., Zhang Y.N., et al., Phys. Rev. B. 80,104414. 5, 57 (2009)
3. Wu R, Journal of Applied Physics 91,7358 (2002)

## **ВЛИЯНИЕ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ НА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЛАКСОРНЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ**

Аникин В.А. \*, Шихова В.А., Ушаков А.Д., Федоровых В.В., Есин А.А.,  
Холкин А.Л., Шур В.Я.

Институт Естественных Наук и Математики, Уральский федеральный университет,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anikin\\_30@mail.ru](mailto:anikin_30@mail.ru)

## **INFLUENCE OF THE DOMAIN STRUCTURE ON PIEZOELECTRIC AND DIELECTRIC PROPERTIES OF RELAXOR FERROELECTRICS**

Anikin V.A. \*, Shikhova V.A., Ushakov A.D., Fedorovych V.V., Esin A.A.,  
Kholkin A.L., Shur V.Ya.

School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University,  
Yekaterinburg, Russia

We have studied influence of the initial domain structure on piezoelectric and dielectric properties of relaxor ferroelectrics: SBN single crystals and PLZT ceramics. The initial domain structure was created by: (1) zero-field cooling, (2) in-field cooling, (3) partial switching. The difference of the frequency dependences of integral piezoelectric response and temperature dependences of dielectric permittivity for various initial domain structures was revealed.

Было изучено влияние исходной доменной структуры на пьезоэлектрические и диэлектрические свойства монокристаллов ниобата бария-стронция ( $\text{Sr}_{0.61}\text{Ba}_{0.39}\text{Nb}_2\text{O}_6$ , легированного Се и Ni) и керамики цирконата-титаната свинца, легированного лантаном  $\text{Pb}_{0.92}\text{La}_{0.08}(\text{Zr}_{0.65}\text{Ti}_{0.35})_{0.98}\text{O}_3$  (PLZT8/65/35).

Измерения интегральных характеристик проводилось в образцах, имеющих доменную структуру, созданную разными методами: (1) термическая деполяризация (ТДП), (2) термическая поляризация (ТП) и (3) частичное переключение (ЧП). Доменная структура, образованная после ТДП, состояла из нанодоменов со случайно ориентированной спонтанной поляризацией [1-2]. После ТП формировалось квазимонодоменное состояние с остаточными нанодоменами. Доменная структура, сформированная в результате ЧП, представляла собой микроразмерную доменную структуру с остаточными нанодоменами.

Были измерены температурные зависимости диэлектрической проницаемости для образцов SBN и PLZT с различной доменной структурой. Было показано, что диэлектрическая проницаемость при низких температурах выше для образцов после ТДП, чем после ТП, и разница при нагреве увеличивается. Это различие связано с вкладом заряженных доменных стенок в диэлектрический отклик [3]. Нанодоменный лабиринт с большим числом заряженных доменных стенок, образовавшийся в образцах после ТДП, вносит значительный вклад в диэлектрический отклик. Напротив, маленькая площадь доменных стенок в образцах после ТП уменьшала диэлектрическую проницаемость. Уменьшение деполяризующих полей и подвижности доменных стенок при нагреве привело к увеличению разности диэлектрической проницаемости между образцами после ТДП и ТП.

Были исследованы частотные зависимости интегрального пьезоэлектрического отклика монокристаллов SBN и PLZT керамики с различной доменной структурой, измеренные при комнатной температуре (ниже температуры заморозки для исследуемых образцов). Небольшое снижение интегрального пьезоэлектрического отклика с увеличением частоты было обнаружено для образцов, обработанных всеми методами. Наибольший пьезоэлектрический отклик был обнаружен в образцах после ТП, а наименьший – в образцах после ТДП. Такое поведение можно объяснить вкладом поляризации образцов в пьезоэлектрический отклик системы [3]. Поляризация образцов после ТДП, довольно мала, а в образцах, обработанных ТП, ее значение существенно больше.

*Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» ИЕНиМ.*

1. Dec J., Shvartsman V.V. et al., Appl. Phys. Lett., 89, 212901 (2006).
2. Nikolaeva E.V., Shur V.Ya. et al., Ferroelectrics, 340, 137-143 (2006).
3. Shikhova V.A., Ushakov A.D. et al., IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 443, 012031 (2018).

**ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КЕРАМИЧЕСКОЙ ШПИНЕЛИ  $\text{Fe}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , СИНТЕЗИРОВАННОЙ ИЗ НАНОПОРОШКОВ ПРИ СПЕКАНИИ В ВОЗДУХЕ И ВАКУУМЕ**

Бубнова А.С. \*, Соломонов В.И.

Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [AnnieBubnova@mail.ru](mailto:AnnieBubnova@mail.ru)

**LUMINESCENCE ANALYSIS OF CERAMIC MAGNESIUM ALUMINUM SPINEL  $\text{Fe}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$  SYNTHESIZED FROM NANOSIZED POWDERS VIA SYNTERING IN AIR AND VACUUM**

Bubnova A.S. \*, Solomonov V.I.

The Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia  
Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Via pulsed cathodoluminescence samples of ceramic magnesium aluminum spinel doped with divalent iron ions were analyzed to detect the presence of point defects and the second phases.

Лазеры среднего инфракрасного диапазона 2-5 мкм представляют значительный интерес, так как это излучение соответствует окну прозрачности земной атмосферы и максимуму поглощения биологических тканей (~2.9 мкм). Для генерации излучения с такими длинами волн перспективным материалом является магний-алюминиевая шпинель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , прозрачная в диапазоне 2,5-4,5 мкм [1], в который попадает полоса излучения иона-активатора  $\text{Fe}^{2+}$ . Однако из-за высокой температуры плавления шпинели 2135 °С и различия ионных радиусов магния и железа трудно вырастить монокристаллы  $\text{Fe}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$  высокого оптического качества. Вместо монокристаллов можно использовать оптическую керамику. Для синтеза однофазной керамики необходимо подобрать состав исходных нанопорошков, режим их прессования и тепловой режим спекания. В данной работе для обнаружения кристаллических дефектов и вторых фаз в керамике  $\text{Fe}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$  использовалась импульсная катодолюминесценция (ИКЛ) в спектральном диапазоне 350-850 нм. Она возбуждалась электронным пучком длительностью 2 нс при средней энергии электронов 168 кэВ и плотности тока электронов около 155 А/см<sup>2</sup> при комнатной температуре образцов. Исследовались образцы, полученные: 1) из нанопорошков, содержащих 98 масс.%  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  и 2 масс.% MgO с содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,1; 1,0 и 5,0 масс.%, 2) из этих же нанопорошков, но с добавкой 5 масс.% нанопорошка  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Обнаружено, что в образцах керамики первой серии, спеченной в вакууме при температуре 1300 °С в течении 1 часа, остается вторая фаза MgO, а в спектре ИКЛ присутствует единственная

широкая полоса  $\text{Fe}^{3+}$  при  $\lambda \approx 725$  нм на оптическом переходе  ${}^4\text{T}_1(\text{G}) \rightarrow {}^6\text{A}_1(\text{S})$ . Причем, с увеличением содержания железа в образцах интенсивность этой полосы резко снижается вплоть до нуля при 5,0 масс.%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . В некоторых образцах второй серии на коротковолновом крыле этой полосы появляются R-линии  $\text{Cr}^{3+}$  в кианите ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ). В спектре ИКЛ ряда образцов этой серии, спеченных в вакууме при температуре 1300 °С в течении 1 часа, появляется дополнительная широкая слабая полоса при  $\lambda \approx 525$  нм. Обсуждаются результаты исследований.

1. Wickersheim K. A., Lefever R. A., J. Opt. Soc. Am., 50, 831-832 (1960).

## THE MAGNETIC ANISOTROPY OF SPIN $S=1$ $\text{BaMoP}_2\text{O}_8$ SYSTEM

Badrtdinov D.I.<sup>1\*</sup>, Abdeldaim A.H.<sup>2,3</sup>, Nilsen G.J.<sup>2</sup>, Tsirlin A.A.<sup>4</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> ISIS Neutron and Muon Source, Didcot, United Kingdom

<sup>3)</sup> Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

<sup>4)</sup> University of Augsburg, Augsburg, Germany

\*E-mail: [reason2205@yandex.ru](mailto:reason2205@yandex.ru)

In this work the magnetic anisotropy of low dimensional magnetic compound  $\text{BaMoP}_2\text{O}_8$  was studied by using density functional theory and inelastic neutron scattering techniques. Obtained results show that anisotropy of the system has the easy-axis character, where the on-site term plays the leading role in stabilisation of the magnetic ordering.

The magnetic anisotropy, originated from spin-orbit coupling effects, is considered to be the one of the main characteristic, which stabilises the magnetic ordering of the system. It may contain the intersite symmetric and antisymmetric terms known as Dzyaloshinskii-Moriya interaction (DMI), arising due to lack of inversion symmetry [1], and on-site anisotropy, which takes place only for situations, when spin  $S$  of magnetic atoms is more than 1/2. From the theoretical side, corresponding values of anisotropic characteristics can be investigated on the level of density functional theory (DFT), while in the experiment it is required to use more sophisticated techniques. The inelastic neutron scattering (INS) is considered to be the powerful method, which is able not only to give the value of magnetic interactions quantitatively, but also can identify the individual components of on-site and intersite anisotropy of the system.

The low dimensional magnetic compound  $\text{BaMoP}_2\text{O}_8$  contains the triangular regular lattice of molybdenum atoms. Recently, it was revealed by neutron diffraction experiment that the system follows to stripe antiferromagnetic order with propagation vector  $\mathbf{k} = (1/2, 1/2, 1/2)$ . Theoretically, it was shown that the magnetic model is highly frustrated and has one dimensional character [2]. Further calculations of anisotropic energies, taking the correlations through on-site Coulomb parameter  $U$  and spin-orbit

coupling effects on the level of perturbation theory, demonstrate that magnetic moments of molybdenum atom should be oriented along easy axis, which corresponds to anisotropic energy minimum. Utilisation of INS revealed the clear magnetic excitations at 20 meV, and fitting of them also gives the easy axis, where anisotropic terms are in reasonable agreement with theory (Fig.1).

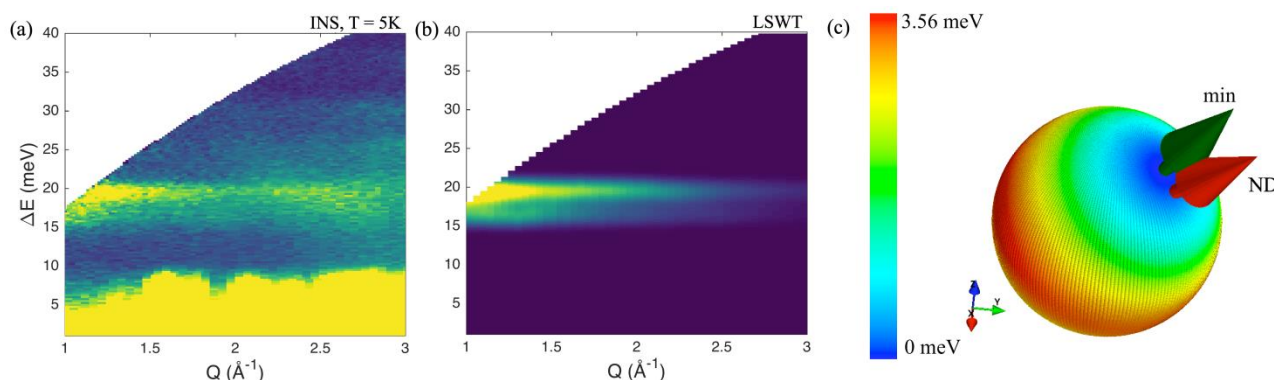


Fig. 1. (a) Inelastic neutron scattering spectra obtained for powder sample of BaMoP<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. (b) The fitted spectra by using anisotropic spin model. (c) The 3D map of anisotropic energy, obtained on the level of DFT+U method. The green arrow denoted as «min» corresponds to minimum of anisotropic energy, while the red arrow «ND» — easy axis from neutron experiment.

*The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-32-00018*

1. Moriya T. et al., Phys. Rev. 120, 91 (1960).
2. Hembacher J. et al., Phys. Rev. B 98, 094406 (2018).

## STRUCTURE OF CDTE NANOCRYSTALS SYNTHESIZED BY ELECTROCHEMICAL DEPOSITION FROM DIFFERENT SOLUTIONS ONTO THE SiO<sub>2</sub>/Si TRACK TEMPLATE

Akilbekov A.<sup>1</sup>, Balakhayeva R.<sup>1\*</sup>, Dauletbekova A.<sup>1</sup>, Kozlovskii A.<sup>2</sup>,  
Baimukhanov Z.<sup>1</sup>, Usseinov A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan

\*E-mail: [brk1001@yandex.kz](mailto:brk1001@yandex.kz)

The main aim of this study is CdTe nanocrystals growing by electrochemical deposition in the a-SiO<sub>2</sub>/Si -n track template.

CdTe is a direct bandgap semiconductor group A<sup>II</sup>B<sup>VI</sup> with  $E_g=1.49$  eV at 300 K [1]. It is known that CdTe is one of the materials most suitable for solar cells production [2]. Nanocrystals, such as CdSe, ZnS, ZnSe, CdS and PbS, have nonlinear optical susceptibility, which makes it possible to use them as materials for passive optical shutters for the generation of ultrashort laser pulses in the near-IR range [3, 4].



The a-SiO<sub>2</sub>/Si-n structure was created by thermally wet oxidizing silicon substrates in oxygen atmosphere at a temperature of 900°C. The thickness of the obtained silicon dioxide layer was 600 nm. To obtain track templates, the a-SiO<sub>2</sub>/Si-n structures were irradiated by Xe ions with 200 MeV and fluence 108 ion/cm<sup>2</sup> at a DC-60 accelerator (Astana, Kazakhstan). Subsequent chemical etching in an aqueous solution of hydrofluoric acid leads to the formation of nanopores. For electrochemical deposition of CdTe we used two types of solutions:

1) 1M CdSO<sub>4</sub> + 1mMTeO<sub>2</sub>. CdSO<sub>4</sub> dissolved in water, TeO<sub>2</sub> –in the minimum amount of concentrated sulfuric acid. pH = 2;

2) 1M CdCl<sub>2</sub> + 1mMTeO<sub>2</sub>. CdCl<sub>2</sub> dissolved in water, TeO<sub>2</sub> –in the minimum amount of concentrated sulfuric acid. pH = 2.

The samples surface was examined before and after deposition of CdTe using a JSM 7500F scanning electron microscope (SEM).

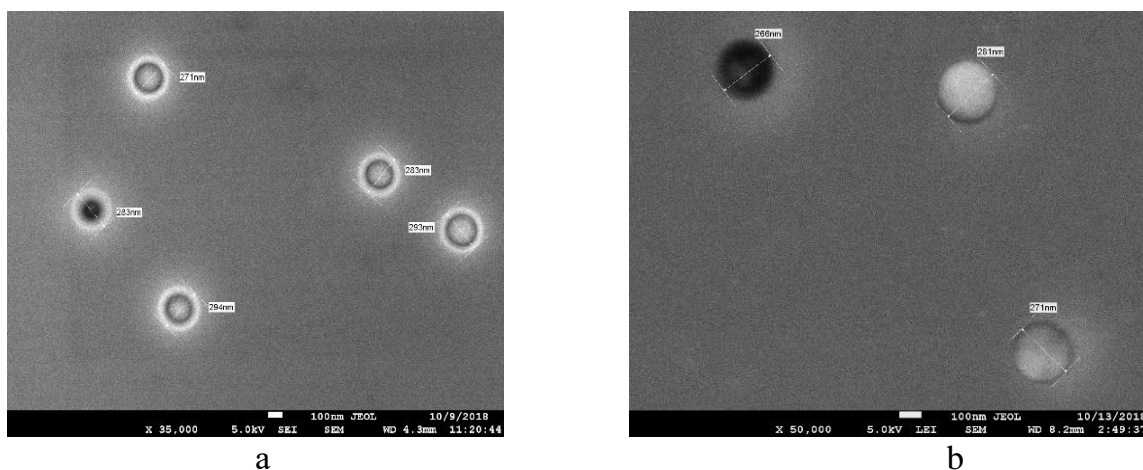


Fig.1. SEM images of sample surfaces after CdTe deposition.

a) sulphate solution,  $U = 1,5$  V during 10 min, b) chloride solution  $U = 1,5$  V during 5 min

Figure 1 shows the SEM images of the surface after deposition for two types of solutions.

X-ray diffraction analysis (XRD) showed the formation of CdTe nanocrystals with the hexagonal structure and the space group P63mc (186).

The unit cell parameters for CdTe from sulfate electrolyte:  $a = 4.51185$  Å,  $c = 7.40234$  Å; for the chloride solution,  $a = 4.53445$  Å,  $c = 7.43525$  Å. As can be seen, the cell parameters of CdTe grown in the chloride solution have somewhat greater values than in the sulphate solution one. Annealing in air at a temperature of 100°C within one hour leads to a decrease in the unit cell parameters ( $a = 4.51015$  Å,  $c = 7.40214$  Å) for a sulfate electrolyte and ( $a = 4.52033$  Å,  $c = 7.42212$  Å) for chloride electrolyte. A decrease in the size of CdTe nanocrystallites is observed from 11.19 nm to 10.15 nm for a sulfate electrolyte, and opposite, for chloride electrolyte an increase in the size of nanocrystallites from 11.24 nm to 18.24 nm was obtained. For both electrolytes, annealing led to an increase the degree of crystallinity of from 45.1% to 51.2% for

nanocrystals obtained from sulfate, while for chloride solutions the effect is more significant - from 54.5% to 72.6%.

As can be seen from obtained results, the use of chloride and sulphate electrolyte leads to the formation of CdTe nanocrystals with a hexagonal structure.

1. Bovina, L.A., et al., Physics of A<sup>II</sup>B<sup>VI</sup> Compounds, ed. A. N. Georgobiani, M. K. Sheinkman. - M.: Nauka, 319 (1986).
2. Bonnet D., Meyers P.V., J. Mater. Res., Vol. 13, P. 2740 (1998).
3. Lewis L.N. Chemical catalysis by colloids and clusters, J. Chem. Rev. Vol. 93, 2693–2730 (1993).
4. A.N. Georgobiani UFN, 113 (1), 129 (1977).

## TUNABLE DIMER SYSTEMS OF COBALT ATOMS ON PHOSPHORENE

Badrtdinov D.I.<sup>1\*</sup>, Sotnikov O.M.<sup>1</sup>, Rudenko A.N.<sup>3,2,1</sup>, Katsnelson M.I.<sup>2,1</sup>,  
Mazurenko V.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Radboud University, Nijmegen, The Netherlands

<sup>3</sup>) Wuhan University, Wuhan, China

\*E-mail: [reason2205@yandex.ru](mailto:reason2205@yandex.ru)

In this work we report on a comprehensive study of a dimer system, two cobalt atoms on phosphorene surface. Since each cobalt atom can be stabilized in high- and low-spin states, the couplings in this dimer system can be tuned. More specifically, it was shown that applying a small bias voltage one can change interaction between two atoms within dimer from ferromagnetic to antiferromagnetic and vice versa.

The structures containing few magnetic atoms on nonmagnetic surface is considered to be the prospective system, giving the possibility to realise the data storage and spintronic devices [1]. Recently, experimentally by using scanning tunnelling microscopy (STM) technique it was revealed that cobalt atom on black phosphorus demonstrates two novel — high (H) and low (L) spin states [2]. Low spin state has magnetisation 1  $\mu_B$ , whereas high spin state can be magnetised until  $\sim 2.5 \mu_B$ . Within STM techniques it is possible to change spin states of the corresponding cobalt atom from low to high spin states and vice versa applying a small bias voltage between tip and surface. As for considering cluster of atoms, the realisation of tunable spin states gives the unique opportunity to study interacting atoms in combination of different spin states: high-high (HH), high-low (HL) and low-low (LL).

The magnetic model of two interacting cobalt atoms on one layer of black phosphorus (phosphorene) was constructed within density functional theory by using local density approximation (LDA). Correlations were taken on the level of DFT+*U*, where Coulomb repulsion parameter makes the similar influence as a bias voltage in

experiment. The constructed model contains the isotropic exchange interaction between cobalt atoms, on-site anisotropy term and intersite Dzyaloshinskii-Moriya interactions originated from spin-orbit coupling. The obtained parameters of isotropic exchange interactions between two cobalt atoms in different stable positions demonstrate the RKKY-type oscillations, where the period of the oscillations depends on the the direction of the dimer alignment (armchair or zigzag), and the spin states of the corresponding cobalt atoms (Fig. 1).

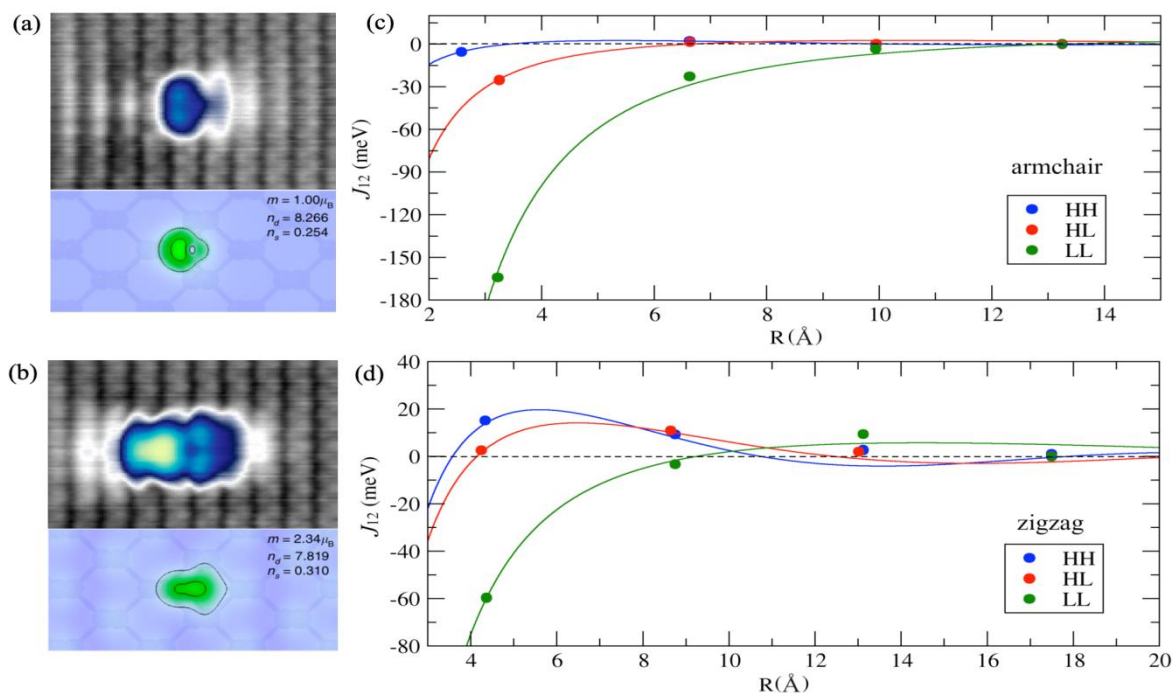


Fig. 1. High resolution STM image and DFT charge density distributions for cobalt atom on phosphorene in low (a) and high (b) spin states. Figures are taken from Ref. [2]. (c) - (d) Resulting isotropic exchange interactions between cobalt atom along armchair and zigzag directions in different spin states: HH, HL and LL.

*This work was supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 17-72-20041*

1. Natterer F. D. et al., Nature 543, 226–228 (2017).
2. Kiraly B. et al., Nature Communication 9, 3904 (2018).

## ДИНАМИКА ГЕТЕРОАНИГИЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВО ФРАКТАЛЬНЫХ СРЕДАХ

Баратова А.А.<sup>1\*</sup>, Бактыбеков К.С.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>2)</sup> Институт космических исследований им. У.М. Султангазина, г. Астана, Казахстан

\*E-mail: [aa.baratova@yandex.kz](mailto:aa.baratova@yandex.kz)

## DYNAMICS OF HETEROANNIHILATION PROCESSES IN FRACTAL MEDIA

Baratova A.A.<sup>1\*</sup>, Baktybekov K.S.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2)</sup> Space Research Institute, Astana, Kazakhstan

The mechanisms of donor-acceptor pairs deactivation kinetics were studied by the usage of conception of multifractal formalism.

Одной из важных задач физики наноструктур является исследование динамики дезактивации взаимодействующих частиц на структурно-неоднородных поверхностях, а также выявление особенностей распределения возбужденных частиц различного сорта. Кинетика фотопроцессов в средах с неоднородной структурой не подчиняется формально-кинетической модели [1]. Неоднородность самой поверхности и структур, образованных из сорбированных молекул указывает на то, что система может обладать фрактальными свойствами. Для исследования данных процессов было проведено компьютерное моделирование основе метода клеточных автоматов, позволяющее генерировать заданное число кластеров из связанных частиц одного сорта с заданным размером кластера (доноры) и случайно распределенные по решетке частицы другого сорта (акцепторы) (рис.1). Результаты моделирования показали, что скорость аннигиляции уменьшается с понижением температуры матрицы и увеличением размеров кластера. Очевидно, это связано с ослаблением связи между локальными элементами системы и снижением эффективности процессов переноса. Перенос энергии и аннигиляционные взаимодействия приводят к образованию на поверхности устойчивых фрактальных кластеров с однородной пористостью и увеличению параметра упорядоченности, причем время упорядочивания зависит от начального распределения реагентов. Гетероаннигиляционные взаимодействия не приводят к пространственному упорядочиванию матрицы, а кинетика убыли взаимодействующих молекул описывается зависимостью, учитывающей необходимый для системы индукционный период образования коррелированных пар и зависящий от топологии поверхности, на которой развиваются аннигиляционные взаимодействия.

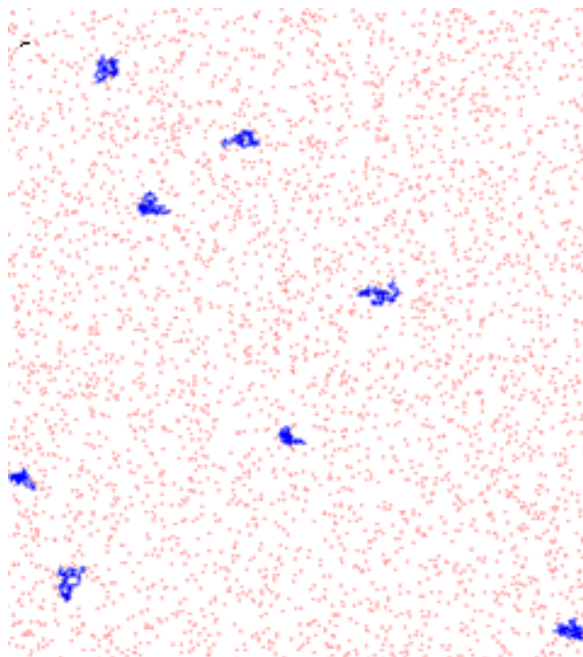


Рис. 1. Структура исследуемой матрицы со связанным распределением молекул донора энергии электронного возбуждения и случайным распределением акцептора.

1. Кучеренко М.Г., Кинетика нелинейных фотопроцессов в конденсированных молекулярных средах, ОГУ (1997).

## **ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО КОРОННОГО РАЗРЯДА НА СВОБОДНУЮ ПОВЕРХНОСТНУЮ ЭНЕРГИЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО КАРТОНА**

Басырова С.И.\*, Галиханов М.Ф., Шаймухаметова И.Ф., Богданова С.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия

\*E-mail: [basyrova.sara@mail.ru](mailto:basyrova.sara@mail.ru)

## **INFLUENCE OF UNIPOLAR CORONA DISCHARGE ON SURFACE ENERGY OF MODIFIED CARDBOARD**

Basyrova S.I.\*, Galikhanov M.F., Shaymukhametova I.F., Bogdanova S.A.

Kazan National Research Technological University, Russia

Annotation. The influence of corona discharge on the modified cardboard was studied by measuring the contact angle of wetting standard solutions.

В настоящее время целлюлозно-бумажные материалы (ЦБМ) используются в различных отраслях промышленности: электротехнической, парфюмерной, пищевой и т.д. Для повышения комплекса свойств картона или бумаги зачастую проводят их обработку полимерными покрытиями [1, 2]. В то же время, свойства данных материалов можно повысить при помощи физических полей различной

природы, например, постоянного коронного разряда [3]. Целью данной работы являлось изучение влияния коронного разряда на поверхностные свойства картона и картона с полилактидным или крахмальным покрытиями.

Объектами исследования являлись картон, кукурузный крахмал, полилактид. О свободной поверхностной энергии судили по краевому углу смачивания образцов различными жидкостями (вода, глицерин,  $K_2CO_3$  (раствор), формамид, ДМСО, этиленгликоль).

Свободная поверхностная энергия картона  $\gamma_K = 120,4$  мН/м. При нанесении на него крахмального покрытия значительных изменений не происходит ( $\gamma_{K+Kp} = 124,6$  мН/м), поскольку при производстве картона также используют крахмал. При нанесении полилактидного покрытия свободная поверхностная энергия материала составила  $\gamma_{K+ПЛА} = 75,3$  мН/м.

При обработке материалов в поле постоянного коронного разряда происходит уменьшение значений их поверхностной энергии на 20-25 %. Объяснения наблюдаемых закономерностей приведены с привлечением данных ИК-спектроскопии, по которым видно изменение химической структуры поверхности. Также это связано с возникновением поляризационного заряда, который заключается в нарушении распределения в материале заряженных частиц и появлении результирующего электрического момента. Это, в свою очередь, влияет на процессы смачивания, происходящих при контакте ЦБМ с жидкостями.

1. Гайнанова Г.А., Галиханов М.Ф., Мусина Л.Р. и др. Влияние поверхностной обработки мешочной бумаги полилактидным покрытием и коронным разрядом на ее барьерные свойства // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19, № 14. С. 119.
2. Назмиева А.И., Мусина Л.Р. Использование поверхностной обработки крахмальным клеем и электретирирования для улучшения качества целлюлозно-бумажных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, №4. С. 211.
3. Vlaeva I., Yovcheva T., Viraneva A. et al. Contact angle analysis of corona treated polypropylene films // Journal of Physics: Conference Series, 2012. V. 398 (1), art. no. 012054.

## ОСОБЕННОСТИ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЛЬФИДА СЕРЕБРА

Беликов А.С.<sup>1,2\*</sup>, Ремпель С.В.<sup>1,3</sup>, Ремпель А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [asbelikov1@gmail.com](mailto:asbelikov1@gmail.com)

## VOLT-AMPERE FEATURES OF SILVER SULFIDE

Belikov A.S.<sup>1,2\*</sup>, Rempel S.V.<sup>1,3</sup>, Rempel A.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Metallurgy, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Institute of Solid State Chemistry, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Features of ionic/electronic conductivity were considered on the example of silver sulfide. Measured volt-ampere characteristic was used to understand the charge transfer mechanism in silver sulfide at ambient temperature.

При перемещении ионов серебра в сульфиде серебра под действием электрического поля возникает «протрузия» – скопление ионов на поверхности образца вблизи минусового контакта источника напряжения смещения [1].

В работе исследовалась проводимость сульфида серебра. Порошок получали путем осаждения сульфида серебра из водного раствора, затем высушивали и прессовали. По результатам рентгенофазового анализа порошок содержал 0.2 вес. % чистого серебра, а размер ОКР сульфида составил 67 нм. Проводимость исследована при комнатной температуре и напряжении смещения до 20 В.

Измерены и проанализированы вольт-амперные характеристики сульфида серебра на малых временных интервалах с небольшим напряжением смещения и на продолжительных интервалах с высоким напряжением. На вольт-амперных характеристиках наблюдались особенности, по которым можно установить величину энергии активации. Также по характерным изменениям на зависимостях можно сделать вывод о механизме переноса заряда, который приводит к вытеснению ионов серебра на поверхность образца [2]. Полученные данные могут быть использованы для объяснения механизма переноса заряда в кристаллической решетке сульфида серебра.

1. Terabe K., Nakayama T. *et al.*, Journal of Applied Physics, 91, 10110 (2002).
2. Bartkowicz I., Mrowec S., Phys. Stat. Sol., 49, 101 (1972).

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИДИСПЕРСНОСТИ НА РАВНОВЕСНЫЕ СВОЙСТВА СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

Беляева Т.Д.\*, Новак Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mizgireva96@outlook.com](mailto:mizgireva96@outlook.com)

## **THE INFLUENCE OF POLYDISPERSITY ON THE EQUILIBRIUM PROPERTIES OF SUPRAMOLECULAR MAGNETIC POLYMERS**

Belyaeva T.D.\* , Novak E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This paper is devoted to the study of the polydispersity effect on the self-assembly of supramolecular magnetic polymers. With the help of Langevin dynamics simulations we study the various structure parameters of a single magnetic polymer of different conformations: closed ring, X-shaped and Y-shaped.

В настоящее время большое внимание уделяют физике мягких материалов и наноматериалов. Можно говорить о переходе от конструкционных материалов к функциональным и смарт-материалам, меняющим свое поведение в зависимости от параметров окружающей среды. Конечно, в первую очередь это связано с тем, что экспериментальные технологии вышли на высокий уровень, что дает ученым возможность контролировать синтез на уровне отдельных частиц, их внутренней структуры, топологии, и даже формы.

В данной работе представлено исследование процесса самоорганизации макромолекулярных магнитных полимеров (магнитных филаментов). Такие магнитные филаменты широко используются для создания новых магнитоуправляемых материалов [1] и представляют собой аналог полимерных цепей, где полимерные молекулы служат в роли сшивок, а магнитные частицы заменяют мономеры.

С помощью компьютерного моделирования мы изучаем влияние полидисперсности на самоорганизацию отдельного магнитного полимера в виде замкнутого кольца, X-образного и Y-образного магнитного полимера. Такие конфигурации являются основными состояниями систем магнитных частиц, что было ранее показано в работе [2]. Нами было рассмотрено и проанализировано три конфигурации замкнутого кольца: (1) кольцо, состоящее только из крупных частиц; (2) кольцо, половина которого состоит из мелких, а половина из крупных частиц; (3) кольцо, разделенное на четыре равные части, которые чередуются в зависимости от размеров частиц. Также рассмотрен случай, когда магнитный филамент имеет X-образную и Y-образную форму, где частицы с меньшим радиусом расположены на краях и в центре полимера. Проанализировано поведение при комнатной температуре всех трех конфигураций филамента при различных длинах и параметрах диполь-дипольного взаимодействия.



Оказалось, что введение всего лишь двух размеров частиц в систему существенно влияет на равновесные свойства, что говорит о необходимости учета полидисперсности при синтезе и анализе поведения магнитных полимеров.

1. Sánchez et al., Magnetic filament brushes: tuning the properties of a magnetoresponsive supramolecular coating, *Faraday Discuss.* 186, 241 (2016).
2. Kantorovich et al., The influence of shape anisotropy on the microstructure of magnetic dipolar particles, *Soft Matter* 9, 6549 (2013).

### АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛА ФЛЮОРИТА КАЛЬЦИЯ ВЫЗВАННОЕ ПРИМЕСЬЮ НИКЕЛЯ

Сарычев М.Н.<sup>1</sup>, Бондаревская А.С.<sup>1\*</sup>, Шутов И.С.<sup>1</sup>, Жевстовских И.В.<sup>2</sup>,  
Гудков В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [any-bondarevskaya@yandex.ru](mailto:any-bondarevskaya@yandex.ru)

### ANOMALOUS BEHAVIOR OF ELASTIC PROPERTIES OF CALCIUM FLUORITE CRYSTAL INDUCED BY NICKEL IMPURITY

Sarychev M.N.<sup>1</sup>, Bondarevskaya A.S.<sup>1\*</sup>, Shutov I.S.<sup>1</sup>, Zhevstovskikh I.V.<sup>2</sup>,  
Gudkov V.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) M.N. Miheev Institute of Metal Physics, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

We report the results of ultrasound studies in the  $CaF_2$  crystal containing the low concentration impurity of nickel. We observed anomaly peaks of the elastic modulus in the temperature dependence of attenuation of ultrasound at frequency 20-55 MHz for the shear wave propagating along the [100] direction and anomalous softening of the elastic modulus  $c_{44}$  in the temperature interval 40-60 K. For the longitudinal mode propagating along the [100] direction the peak of attenuation and the softening of the elastic modulus  $c_{11}$  did not appear. We show that these anomalies are due to the ultrasound relaxation by the system of non-interaction  $Ni^{2+}$  Jahn-Teller centers with the  ${}^3T_1$  ground orbital state.

При изовалентном замещении кальция ионами  $Ni^{2+}$  в кристалле со структурой флюорита  $CaF_2$ , ион  $Ni^{2+}$  оказывается в кубическом окружении, образованными ионами фтора, с основным трехкратно вырожденным орбитальным состоянием  ${}^3T_1$ . В этом случае энергия кристалла может понижаться за счет локальных искажений решетки, приводящих к снятию вырождения, в чем проявляется эффект Яна-Теллера (ЯТ) [1]. На температурных зависимостях поглощения

ультразвука и упругих модулей эффект ЯТ проявляется в виде характерных аномалий, которые ранее были обнаружены в другом кристалле со структурой флюорита, а именно  $SrF_2 : Cr^{2+}$ , с основным состоянием  ${}^5T_2$  [2,3]. В  $SrF_2 : Cr^{2+}$  на температурной зависимости был обнаружен пик поглощения для моды, связанной с упругим модулем  $c_{44}$ , и меньший по амплитуде пик для моды, связанной с упругим модулем  $(c_{11} - c_{12})/2$ . В [2,3] было установлено, что такие аномалии упругих свойств свидетельствуют о проявлении полной  $T_{2g} \otimes (e_g + t_{2g})$  задачи эффекта ЯТ со значительной квадратичной вибронной связью, что приводит к орторомбической симметрии глобальных минимумов адиабатического потенциала. Исследование упругих свойств в кристалле  $CaF_2 : Ni^{2+}$  было выполнено с целью выявить, является ли орторомбическая симметрия глобальных минимумов общим свойством для других примесных центров в кристаллах со структурой флюорита.

В работе представлены результаты ультразвуковых исследований в кристалле  $CaF_2$ , содержащем примесь никеля малой концентрации. Продольные и поперечные ультразвуковые волны распространялись вдоль кристаллографического направления (100), измерения были выполнены на частотах 20-55 МГц в интервале температур от 4 К до 140 К. На температурной зависимости поглощения поперечной волны, связанной с упругим модулем  $c_{44}$ , был обнаружен пик вблизи 50 К и аномальное смягчение упругого модуля в интервале 40-60 К. При повышении частоты ультразвука эти аномалии сдвигались в область более высоких температур, что указывало на их релаксационную природу. Для продольной волны, связанной с упругим модулем  $c_{11}$ , наблюдались монотонные зависимости во всем исследованном интервале температур. Полученные данные свидетельствуют о тригональных искажениях ЯТ центра  $Ni^{2+}$  в  $CaF_2$ .

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-32-00432) и ключевого центра превосходства УрФУ “Радиационные и ядерные технологии”.*

1. Bersuker I.B., The Jahn-Teller Effect, Cambridge University Press, U.K. (2006).
2. Bersuker I.B., Gudkov V.V. et al., J. Appl. Phys., 119, 225108 (2016).
3. Averkiev N.S., Bersuker I.B., Gudkov V.V. et al., J. Phys. Soc. Jpn, 86, 114604 (2017).

## ФОТОЭМИССИЯ И РАБОТА ВЫХОДА ПЛЕНОК ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДА НА МЕДНОЙ И КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОНДА КЕЛЬВИНА

Бокизода Д.А.<sup>1\*</sup>, Зацепин А.Ф.<sup>1</sup>, Бунтов Е.А.<sup>1</sup>, Iain Baikie<sup>2</sup>,  
Вяткина С.П.<sup>1</sup>, Китаева Т.Г.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> KP Technology Ltd, Wick, Caithness, United Kingdom

\*E-mail: [bobot92@mail.ru](mailto:bobot92@mail.ru)

## PHOTOEMISSION CHARACTERISTICS AND IN SITU KELVIN PROBE WORK FUNCTION MEASUREMENTS ON FILMS OF LINEAR CHAINED CARBON ON COPPER AND SILICON SUBSTRATES

Boqizoda D.A.<sup>1\*</sup>, Zatsepin A.F.<sup>1</sup>, Buntov E.A.<sup>1</sup>, Iain Baikie<sup>2</sup>,  
Vyatkina S.P.<sup>1</sup>, Kitaeva T.G.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> KP Technology Ltd, Wick, Caithness, United Kingdom

**Abstract.** Line-chain carbon films are a promising broadband material for use in devices; therefore, a deep understanding of the surface electronic structure is important. The Kelvin Probe (KP), Surface Photovoltage / Surface Photovoltage Technology (SPV / SPS), and Ambient Air Emission Spectroscopy (APS) techniques are typically applied to conventional and organic semiconductor materials. In this study, measurements using a combination of KP, SPV / SPS, and APS methods take samples of linear-chain carbon films on copper and curved substrates to study their surface electronic structure and compare their various properties. These methods are non-contact and non-destructive. It was found that the position of the Fermi level of the samples does not change ( $4.83 \pm 0.01$  eV). The measured samples showed a good response to photoemission. Thus, the KP, SPV / SPS and APS measurement methods provided some interesting information about samples of linear-chain carbon films and an initial study of their surface electron states.

Пленки линейно-цепочечного углерода является многообещающим материалом для использования во многих областях, включая наноэлектронные устройства. Поэтому важно глубокое понимание поверхностной атомной и электронной структуры. Методы с зондом Кельвина (KPFM) и фотоэмиссионной спектроскопии (APS) обычно применяются к полупроводниковым материалам. В этом исследовании измерения с использованием комбинации методов KPFM и APS берут образцы синтетических карбиноподобных пленок для исследования их поверхностной электронной структуры. Эти методы являются бесконтактными и неразрушающими. Типы связывания в исследуемой углеродной пленке содержат sp<sup>1</sup>-гибридизацию, характерную для цепных структур. Было обнаружено, что работа выхода электронов (130-156 мэВ) и положение уровня Ферми (4.8 эВ) образцов ЛСС не зависят от толщины пленки и типа подложки.

Целью настоящей работы является совмещение методов силовой микроскопии с зондом Кельвина (KPFM) и фотоэмиссионной спектроскопии (APS) для исследования фотоэмиссии и работу выхода пленок линейно-цепочечного углерода на медной и кремниевой подложках. Учитывается влияние медных и кремниевых подложек и толщины пленок. В качестве системы образцов мы использовали пленки 20 - 400 нм цепей на медных и кремниевых подложках, синтезированные с помощью ионной конденсации в высоком вакууме, где совмещение пучков ионов углерода и аргона обеспечивает рост пленки гексагонально упакованных  $sp^1$ -цепей.

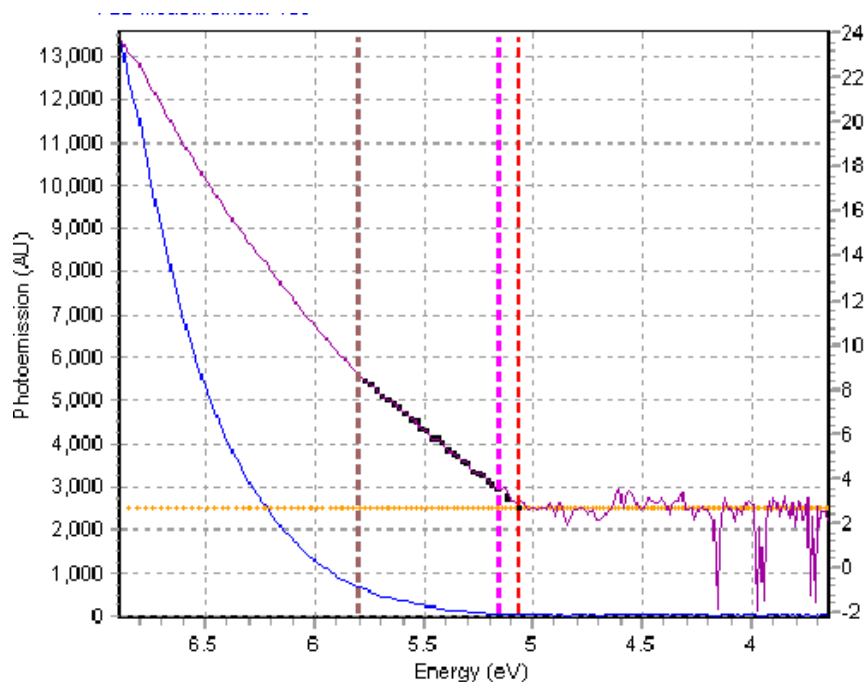


Рис. 1. Измерение фотоэмиссии для образца пленок линейно-цепочечного углерода толщиной 20 нм на медной подложке.

1. J. R. Harwell, T. K. Baikie, I. D. Baikie, J. L. Payne, C. Ni, J. T. S. Irvine, G. A. Turnbull and I. D. W. Samuel, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 18 (29), 19738-19745 (2016).
2. E.A. Buntov et al. *Carbon*, 117, pp. 271-278 (2017).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНО- ЦЕПОЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ И МЕДИ

Бокизода Д.А.<sup>1\*</sup>, Зацепин А.Ф.<sup>1</sup>, Бунтов Е.А.<sup>1</sup>, Гусева М.Б.<sup>2</sup>,  
Парулин Р.А.<sup>1</sup>, Ошева Д.К.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

\*E-mail: [bobot92@mail.ru](mailto:bobot92@mail.ru)

## MODELING OF OPTICAL PROPERTIES OF LINEAR-CHAIN CARBON COATINGS ON SILICON AND COPPER SURFACE

Boqizoda D.A.<sup>1\*</sup>, Zatsepin A.F.<sup>1</sup>, Buntov E.A.<sup>1</sup>, Guseva M.B.<sup>2</sup>,  
Parulin R.A.<sup>1</sup>, Osheva D.K.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The work is aimed to combine the experimental and calculated Raman spectra for the straight and helical carbyne crystal structural model. The influence of (100), (110) and (111) Cu AND Si substrates is taken into account. DFT calculations establish the dependence between chain structure, phonon frequencies and Raman susceptibilities, giving interpretation to experimental Raman bands. As a sample system, we used the 20 – 400 nm films of chains on copper substrate synthesized by ion-assisted condensation in a high vacuum where the flows of carbon and Ar gas ions impinge on the substrate.

Синтез чистого кристалла карбина или длинных изолированных углеродных цепей представляет собой серьезную технологическую проблему из-за нестабильности  $sp^1$ -углерода. По указанным причинам производство макроскопического карбина до сих пор не было продемонстрировано. Одним из возможных путей синтеза является ионная конденсация карбиноподобных линейных  $sp^1$ -углеродных цепей (ЛЦУ), упорядоченных в гексагональной структуре с мецепочечным расстоянием 0,5 нм. ЛЦУ был получен экспериментально и изучен множеством методов [1]. Главная проблема заключается в отсутствии техники быстрой аттестации, подтверждающей структуру нового материала. В то же время метод комбинационного рассеяния способен обнаруживать углеродные цепи и отражает их структурные особенности [2].

Целью настоящей работы является совмещение экспериментального и расчетного спектров комбинационного рассеяния для линейной и винтовой структурной модели кристалла карбина. Учитывается влияние медных и кремниевых подложек с ориентацией (100), (110) и (111). Расчеты методом DFT позволили установить зависимость между структурой углеродных цепей, фоннными частотами и интенсивностью КРС, что обеспечивает возможность интерпретации экспериментальных полос КР. В качестве системы образцов мы

использовали пленки 20 - 400 нм цепей на медной подложке, синтезированные с помощью ионной конденсации в высоком вакууме, где совмещение пучков ионов углерода и аргона обеспечивает рост пленки гексагонально упакованных  $sp^1$ -цепей.

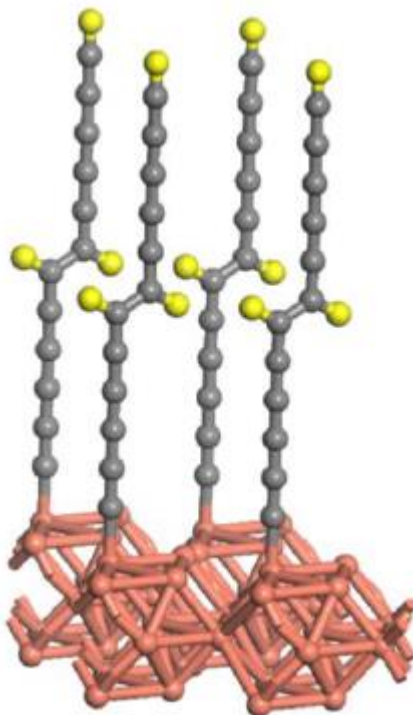


Рис. 1. Упрощенная модель структуры пленки линейно-цепочечного углерода (12 атомов углерода, длинная серая цепь поверх 3 слоев коричневой меди). Возможные примеси водорода показаны желтым цветом.

1. С.Н. Wong et al. Carbon, 114, pp. 106-110 (2017).
2. Е.А. Buntov et al. Carbon, 117, pp. 271-278 (2017).

**ОПТИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В  
УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АНИОН-ДЕФЕКТНЫХ КЕРАМИКАХ  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BeO, ОБЛУЧЕННЫХ ВЫСОКИМИ ДОЗАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ  
ИЗЛУЧЕНИЙ**

Борболин А.Д.\*, Марфин А.Ю., Никифоров С.В., Никифоров А.Ф.

Уральский Федеральный университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.d.borbolin@gmail.com](mailto:a.d.borbolin@gmail.com)

**OPTICALLY INDUCED PROCESSES IN ULTRADISPERSE ANION-  
DEFICIENT Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BeO CERAMICS EXPOSED TO HIGH DOSES OF  
IONIZING RADIATION**

Borbolin A.D.\*, Marfin A.Yu., Nikiforov S.V., Nikiforov A.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The goal of this work is to study optically induced processes in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BeO ceramics exposed to high doses (>10 Gy) of ionizing radiation. Optical exposure causes traps depletion, which decreases the intensity of the thermoluminescence peaks. The dependence of optically stimulated luminescence on the stimulation time is a superposition of two exponential functions.

В настоящее время расширяется область применения радиационных технологий, что актуализирует задачу разработки высокодозных (более 10 Гр) детекторов ионизирующих излучений. Перспективными материалами для высокодозных детекторов являются ультрадисперсные керамики на основе оксидов металлов, обладающие высокой радиационной стойкостью. Ранее было показано, что таким материалом является керамика Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BeO [1]. В работе [1] были изучены термолюминесцентные (ТЛ) свойства таких керамик, а оптически индуцированные процессы в них не исследовались.

Целью работы является изучение оптически индуцированных процессов в керамиках Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BeO, облученных высокими дозами ионизирующего излучения.

Использовались образцы в форме компактов, полученных из наноструктурного порошка Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с размером частиц 75 нм путем холодного одноосного прессования. Высокотемпературный отжиг, требуемый для появления в исходных компактах фазы BeO [1], производился в вакуумной электропечи в присутствии углерода при T=1400 °C в течение 4 часов. Для оптической стимуляции образцы освещались светодиодами с длиной волны 470 нм. ТЛ возбуждалась импульсным электронным пучком (130 кэВ) дозой 15 кГр.

Кривые ТЛ полученных керамик содержат три пика: А (100 °C), В (250 °C), С (450 °C) (скорость нагрева 2 К/с). Пик С, обнаруженный впервые, связан с наличием в керамике глубоких ловушек.

На рисунке 1 представлена ТЛ керамик на основе Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BeO, освещенных после высокодозного облучения светодиодами в течение 1-20 минут. При

оптическом воздействии происходит опустошение ловушек, приводящее к снижению интенсивности пиков А и В. Пик С практически не подвержен оптическому воздействию. Установлено, что опустошению в большей степени подвержена низкотемпературная часть ловушек пика В, что вызывает его смещение в высокотемпературную область с ростом времени освещения.

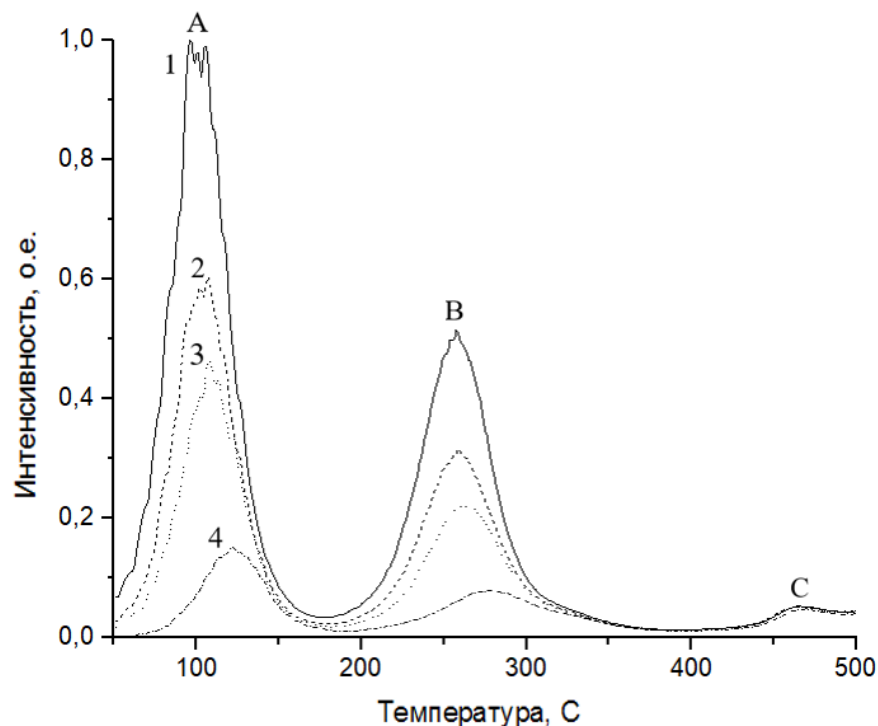


Рис. 1. Кривые ТЛ образцов, освещенных светодиодами в течение 1 минуты (1), 3 минут (2), 5 минут (3) и 20 минут (4)

Обнаружено, что зависимость оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ) от времени стимуляции описывается суперпозицией двух экспоненциальных функций, что подтверждает предположение [1] о наличии в спектре ловушек, ответственных за ТЛ пика В, нескольких компонентов. В работе также обсуждаются перспективы применения керамик  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-BeO}$  в ОСЛ-дозиметрии.

1. S.V. Nikiforov, I.G. Avdyushin et al., Thermoluminescence of new  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-BeO}$  ceramics after exposure to high radiation doses, Applied Radiation and Isotopes, 141 (2018), 15–20



## ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ПРИМЕСНЫМИ АТОМАМИ НА РАСТВОРИМОСТЬ ГАЗОВ В КРИСТАЛЛАХ

Бородин К.И.\*, Волков В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [bkimm@mail.ru](mailto:bkimm@mail.ru)

## INFLUENCE OF INTERACTION BETWEEN IMPURITY ATOMS ON SOLUBILITY OF GASES IN CRYSTALS

Borodin K.I., Volkov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Solubility of gases in crystals is calculated taking into account interaction between impurity atoms. The dependence of solubility on gas pressure for monatomic and diatomic gases is established.

Обычно в расчетах растворимости атомов внедрения в кристаллах пренебрегают их взаимодействием между собой [1]. Однако во многих случаях данное взаимодействие играет определяющую роль: именно оно обуславливает дальнейшее упорядочение в системе межузельные атомы – межузельные вакансии, распад твердых растворов внедрения и т.п. [2]. Поэтому представляет интерес оценка влияния этого взаимодействия на растворимость газов в кристаллах.

В данной работе рассчитана растворимость газа в кристалле с оцк-решеткой. Предполагается, что поглощенные атомы газа занимают октаэдрические и тетраэдрические межузлия. Запишем свободную энергию системы растворитель (кристалл) и донор (газ) в виде

$$F = -u_o N_o - u_T N_T - 2v_1 \frac{N_o^2}{N} - 2v_2 \frac{N_T^2}{N} - 2v_3 \frac{N_o N_T}{N} + \quad (i)$$

$$+ kT \{ N_o \ln N_o + (N - N_o) \ln(N - N_o) + N_T \ln N_T + (2N - N_T) \ln(2N - N_T) \} + F_G,$$

где  $u_o$  и  $u_T$  - взятые со знаком минус энергии внедренных атомов в окта и тетра межузлиях;  $v_1, v_2, v_3$  - энергии взаимодействия растворенных атомов ближайших соседей на окта, тетра и окта-тетра межузлиях, взятые с обратным знаком;  $N$  - число окта межузлий в кристалле;  $N_o, N_T$  - числа внедренных в окта и тетра межузлия атомов газа;  $F_G$  - свободная энергия одноатомного или двухатомного газа (см. [3]).

Равновесные значения  $N_o$  и  $N_T$  находятся из условий экстремальности свободной энергии  $F$  [4]

$$\frac{\partial F}{\partial N_o} = 0, \frac{\partial F}{\partial N_T} = 0 \quad (ii)$$

которые приводят к уравнениям для концентраций внедренных атомов  $c_O = N_O/N$ ,  $c_T = N_T/2N$ . Последние решаются методом итераций по параметру  $\alpha = 4v_1/kT$ .

Определим растворимость  $R$  как концентрацию растворенных атомов по отношению к полному числу междоузлий кристалла

$$R = \frac{N_O + N_T}{3N} = \frac{1}{3}c_O + \frac{2}{3}c_T. \quad (\text{iii})$$

Эффект влияния взаимодействия между примесями проявляется уже в первом порядке по параметру  $\alpha$ , при  $v_3 > 0$  растворимость увеличивается, а при  $v_3 < 0$  - уменьшается.

Анализ полученных уравнений показывает, что за счет взаимодействия поглощенных атомов меняется зависимость растворимости от давления газа  $p$ . Если пренебречь этим взаимодействием, то

$$R = \beta \cdot p^{\frac{1}{\nu}}, \quad (\text{iv})$$

при учете указанного взаимодействия

$$R = \beta \cdot p^{\frac{1}{\nu}} + \gamma \cdot p^{\frac{2}{\nu}}, \quad (\text{v})$$

где  $\beta$  и  $\gamma$  - параметры, причем  $\gamma \sim v_3$ ,  $\nu = 1$  для одноатомного газа и  $\nu = 2$  для двухатомного газа.

Экспериментально установлено, что во многих случаях для растворимости хорошо выполняется закон Сивертса  $R \sim \sqrt{p}$ . Однако имеются случаи отклонения от этого закона. Так растворимость водорода в палладии описывается нелинейной зависимостью от  $\sqrt{p}$  (см. [5], гл.8), что может быть объяснено влиянием взаимодействия между примесными атомами.

1. Матыгина З.А., ФММ, 117, 673 (2016).
2. Смирнов А.А., Теория сплавов внедрения, Наука (1979).
3. Кубо Р., Статистическая механика, Мир (1967).
4. Волков В.А., Машаров Г.С., Машаров С.И., ЖТФ, 74, 31 (2004).
5. Водород в металлах. Прикладные аспекты, Т.2, Мир (1981).

**ПРИПОВЕРХНОСТНЫЙ АВТОЛОКАЛИЗОВАННЫЙ ЭКСИТОН В Li<sub>2</sub>O**Ботов М.А.<sup>1\*</sup>, Кузнецов А.Ю.<sup>1</sup>, Соболев А.Б.<sup>1</sup><sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия\*E-mail: [scibma@gmail.com](mailto:scibma@gmail.com)**NEAR-SURFACE SELF-TRAPPED EXCITON IN Li<sub>2</sub>O**Botov M.A.<sup>1\*</sup>, Kuznetsov A.Yu.<sup>1</sup> Sobolev A.B.<sup>1</sup><sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper is devoted to ab initio (HF, B3LYP) study of self-trapped exciton in subsurface area of lithium oxide. Charging, geometric characteristics and luminescence energy were obtained.

Оксид лития, являясь структурно сравнительно простым материалом, имеет множество областей применений реакторов термоядерного синтеза до производства специальных стекол. Особый интерес представляет моделирование процессов релаксации электронных возбуждений в приповерхностных областях Li<sub>2</sub>O.

В данной работе мы теоретически рассматриваем свойства и оптические характеристики автолокализованного экситона в тонкой пленке оксида лития, отслоенной от идеального кристалла.

Расчеты были выполнены при помощи программного пакета CRYSTAL в рамках приближения Хартри-Фоки и гибридного функционала плотности B3LYP с 30% точного обмена в периодических граничных условиях.

Были получены возмущения решетки и распределения зарядовой плотности для рассматриваемого дефекта, а также была рассчитана энергия люминесценции автолокализованного экситона в Li<sub>2</sub>O

1. Dovesi R, Saunders V.R, Roetti C et al //CRYSTAL09 User's Manual (University of Turino). – (2013)
2. Knox R.S // Theory of excitons. – Solid state physics (Ed. by Seitz and Turnbull, Academic, New York) 5, (1963)

## СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КАТИОН-ДЕФИЦИТНОМ AlN

Чайкин Д.В.<sup>\*</sup>, Спиридонов Д.М., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.

Уральский федеральный университет, НОЦ NANOTECH, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [d.v.chaikin@urfu.ru](mailto:d.v.chaikin@urfu.ru)

## SPECTRAL AND KINETIC PARAMETERS OF THERMOLUMINESCENCE IN CATION-DEFICIENT AlN

Chaikin D.V.<sup>\*</sup>, Spiridonov D.M., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A.

NANOTECH Centre, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Submicron powder of crystalline AlN with cation deficit was studied using spectrally resolved thermoluminescence (SR-TSL) technique. SR-TSL intensity dependences were analyzed in samples after ultraviolet irradiation within 210 – 300 nm and under heating rate variation. Spectral and kinetic parameters of investigated SR-TSL processes were evaluated in frame of the general order kinetics formalism. The origin of observed luminescence response in UV irradiated AlN microcrystals was discussed.

Данная работа посвящена анализу спектральных и кинетических параметров термостимулированной люминесценции (ТСЛ) после воздействия ультрафиолетовым (УФ) излучением в субмикронных гексагональных призмах кристаллического нитрида алюминия с дефицитом в катионной подрешетке. Образцы AlN были синтезированы методом газофазного химического осаждения в ходе одновременной обработки нагретого алюминия газообразными AlF<sub>3</sub> и NH<sub>3</sub>. Полученные кристаллы имеют вюрцитную структуру и размеры от 70 нм до 2 мкм, а также характеризуются дефицитом алюминия с соотношением Al : N = 0.9 : 1. Основными примесями в исследуемых образцах являются кислород (1.6 ат.%) и кремний (0.5 ат.%).

Регистрация спектрально-разрешенной ТСЛ проводилась с использованием спектрометра Perkin Elmer LS55 со специально разработанной высокотемпературной приставкой. Предварительно отожженные образцы облучались в течение 5 мин монохроматическим светом в диапазоне  $\lambda_{\text{exc}} = 210 - 300$  нм с шагом 10 нм. Измерение интенсивности ТСЛ осуществлялось в полосе  $\lambda_{\text{em}} = 425 \pm 10$  нм со скоростью нагрева  $r = 2$  К/с. Кроме того, были измерены температурные зависимости ТСЛ при возбуждении образцов фотонами с  $\lambda_{\text{exc}} = 260$  нм и при варьировании  $r$  в диапазоне 0.2 – 8.0 К/с.

Обнаружено, что максимальный сигнал ТСЛ наблюдается для образцов, облученных при  $\lambda_{\text{exc}} \approx 260$  нм. Для полученных температурных кривых характерен единичный широкий пик в области 310 – 600 К с максимумом  $T_{\text{max}} \approx 345 \pm 5$  К. С увеличением скорости нагрева указанный пик незначительно смещается в область более высоких температур. В частности, при нагреве со скоростью  $r = 8$  К/с максимум регистрируется в области  $T_{\text{max}} \approx 365$  К.

Количественный анализ ТСЛ кривых был выполнен в рамках известного описания кинетических процессов общего порядка. Все зависимости с высокой степенью точности ( $R^2 > 0.999$ ) были аппроксимированы одной компонентой с энергией активации  $E_a = 0.45 - 0.55$  эВ, эффективным частотным фактором  $s'' = 2.9 \times 10^5 - 2.4 \times 10^6$  и порядком кинетики  $b > 2.2$ . Полученные значения находятся в хорошем соответствии с независимыми литературными данными для уровней захвата, образованных азотными вакансиями  $V_N$ . На основе сравнения с результатами для объемных монокристаллов AlN показано, что наблюдаемый ТСЛ сигнал обусловлен излучательными переходами с участием кислород-связанных центров.

### **ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КЕРАМИК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С ПРИМЕСЯМИ МАРГАНЦА ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА В ВАКУУМЕ**

Чуркин В.Ю.\*, Панков В.А., Звонарев С.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [churkinslavatok@rambler.ru](mailto:churkinslavatok@rambler.ru)

### **PHOTOLUMINESCENCE OF ALUMINA CERAMIC DOPED WITH MANGANESE UNDER VACUUM HIGH-TEMPERATURE SINTERING**

Churkin V.Y.\*, Pankov V.A., Zvonarev S.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Ceramics based on aluminum oxide doped with manganese have the luminescence of F-centers and a luminescent band of manganese. A changing of manganese concentration and temperature of vacuum sintering affect the appearance of these centers.

Изменение оптических свойств люминофоров на основе оксида алюминия в результате допирования позволяют применять их в качестве диодов и в различных средствах контроля, в том числе детекторов ионизирующих излучений. В частности, примесь марганца в исходной матрице оксида алюминия приводит к появлению новых полос свечения в спектрах импульсно катодолюминесценции и кривых термолюминесценции. Однако указанные методы не позволяют в полной мере понять природу данных полос. Применение метода фотолюминесценции позволит изучить механизмы свечения, определить тип и структуру дефектов, что даст более комплексную информацию о полосах свечения. В связи с этим целью работы является определение характеристик центров свечения оксида алюминия, с примесями марганца, методом фотолюминесценции (ФЛ).

Для получения керамических образцов из высокочистого (99,5%) коммерческого нанопорошка оксида алюминия создавались компакты массой 220 мг

методом холодного статического прессования под давлением 312 МПа. Компакты имеют низкую механическую прочность, поэтому перед процессом допирования был проведен их термический отжиг при температуре 450 °С в течение 2-х часов. С целью получения примесной керамики полученные образцы пропитывались полчаса в растворе марганца (III) азотнокислого б-вод. чистого. Изменяя количество добавляемой соли в растворе, удалось добиться концентраций марганца в диапазоне 0,001-18.77 масс. %. Далее проводилось спекание в высокотемпературной вакуумной электропечи СНВЭ 9/18 в условиях низкого вакуума ( $1,3 \cdot 10^{-2}$  Па) в течении 2 часов. Температура спекания варьировалась от 1200 до 1700 °С.

Методом ФЛ была произведена оценка оптических свойств исследуемых образцов с помощью спектрометра Perkin Elmer LS-55. Исследование спектров эмиссии проводилось в режиме флюоресценции с фильтрами 290 и 350 нм и возбуждением в полосах 205 и 325 нм. При возбуждении длиной волны 205 нм регистрировался спектр эмиссии в диапазоне от 290 до 550 нм, а при возбуждении длиной волны 325 в диапазоне 350-750 нм.

Спектры ФЛ керамических образцов  $Al_2O_3:Mn$  после возбуждения длиной волны 205 нм показали, что существуют полосы люминесценции с максимумами при 400, 420, 455, 480 и 525 нм, соответствующие F-центрам свечения алюминия [1]. В полосе возбуждения 325 нм проявляются центры свечения марганца (676 нм) [2], а интенсивность люминесценции собственных центров оксида алюминия снижается. С увеличением температуры спекания от 1500 °С до 1700 °С интенсивность ФЛ всех центров растет. Для образцов, спеченных при температуре 1700 °С, рост концентрации марганца приводит к снижению люминесценции F-центров. Также стоит отметить, что для образцов с минимальной концентрацией марганца (0,001 масс. %) при температурах спекания 1600 °С и 1700 °С и полосе возбуждения 325 нм появляется ярко выраженное «плато» в диапазоне 550-660 нм.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).*

1. A.I. Kostyukov. Optical Materials, 75, 757–763 (2018).
2. J. Barzowska. The Royal Society of Chemistry, 7, 275–284 (2017).

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР GaP/Si ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Девицкий О.В.<sup>1\*</sup>, Сысоев И.А.<sup>2</sup>, Осипян В.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Северо-кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

\*E-mail: [v2517@rambler.ru](mailto:v2517@rambler.ru)

## OBTAINING AND RESEARCH OF HETEROSTRUCTURES GaP/Si FOR PHOTOELECTRIC CONVERTERS

Devitsky O.V.<sup>1</sup>, Sysoyev I.A.<sup>2</sup>, Osipyanyan V.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Annotation. Heterostructures GaP/Si for photoelectric converters operating in a wide range of lengths are obtained by the method of pulsed laser sputtering and their structural properties are investigated. Using the AFORS-HET software, the electrical properties of n-GaP/p-Si solar cells were simulated, and the optimum thickness and doping level of the n-GaP layer was established.

Создание высокоэффективных солнечных элементов на основе соединений  $A^3B^5$ , выращенных на дешевых кремниевых подложках, является одной из приоритетных задач современной фотовольтаики [1]. Приближение к предельным характеристикам таких солнечных элементов возможно при получении гетероструктур с слоями соединений  $A^3B^5$  на Si, используемыми в качестве активной области с высокой фоточувствительностью.

Гетероструктуры GaP/Si были получены методом импульсного лазерного излучения. Процесс напыления осуществлялся путем распыления мишени n-GaP на подложку монокристаллического p-Si марки КДБ 12 ориентации (100) толщиной 380 мкм лазерным излучением второй гармоники АYG: Nd<sup>3+</sup>-лазера в вакуумной камере. Энергия лазерного импульса составляла 110 мДж при длительности импульса в 15 нс и частоте повторения импульсов 25 Гц. Температура подложки при напылении составляла 300°C. Очистка поверхности кремниевых подложек от органических загрязнений проводилась в смеси изопропанола и ацетона в ультразвуковой ванне [2], непосредственно перед напылением подложки подвергались пассивации 5% раствором плавиковой кислоты.

Численное моделирование электрических свойств гетероструктур p-GaP/n-Si было выполнено с использованием программного обеспечения AFORS-HET. В результате моделирования при толщине слоя n-GaP в 200 нм и степени легирования в  $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  значение плотности тока короткого замыкания  $J_{sc}$  составило 30 мА/см<sup>2</sup> при напряжении холостого хода в 0.75 В и коэффициенте заполнения FF равному 75 %. Величина максимума внешнего квантового выхода находится в диапазоне 300-1400 нм за счет поглощения в кремнии. Электрические характеристики экспериментального солнечного элемента на основе

гетероструктуры p-GaP/n-Si незначительно превысили расчетные значения: плотность тока короткого замыкания  $J_{sc}$  35 мА/см<sup>2</sup>, напряжение холостого хода в 0.78 В, коэффициент заполнения FF равен 71 %. Эффективность изготовленного фотоэлектрического преобразователя достигает 19.38 %.

1. Л.С. Лунин. Наногетероструктуры AlInGaPAs/GaAs/Si для фотоэлектрических преобразователей, полученные методом импульсного лазерного напыления / М.Л. Лунина, А.Е. Казакова, А.С. Пашенко, Д.Л. Алфимова, Д.А. Арустамян // Письма в журнал технической физики. – 2018. – № 24 (44). – С. 75–80.
2. L.S. Lunin. Pulsed laser deposition of Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As and GaP thin films onto Si substrates for photoelectric converters / Лунина М.Л., Казакова А.Е., Пашенко А.С., Алфимова Д.Л., Арустамян Д.А. // Semiconductors. – 2017. – № 3 (51). – С. 387–391.

## НОВЫЙ ЦЕНТР ЭПР В ПРОЗРАЧНОЙ НАНОКЕРАМИКЕ MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Дутов В.А.<sup>1</sup>, Киряков А.Н.<sup>1</sup>, Зацепин А.Ф.<sup>1</sup>, Байтимиров Д.Р.<sup>1</sup>,  
Дьячкова Т.В.<sup>2</sup>, Вагапов А.Ш.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [silver.beats@inbox.ru](mailto:silver.beats@inbox.ru)

## NEW ESR CENTERS OF TRANSPARENT NANOSERAMIC MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Dutov V.A.<sup>1</sup>, Kiryakov A.N.<sup>1</sup>, Zatsepin A.F.<sup>1</sup>, Bajtimirov D.R.<sup>1</sup>,  
Dyachkova T.V.<sup>2</sup>, Vagapov A.Sh.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Solid State Chemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The ESR spectra of nanoceramics MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> synthesized by the method of thermobaric treatment at different pressures were obtained. In all samples, a wide ESR signal associated with the centers in the initial nanopowder is observed. An increase in pressure leads to the formation of resonance absorption in a field of 3500 Gauss, due to the presence of F<sup>+</sup> centers in the sample. The intensity of the specified signal increases with increasing applied pressure. A new ESR signal in a field 3590 Gauss in the samples obtained at 10 GPa was detected. The specified EPR signal presumably associated with the quenching of the orthorhombic phase.

Керамики алюмомагниево-шпинели являются перспективными функциональными материалами. Недавние исследования прозрачных нанокерамик МАШ показали возможность использования их в качестве чувствительного ТСЭЭ материала для детектирования воздействия ускоренных электронов [1]. Одной из причин высокого сигнала ТСЭЭ является наличие анионных вакансий способных локализовать электрон (F и F<sup>+</sup> центры). Известно, что метод ЭПР чувствителен к примесным, а также F<sup>+</sup> центрам в монокристаллической шпинели ввиду



наличия в них неспаренных электронов [2]. Целью работы заключается в исследовании спектров ЭПР нанокерамик, полученных при разных давлениях.

Исходный нанопорошок, полученный методом осаждения из раствора при контролируемом рН, размещался в графитовых тиглях диаметром 4мм. Между нанопорошком и тиглем ставили платиновую фольгу для устранения взаимодействия между графитом и материалом. Графитовый тигель с образцом помещали в специальную изложницу из литографского камня. Термобарическая обработка (ТБО) выполнялась в камере типа тороид [3] при температуре 600 °С, времени синтеза 15 мин и давлении от 2 до 10 ГПа с шагом в 2 ГПа. Спектры ЭПР получены на спектрометре ELEXSYS 580 (Bruker) с резонансной частотой 9.84 ГГц. Диапазон регистрации ЭПР составлял от 3100 до 3900 Гаусс.

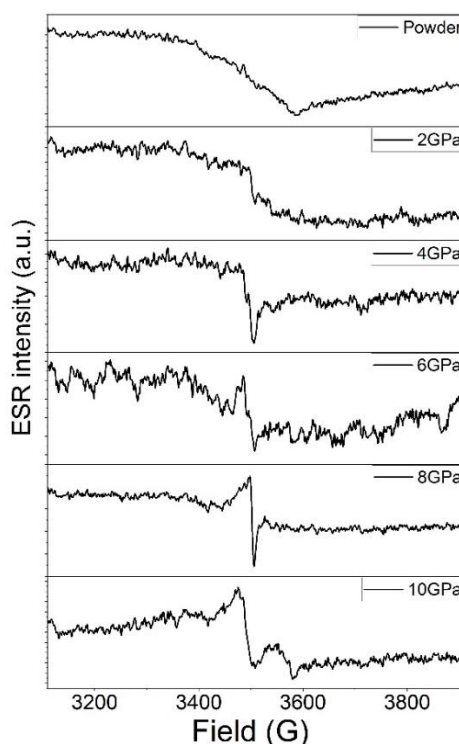


Рис. 1. Спектры ЭПР исходного порошка и нанокерамик, полученных при различном давлении, нормированные на массу образцов

Как видно из рисунка 1 в спектрах ЭПР исходного порошка наблюдается широкий сигнал, который не зависит от давления и регистрируется во всех образцах (разница в нулевой линии между началом и концом спектров). При приложении давления в образцах наблюдается рост поглощения в поле 3500 гаусс. Указанная полоса характерна для  $F^+$  центров в монокристаллической  $MgAl_2O_4$  [2]. Наличие указанной полосы в образцах, полученных при термобарической обработке (ТБО) объясняется образованием дополнительных дефектов на границах зерен в связи с пластической деформацией. Для образца, полученного при 10 ГПа в спектре ЭПР регистрируется дополнительная полоса поглощения в поле 3590 гаусс. Известно, что высокие давления могут приводить к изменению пространственной группы шпинели с  $Fd3m$  (кубической) на  $P6am$

(орторомбической) [4]. С указанными выше изменениями мы связываем наблюдаемую новую полосу поглощения в поле 3590 гаусс.

Таким образом показано, что в спектрах ЭПР нанокерамик алюмомагниевого шпинели регистрируется поглощение  $F^+$  центров. Дополнительный сигнал в спектре ЭПР может быть обусловлен изменением кристаллической структуры с кубической на орторомбическую.

1. Kiryakov A. N. et al., AIP Conference Proceedings., 2015, 020039 (2018).
2. Ibarra A. et al., Journal of nuclear materials., 336, 156 (2005).
3. Kiryakov A. N. et al., IOP Conf. Ser.: Mat. Sci. and Engin., 443, 012014 (2018).
4. Enomoto A. et al., Journal of Solid State Chemistry., 182, 389 (2009).

## **ЭВОЛЮЦИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК $LiNbO_3$ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА**

Дыбов В.А.<sup>1\*</sup>, Сериков Д.В.<sup>1</sup>, Сумец М.П.<sup>2</sup>, Рыжкова Г.С.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

<sup>2)</sup> Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [dybovvlad@gmail.com](mailto:dybovvlad@gmail.com)

## **EVOLUTION OF THE PHASE COMPOSITION AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS $LiNbO_3$ FILMS IN THERMAL ANNEALING PROCESS**

Dybov V.A.<sup>1\*</sup>, Serikov D.V.<sup>1</sup>, Sumets M.P.<sup>2</sup>, Ryzhkova G.S.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

<sup>2)</sup> Voronezh State University, Voronezh, Russia

In this work, the change in the phase composition and the change in the electrical characteristics during the heat treatment of the films obtained in the process of high-frequency magnetron sputtering of a single-crystal  $LiNbO_3$  target are investigated. It was established that the initial films have an amorphous structure, at a temperature of 400°C, the onset of crystallization is observed with the formation of a polycrystalline film of the composition  $LiNbO_3$ . From the analysis of electrical properties, it follows that amorphous  $LiNbO_3$  films contain an embedded positive charge, the effective density of which varies during annealing and reaches a minimum at an annealing temperature of 450°C, which is apparently determined by the kinetics of oxygen vacancies in the film and corresponds to the onset of its crystallization.

В работе методом рентгеновской дифрактометрии (Bruker D2 Phaser) исследовано изменение фазового состава в процессе термической обработки (термическую обработку проводили в коаксиальной печи при температурах 300-600°C в воздушной среде в течение 1 часа) пленок толщиной около 0,3 мкм, полученных

на поверхности не подогреваемой подложки (001) Si КЭФ 4,5, в процессе высокочастотного магнетронного распыления (удельная мощность магнетрона 15 Вт/см<sup>2</sup>, дистанция от подложки до мишени 8 см, при расположении подложки в стороне от зоны эрозии мишени) монокристаллической мишени LiNbO<sub>3</sub> в среде Ar при давлении в камере 0,75 Па. Электрические свойства полученных гетероструктур исследовали методом высокочастотных (1МГц) вольт-фарадных и вольт-амперных характеристик в интервале температур 100-300К.

Установлено, что исходные пленки, синтезированные на неподогреваемой подложке, имеют аморфную структуру. Начало кристаллизации в процессе термической обработки наблюдается при 400°C, при этом наблюдается формирование кристаллической фазы, соответствующей LiNbO<sub>3</sub> с произвольной ориентацией зерен. Дальнейшее увеличение температуры отжига приводит к росту степени кристалличности, при увеличении температуры до 600°C, наблюдается формирование двухфазной поликристаллической пленки (LiNbO<sub>3</sub> и LiNb<sub>3</sub>O<sub>8</sub>).

Из анализа электрических свойств следует, что аморфные пленки LiNbO<sub>3</sub>, сформированные методом ВЧМР на неподогреваемых подложках Si, содержат встроенный положительный заряд, эффективная плотность которого меняется в процессе отжига и достигает минимума при температуре отжига 450°C что по видимому определяется кинетикой кислородных вакансий в пленке и соответствует началу ее кристаллизации. Минимум эффективной диэлектрической проницаемости также наблюдается при температуре 550°C. Вольт-фарадные характеристики исследуемых гетероструктур Si-LiNbO<sub>3</sub> определяются модуляцией области пространственного заряда приложенным напряжением по обе стороны гетероперехода Si/LiNbO<sub>3</sub>. Исходные аморфные пленки LiNbO<sub>3</sub> содержат донорные центры с концентрацией порядка  $1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  и распределенные равномерно по толщине пленки.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00836.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ УВЛАЖНЕННОСТИ НА ВЛАГОПЕРЕНОС С ПОВЕРХНОСТИ ЛЬДА В МЕРЗЛОМ ГРУНТЕ

Егочина В.И.\*, Копосов Г.Д., Тягунин А.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
Архангельск, Россия

\*E-mail: [egochina.vi@mail.ru](mailto:egochina.vi@mail.ru)

## THE RESEARCH OF THE PRE-WETTING EFFECT ON THE MOISTURE TRANSITION FROM THE SURFACE OF THE ICE IN THE FROZEN GROUND

Egochina V.I.\*, Kopusov G.D., Tyagunin A.V.

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

Annotation. In the study of moisture transfer from the surface of the ice into the sample of pre-moistened sand in the "ice on top" position, the process of drying the sample was detected. The explanation of this fact is connected with the independence of the moisture content of the distribution of the flow of the passing moisture from the depth of the moisture layer. When humidity at a depth becomes greater than the equilibrium distribution, a reverse flow of moisture occurs.

При исследованиях влагопереноса было установлено, что временная динамика влагоперехода включает в себя 2 этапа [1]. Первый этап заключается в смачивании гранул сухой дисперсной среды. Для данного этапа получено математическое уравнение, описывающее процесс [2]:  $\Delta m = m_{np}(1 - e^{-\lambda t})$ , где  $\Delta m_{np}$  – предельное значение массы связанной воды, покрывающей равномерно гранулы дисперсной среды;  $\lambda$  – показатель интенсивности влагопоглощения грунта, связан с коэффициентами поверхностного натяжения на границах гранула – вода, вода – воздух и вода – лед, (1/час);  $\Delta m$  – изменение массы воды, перешедшей в дисперсную среду,  $t$  – время. На втором этапе перенос влаги происходит по пленке незамерзшей воды [3]. Движущей силой на данном этапе выступают градиент концентрации и гравитационное действие.

Естественно было предположить, что при предварительном увлажнении до влажности, соответствующей предельному значению влажности, можно исключить первый этап и сразу подключать второй этап.

Эксперимент базировался на весовой методике. Предварительно увлажненный образец песка помещался в чашу Петри высотой слоя примерно 9 мм, сутки выдерживался в морозильной камере при температуре - 10 °С с автоматическим поддержанием температуры. Через сутки на образец помещался ледяной цилиндр, изготовленный заранее и выдержанный в течении суток при той же температуре, и эксперимент начинался. Ежедневно измерялось приращение массы образца.

Временная динамика изменения массы образца представлена на рис. 1. При влажностях 4 и 8% наблюдается постоянный прирост массы образца с течением времени. Отличием при данных влажностях является лишь скорость проникновения влаги с поверхности льда в образец. Неожиданным было снижение массы увлажненного песка при 2% влажности. Это означает, что движение влаги происходило из глубины образца на поверхность ледяной пластины. На наш взгляд [4], необычность поведения связана с тем, что перенос влаги осуществляется в большей степени в парообразном состоянии, произошла конденсация пара и процесс выделения энергии достаточной для появления градиента температуры вдоль всего образца. Это привело к тому, что масса образца стала убывать в результате градиентной сушки.

Но возникла проблема, при увлажнении изначально сухого образца влагоперенос осуществляется по среде. В последующих экспериментах предстоит определить переходы влажности, при которых наблюдается смена направления перехода влаги со льда в образец дисперсной среды.

1. Булыгина А.В., Копосов Г.Д., Тягунин А.В. Физический вестник Института естественных наук и технологий САФУ, № 13, 32 (2014)
2. Егочина В.И., Тягунин А.В., Копосов Г.Д. Физический вестник Института естественных наук и технологий САФУ, № 14, 19 (2015)
3. Ершов Э.Д. Общая геокриология, МГУ (2002)
4. Егочина В.И., Копосов Г.Д., Тягунин А.В. Конденсированные среды и межфазные границы, т. 20, №4, 587 (2018)

## ЭВОЛЮЦИЯ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ И ИОННЫМ ПУЧКОМ В МОНОКРИСТАЛЛАХ НИОБАТА БАРИЯ-СТРОНЦИЯ

Федоровых В.В. \*, Шихова В.А., Чезганов Д.С., Власов Е.О.,  
Чувакова М.А., Зеленовский П.С., Шур В.Я.

Институт Естественных Наук и Математики, Уральский федеральный университет,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vyacheslav.fedorovyh@mail.ru](mailto:vyacheslav.fedorovyh@mail.ru)

## EVOLUTION OF THE DOMAIN STRUCTURE BY ELECTRON AND ION BEAM IRRADIATION IN STRONTIUM BARIUM NIOBATE SINGLE CRYSTALS

Fedorovykh V.V. \*, Shikhova V.A., Chezganov D.S., Vlasov E.O.,  
Chuvakova M.A., Zelenovskiy P.S., Shur V.Ya.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The formation of a domain structure after irradiation the polar surface of the single crystals of relaxor ferroelectric strontium barium niobate ( $\text{Sr}_{0.61}\text{Ba}_{0.39}\text{Nb}_2\text{O}_6$ ) by electron and ion beams has been studied experimentally.

Ниобат бария-стронция  $\text{Sr}_{0.61}\text{Ba}_{0.39}\text{Nb}_2\text{O}_6$  (SBN61) является релаксорным сегнетоэлектриком, обладающим нанодоменной структурой в исходном состоянии [1]. Создание регулярной доменной структуры в кристаллах SBN61 позволит создавать преобразователи частоты оптического излучения [2].

Нами было исследовано эволюция доменных структур различной геометрии в результате облучения полярной поверхности монокристаллов SBN61 сфокусированным электронным и ионным пучками. Перед измерениями образцы были термически деполаризованы медленным нагревом (со скоростью 2 °С/мин) до 200 °С и охлаждением без приложения электрического поля. Облучения было проведено при комнатной температуре, которая ниже температуры замерзания для этого состава.

Облучение проводилось при помощи сканирующего электронного микроскопа Auriga Crossbeam (Carl Zeiss) с системой электронно-лучевой литографии Elphy Multibeam (Raith). Применялись различные способы облучения: (1) точечное облучение, изолированные точки (расстояние между точками не менее 100 мкм); (2) точечное облучение, матрицы из точек 5×5 (расстояние между точками 7 мкм и 15 мкм); (3) полосовое облучение, регулярные полосы с периодом 7 мкм. Доменная структура на поверхности кристаллов визуализировалась методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО).

В результате точечного облучения формировались изолированные домены круглой формы (Рис. 1 а), площадь которых линейно увеличивалась с ростом дозы облучения, в то время как в матрице наблюдалось замедление роста

доменов и насыщение переключенной площади при дозах больше 15 пКл (Рис. 1 б). Полосовое облучение приводило к формированию полосовых доменов, ширина которых линейно увеличивалась с ростом дозы облучения и выходила на насыщение при дозах больше 300 мкКл/см<sup>2</sup> (Рис. 1 в).

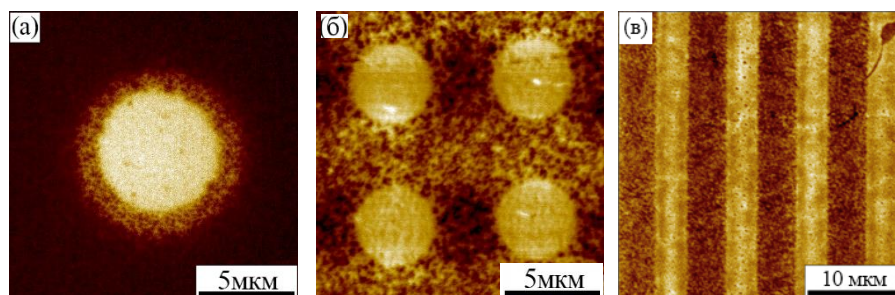


Рис. 1. СМПО изображения доменных структур после: (а) точечного (изолированные точки), (б) точечного (в матрице) и (в) полосового облучения электронным пучком.

Доза облучения: (а-б) 21 пКл, (в) 300 мкКл/см<sup>2</sup>.

*Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» ИЕНиМ УрФУ при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-02-00821-а).*

1. J. Dec, V. V. Shvartsman, et al., Appl. Phys. Lett. 89, 212901 (2006).
2. J. J. Romero, C. Arago, et al., J. Appl. Phys. 93, 3111 (2003).

## MAGNETIC PROPERTIES OF SOFT MAGNETIC COBALT-BASED ALLOY HEAT TREATED IN PRESENCE OF INDIUM VAPORS

Feshchenko A.A.<sup>1\*</sup>, Mikhalitsyna E.A.<sup>1</sup>, Kulesh N.A.<sup>1</sup>,  
Neznakhin D.S.<sup>1</sup>, Stepanova E.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [asynikname@mail.ru](mailto:asynikname@mail.ru)

The effect of the indium presence on the magnetic properties of soft magnetic cobalt-based alloy during heat treatment (HT) was studied. It was shown that changes in magnetic characteristics were largely due to the impact mechanism of HT. The presence of indium vapors during HT increased the maximum magnetic permeability and changed magneto-optical hysteresis loops.

Аморфные быстрозакаленные сплавы представляют большой интерес среди магнитомягких материалов. Они обладают уникальными физическими свойствами. Для модификации поверхности и, соответственно, вариации магнитных свойств ленты подвергают различным обработкам [1]. Настоящая работа посвящена исследованию магнитных свойств лент, прошедших термическую обработку (далее ТО) в присутствии паров индия.

Исследования проводились на образцах состава  $\text{CoBSiNiFe}$  с  $\lambda > 0$  в форме лент размерами  $120 \times 10 \times 0,025$  мм ( $T_c = 250$  °С,  $T_{кр} = 530$  °С). Все образцы были запаяны в термостойкие трубки с кусочком индия или без него. Отжиг проводили в муфельной печи при  $300$  °С, скорость нагрева была  $10$  °С/мин, время изотермической выдержки составило  $240$  минут.

Квазистатические магнитные свойства лент были измерены на измерительно-вычислительном комплексе ММКС-0,5-100. Динамические магнитные свойства лент измерялись на измерительно-вычислительном комплексе УКМП-0.05-100. На магнитооптическом Керр-микроскопе были исследованы оптические петли гистерезиса.

Анализ спектров, полученных на рентгеновском флуоресцентном спектрометре на полном отражении Nanohunter, показал наличие индия на поверхности образцов после ТО в присутствии паров индия.

Показано, что максимальная магнитная проницаемость у контрольного образца (ТО без индия) значительно ниже, чем у образца, отожженного в присутствии индия. Зависимости  $B_r(B_m)$  также различаются. Отличий квазистатических петель гистерезиса контрольного образца и образца, прошедшего ТО в присутствии индия, не обнаружено. Относительное изменение удельных потерь на перемагничивание у образца, прошедшего ТО в присутствии индия выше, чем у контрольного образца при частотах  $400$  и  $1000$  Гц.

Магнитооптические петли гистерезиса для образца в исходном состоянии и двух образцов, прошедших ТО, показаны на рисунке 1. Видно, что вид петель гистерезиса образцов после отжига изменился из-за снятия закалочных напряжений и изменения магнитной анизотропии.

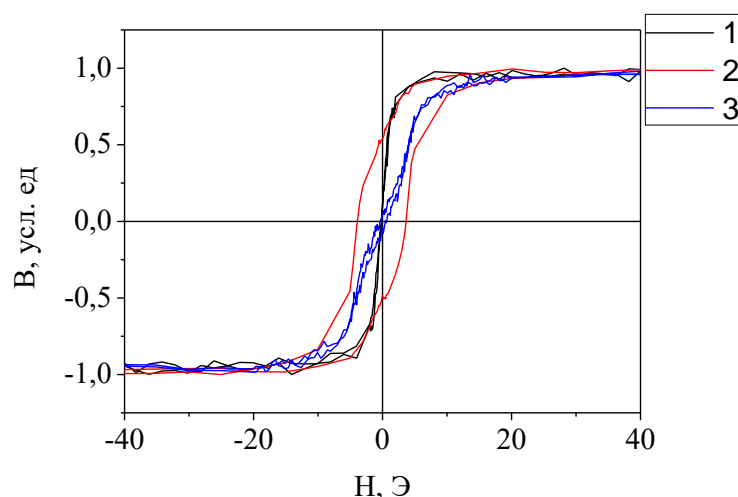


Рис. 1. Магнитооптические петли гистерезиса. 1 – исходное состояние образца; 2 – контрольный образец после проведения ТО  $300$  °С  $240$  минут; 3 – состояние образца после проведения ТО  $300$  °С  $240$  минут в присутствии индия

Исследования показали, что изменение магнитных свойств образцов в результате ТО с индием можно объяснить влиянием термообработки. Наиболее



заметное влияние индия при ТО проявляется на изменении поверхностных магнитных свойств образцов.

1. Скулкина Н. А., Иванов О. А. и др., Физика металлов и металловедение, 112, №. 5, 483 (2011).

## **ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ $ZrO_2$ , ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО ВЧ НАПЫЛЕНИЯ**

Филатов М.С.\*, Стогней О.В., Бочаров А.И.

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

\*E-mail: [36nord36@mail.ru](mailto:36nord36@mail.ru)

## **THERMAL PROPERTIES OF CERAMIC AND NANOCOMPOSITION COATINGS OF $ZrO_2$ OBTAINED BY REACTIVE MAGNETRON RF HARDENING**

Filatov M.S.\*, Stogney O.V., Bocharov A. I.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Annotation. In this work, we studied the influence of the structure of the coatings of  $ZrO_2$  and  $NiO-ZrO_2$  on their thermal properties. It is established that all the studied coatings have low values of thermal conductivity compared with bulk materials.

Одним из важнейших требований к современным термобарьерным покрытиям является снижение теплопроводности. Низкая теплопроводность защитных покрытий должна обеспечивать эффективный барьер против теплового удара при работе конструкционных деталей в условиях постоянного термоциклирования. Материалы с низкой теплопроводностью помогают снижать рабочую температуру детали и в конечном итоге позволяют увеличивать срок ее службы в более агрессивных условиях эксплуатации. В данном разделе представлено исследование тепловых свойств (теплопроводности и температуропроводности) стабилизированного покрытия  $ZrO_2$  и гранулированных нанокомпозитов  $NiO-ZrO_2$ . На рис. 1 показана температурная зависимости теплопроводности и температуропроводности покрытия  $ZrO_2$ .

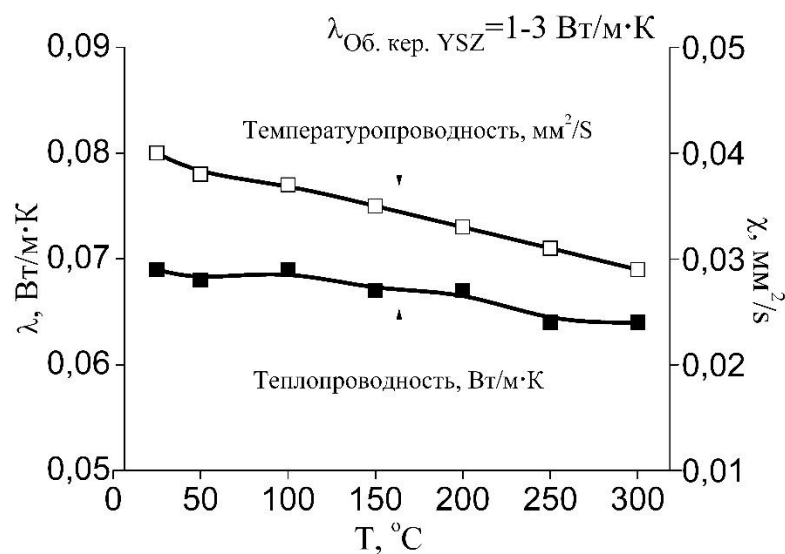


Рис. 1. Температурная зависимость теплопроводности и температуропроводности стабилизированного покрытия  $ZrO_2$

По результатам измерения тепловых характеристик керамического покрытия установлено, что значения теплопроводности ( $\lambda$ ) столбчатого стабилизированного покрытия  $ZrO_2$  слабо зависят от температуры и в интервале значений от 25 °C до 300 °C меняются от 0,068 Вт/м·К до 0,065 Вт/м·К. Для сравнения, теплопроводность объемной керамики  $ZrO_2$  составляет 1-3 Вт/м·К [1]. Предположительно, такие низкие значения  $\lambda$  по сравнению с объемной керамикой, обусловлены наличием большого количества межкристаллитных (в данном случае межстолбчатых) границ, а также наличием других дефектов (вакансии, поры и др.), на которых возможно рассеивание тепловой энергии. В работе [2] отмечается факт, что с уменьшением размеров столбчатых кристаллитов в диоксиде циркония, наблюдается снижение теплопроводности (с 1,84 Вт/м·К до 1,17 Вт/м·К). В данном случае средний размер кристаллитов в керамическом стабилизированном покрытии  $ZrO_2$  составляет всего 20 нм, что положительно сказалось на уменьшении значений теплопроводности. Кроме температурной зависимости теплопроводности, на рис. 1 показана зависимость температуропроводности. Температуропроводность материала характеризует скорость переноса тепла через материал. В случае столбчатого стабилизированного керамического покрытия  $ZrO_2$  значения температуропроводности меняются от 0,04 мм<sup>2</sup>/с до 0,029 мм<sup>2</sup>/с в зависимости от температуры.

*Работа выполнена при поддержке гранта 19-42-363008 p\_мол\_a*

1. R. Nicholls, K. Lawson, A. Johnstone, D. Rickerby, Surface and Coatings Technology, 151 (2002).
2. Byung-Koog Jang, Jiangang Sun, Seongwon Kim, Yoon-Suk Oh, Sung-Min Lee, Hyung-Tae Kim, Surface & Coatings Technology, 284 (2015).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СПЕКТРОСКОПИИ ЯМР ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО СТРОЕНИЯ МОНОНИТРИДА УРАНА

Гермов А.Ю.<sup>1\*</sup>, Оглобличев В.В.<sup>1</sup>, Потапов А.М.<sup>2</sup>, Верховский С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения РАН,  
Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения РАН,  
Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [germov@imp.uran.ru](mailto:germov@imp.uran.ru)

## RESULTS AND PERSPECTIVES OF NMR SPECTROSCOPY IN THE STUDY OF THE ELECTRONIC STRUCTURE OF URANIUM MONONITRIDE

Germov A.Yu.<sup>1\*</sup>, Ogloblichev V. V.<sup>1</sup>, Potapov A.M.<sup>2</sup>, Verkhovskii S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of High-Temperature electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

At this study the  $^{14}\text{N}$  NMR spectra and nuclear spin-lattice relaxation have been measured in uranium monoxide at the temperature region from 84 K to 375 K. The data evidence in favor of the 5f-shell electrons of uranium is localized with the energy of spin fluctuations. The spin fluctuation energies,  $\Gamma_{\text{nmr}}(T) \propto T^{0.54 \pm 0.02}$ , are close to the dependence  $\Gamma(T) \propto T^{0.5}$  of concentrated Kondo systems above the temperature of formation of the coherent state.

Нитрид урана – соединение, представляющее интерес для различных отраслей энергетики, так как является сравнительно простой магнитной системой, на примере которой могут быть исследованы фундаментальные проблемы физики сильно коррелированных электронных систем. Фундаментальный вопрос заключается в применимости моделей локализованных или коллективизированных электронов для описания магнетизма в UN [1,2]. Свойства соединений актинидов существенно зависят от степени локализации 5f-электронов, которую принято характеризовать предложенным в 1970 г. критерием Хилла [3], определяемым отношением среднего радиуса 5f-оболочки атома актинидов к половине расстояния между ближайшими атомами.

Метод ЯМР, являющийся локальным, до сих пор не был использован в полной мере для изучения свойств мононитрида урана. Ранее, применение ЯМР ограничивалось записью резонансных спектров на изотопах  $^{14}\text{N}$  [4] и  $^{15}\text{N}$  [5], при этом не проводились систематические измерения релаксационных характеристик ядерных моментов.

В данной работе, в мононитриде урана зарегистрированы спектры ЯМР  $^{14}\text{N}$  и измерена скорость ядерной спин-решеточной релаксации в интервале температур от 84 до 375 К. Данные свидетельствуют в пользу локализованного характера

электронов  $5f$ -оболочки урана с энергией спиновых флуктуаций  $\Gamma_{\text{nmr}}(T) \propto T^{0.54 \pm 0.02}$ , близкой к зависимости  $\Gamma(T) \propto T^{0.5}$ , характерной для концентрированных систем Кондо выше температуры формирования когерентного состояния [6,7]. Однако, необходимы ЯМР исследования в более широком температурном диапазоне, чтобы получить прямые свидетельства о степени локализации  $f$ -электронов в UN.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10022).*

1. R. Troć, Pnictides and chalcogenides III (Actinide mononictides), ed. by H. P. J. Wijn, Landolt-Börnstein, New Series, Group III, Vol. 27 Springer-Verlag, Berlin (2006).
2. А.З. Солонцов, В.П. Силин, Физика и металлов и металловедение, 97 (2004).
3. Н. Н. Hill, in Plutonium and Other Actinides, ed. by W. N. Miner, AIME, New York, p. 2 (1970)
4. M. Kuznietz, Phys. Rev. 180, 476 (1969).
5. M. Kuznietz and D.O. van Ostenburg, Physical Review B, 2, 3453 (1970).
6. D. L. Cox, N.E. Bickers, and J.W. Wilkins, J. Appl. Phys., 57, 3166 (1985).
7. В.В. Оглобличев и др., Письма в ЖЭТФ **108**, 650 (2018).

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕКТРЕТНЫХ СВОЙСТВ ПЕНОПОЛИЭТИЛЕНА ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ВВЕДЕНИЯ В СОСТАВ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ**

Гильманов И.Р.\*, Гильманова А.Р., Галиханов М.Ф.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия

\*E-mail: [gilmanov\\_iskander@mail.ru](mailto:gilmanov_iskander@mail.ru)

## **INTERRELATION OF ELECTRET PROPERTIES OF POLYETHYLENE FOAM FROM THE PRODUCTION TECHNIQUE AND ADDITION OF A FINELY DISPERSED FILLER**

Gilmanov I.R.\*, Gilmanova A.R., Galikhanov M.F.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

In this work we research the interdependence of electret properties of polyethylene foam from the production process and addition of a finely dispersed filler – carbon black

Электреты составляют особый класс материалов, являющихся источником постоянного электрического поля [1]. В последнее время наблюдается тенденция изготовления электретов на основе газонаполненных полимерных материалов, в частности, пенополиэтилена [2-3]. Рациональнее всего получать пенополиэтилен, совмещая в одном технологическом цикле процессы сшивания и вспенивания. Также, сочетая полимеры с наполнителями, мы можем получать материалы с новыми эксплуатационными свойствами.

Целью данной работы явилось нахождение взаимосвязи электретных свойств пенополиэтилена от способа его получения и содержания наполнителя.

Электретные характеристики химически-сшитого пенополиэтилена (ХППЭ) с содержанием сажи, ХППЭ без наполнителя и несшитого пенополиэтилена (НППЭ) отличаются. Так, значения эффективной поверхностной плотности зарядов составляют 1.42 мкКл/м<sup>2</sup>, 1.13 мкКл/м<sup>2</sup> и 0.87 мкКл/м<sup>2</sup>, напряженности электрического поля – 159.6 кВ/м, 129.7 кВ/м, 97.9 кВ/м, потенциала поверхности 2,61 кВ, 2,12 кВ и 1,26 кВ соответственно.

Изучение структуры материалов методом оптической микроскопии показало, что по сравнению с ХППЭ, НППЭ обладает бóльшим средним размером газовых ячеек (табл. 1).

Табл. 1. Средние размеры ячеек НППЭ и ХППЭ различного состава

№	Образец	Средний размер ячеек, мм
1	НППЭ	1,67
2	ХППЭ	0,84
3	ХППЭ + сажа	0,73

В работе также проанализированы изменения, происходящие с электретными свойствами материалов при наложении динамической нагрузки.

Взаимосвязь между улучшением электретных характеристик вспененного полиэтилена при сшивании и введении наполнителя обусловлена следующими причинами. Во-первых, увеличивается общая площадь границы раздела фаз «полимер-наполнитель», выступающая источником энергетически глубоких ловушек инжектированных носителей заряда, во-вторых – химическая сшивка и введение наполнителя увеличивают вязкость системы, что затормаживает релаксационные процессы в диэлектрике.

1. Kestelman V.N., Pinchuk L.S., Goldade V.A. Electrets in Engineering: Fundamentals and Applications, – Boston–Dordrecht–London: Kluwer Acad. Publ., (2000). – 281 p.
2. Lou K., Cao G., You Q., Zhang X. Applied Mechanics and Materials Vols. 117-119 (2012). pp 1235-1238.
3. Gilmanov I.R., Galikhanov M.F., Gilmanova A.R. AIP Conference Proceedings. (2017). V/ 1886. – 020079.

## INFLUENCE OF ELECTRET EFFECT ON FILTER AND DIVIDING CAPABILITIES OF POLYMER NONWOVENE MATERIALS

Gilfanova S.V., Galeeva L.R., Galikhanov M.F.

Kazan national research technological university, Kazan, Russia

\*E-mail: [svetlana-volkova-1994@mail.ru](mailto:svetlana-volkova-1994@mail.ru)

**Annotation.** The effect of the corona discharge on the sorption properties of polymeric nonwoven materials is shown. It was found that imparting the electret state to samples increases the time it takes for the filtrate to pass through the filter, but the quality of the filtrate is better.

Today filters play a big role in society. One of the main elements of the installations is non-woven polymeric webs, unique properties and structure which allow separating liquids from elements of solids. The application scope of such webs is not limited to filtration, it is quite wide, thus, the improvement of their properties is very relevant today.

One of the ways to modify polymeric materials is their transfer to the electret state [1]. The issues of changing the complex of material properties during electret (including filtering), the interaction of the electric field of the electret with the surrounding substances remain unexplained.

The work purpose was to study the filtering and separation ability of nonwoven polymeric webs and electrets based on them. The study objects were non-woven webs «Spunbond» with a density of 17 and 20 g/m<sup>2</sup> (S17 and S20 respectively), electrets based on them (ES17 and ES20) and the filtrate-perfume liquid.

The effectiveness of the webs to ensure the purity of the filtrate was studied in determining the separation capacity of filter materials (Fig. 1a).

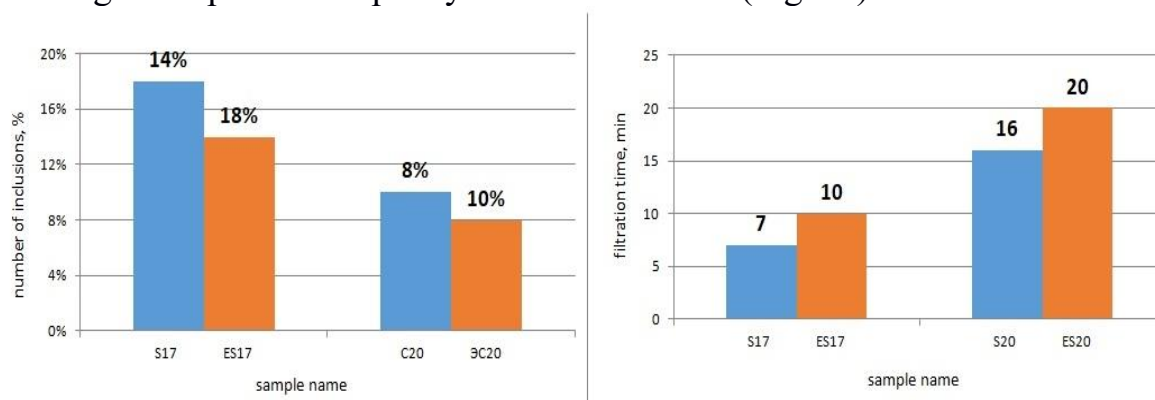


Fig. 1. Results of tests for the determination of separation ability (a) and filtration rate of samples (b).

In Figure 1a you can see that the density of the canvases affects their retention capacity. This is explained by the fact that with the increase of this characteristic the number and length of fibers increases, their tortuosity and the increase in the number of barriers for solid particles.

Giving the electrets state to the samples led to a decrease in the number of particles in the filtrate by an average of 22% compared to the original samples. The deposition of solid particles on charged fibers occurs due to the attraction of neutral particles of inclusions by the forces of charged fibers due to an increase in the electrokinetic potential of the surface of nonwoven polymeric fabrics while imparting an electret state.

At the same time, the filtration time after giving the samples an electrets state increases almost 1,3 times (Fig. 1b). Electrophysical factors have a significant effect when a fluid flows through the pores of the material. A special role is assigned to the action of the electret charge. The polarization charge creates an energy barrier that affects the passage of the filtrate through polymer nonwoven webs [2]. The change in the rate of mass transfer is explained as follows. The diffusion coefficient of dielectric fluids is inversely proportional to the dynamic viscosity. Viscosity increases in the electric field. Hence, the action of the electric field leads to a decrease in the diffusion coefficient.

So, when electretising materials, the filtering time increases by 25% and the purity of the resulting filter increases by 22%.

1. Sessler G.M. Electrets. Third edition in two volumes, Laplacian Press, Morgan Hill (1999).
2. Galikhanov M.F. Unipolar Corona Discharge Effect on Filtering Capacity of Polypropylene Non-Woven Fabrics, Fibre Chemistry (2017).

## **MAGNETIZATION REVERSAL IN GdCo ANTIDOT FILMS WITH PERPENDICULAR ANISOTROPY**

Kulesh N.<sup>1\*</sup>, Bolyachkin A.<sup>1</sup>, Grinina Z.<sup>1,2</sup>, Pushkarev I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [nikita.kulesh@urfu.ru](mailto:nikita.kulesh@urfu.ru)

Influence of nanoscale antidot lattices on magnetization reversal processes in GdCo films with strong perpendicular anisotropy has been investigated. Lattice parameters have been set by choosing substrates prepared by anodizing aluminum foils in appropriate conditions. We have studied the influence of the nanoscale local curvature on magnetization processes by comparing flat antidot films, antidot films with curvature, and continuous films with curvature.

Recently magnetic antidot films have drawn significant attention from both fundamental and applied standpoints. In particular, the precise control over the local magnetization distribution makes antidot lattices promising candidates for magnetic memory applications and spin waves logic elements in magnonics. In this work we consider magnetization reversal processes in GdCo antidot lattice with strong out-of-plane anisotropy taking into account additional curvature features resulting from the synthesis process.

Ta/Gd-Co/Ta films were deposited onto glass (reference sample) or porous alumina substrates by magnetron sputtering. Magnetic field of 200 Oe was applied parallel to the substrate during the deposition. Anodic alumina substrates were synthesized by anodizing aluminum foils of high purity (99.997 %) at 20 °C, constant voltage of 40 V, and 0.3 M oxalic electrolyte (pores size was 75 nm, the interpore distance was 105 nm) [1]. One part of alumina substrates was used as prepared (antidot lattice with natural surface roughness), another part was subjected to mechanical polishing (flat antidot). Also continuous barrier layer of porous alumina layer with natural well-controlled curvature was considered. Magnetization processes were analyzed using vibrating sample magnetometer and Kerr microscope. To analyze and complement the experimental results, micromagnetic modelling using OOMMF software was used.

In-plane hysteresis loops confirmed, that no in-plane anisotropy component was induced during the deposition for all samples. Out-of-plane hysteresis loop measured on the reference sample had a typical square shape with the reduced remanence close to 1.0 and the coercivity of 50 Oe. The strongest increase in coercivity (up to 700 Oe) was observed for polished antidot sample which should have minimal curvature. Hysteresis loop retained large remanence around 0.95 but showed a broad switching field distribution. Coercivity enhancement for antidot sample with natural roughness up to 300 Oe was not as strong, but the loop acquired significant slope and had remanence dropped to 0.09. Continuous film with nanoscale curvature had hysteresis loop similar to the polished antidot sample, but the coercivity was only 100 Oe. Micromagnetic modelling performed for flat antidot geometry demonstrated the increase of coercivity with up to 4 times the coercivity of the continuous film for ratio of diameter and interpore distance close to 1. The presence of the nanoscale curvature leads to the tilting of the local anisotropy axes and increases the contribution of the magnetization rotation. In conclusion, we demonstrated the importance of the nanoscale curvature for magnetization reversal and hysteresis properties of magnetic antidot lattices with strong perpendicular anisotropy. The strongest coercivity enhancement can be expected for antidot lattice with diameter/distance ratio close to 1.

*This work was supported by the President of Russian Federation grant for young scientists (Contract 14.Y30.18.1891-MK).*

1. Lee W., Park S.-J., Chem Rev., 114(15), 7487 (2014).



## INFLUENCE OF SURFACE-BOUND WATER ON THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF MW– CNTS

Goshev A.A.\*, Eseev M.K.

Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

\*E-mail: [agoshev@hotmail.com](mailto:agoshev@hotmail.com)

Annotation. This report is devoted to the investigation of a dispersed water / multiwalled carbon nanotubes system, from various degrees of humidity. Adsorption electrophysical and calorimetric behavior features of such systems are considered. The studies presented in this paper make it possible to reveal the characteristic behavior features of thin water films on the surface MWCNTs in a wide range of temperatures and frequencies. Particularly significant are the results in the area of phase transitions, which makes it possible to characterize the state of water as a bound state.

Until now many theoretical and experimental investigation has been devoted to the study different properties of disperse systems and composite materials with the CNTs addition. [1–4]. As one of the phases, researchers mainly choose a polymer matrix or liquid crystals. Note that the number of studies related to the dispersed system of CNT / water is much smaller [5] and have basically an eco-biological emphasis [6]. The CNT powder is a dispersed system, where CNT itself acts as the dispersed medium, and water plays the role of a dispersed phase. Due to adsorption of atmospheric moisture under real conditions, CNTs are always covered with a layer of water; this must be taken into account both in research and for the creation of various kinds of microelectronic devices and nanosystem [7]. In this connection, it becomes necessary to investigate the functional properties of such systems in dependence from humidity. As a dispersed medium, CNT series Taunit M were taken. The preparation of specified humidity samples occurred by adsorption of water to CNTs from the gas phase. It was noted that the dependence of humidity on time has a step-like character. Within an hour, humidity reaches 7% and the next 6 hours remains constant. Next, the humidity continues to rise and reaches a maximum of 44%.

The results of measurements electrophysical properties are shown in Figure 1. Both quantitative and qualitative changes in the conductivity of the dispersed system were revealed depending on its moisture content. The temperature range has been determined, where the dependence of the conductivity on the frequency is not typical (see Fig. 1c). In this region, the conductivity has frequency dispersion with a pronounced and slightly temperature-dependent minimum of about  $10^4$  Hz. Also in the work researches of thermophysical properties of CNTs were carried out, which revealed significant differences in the heat capacity of the system as a humidity function. What of the author's opinion is the result of the thin film formation to bound water state on the CNTs surface.

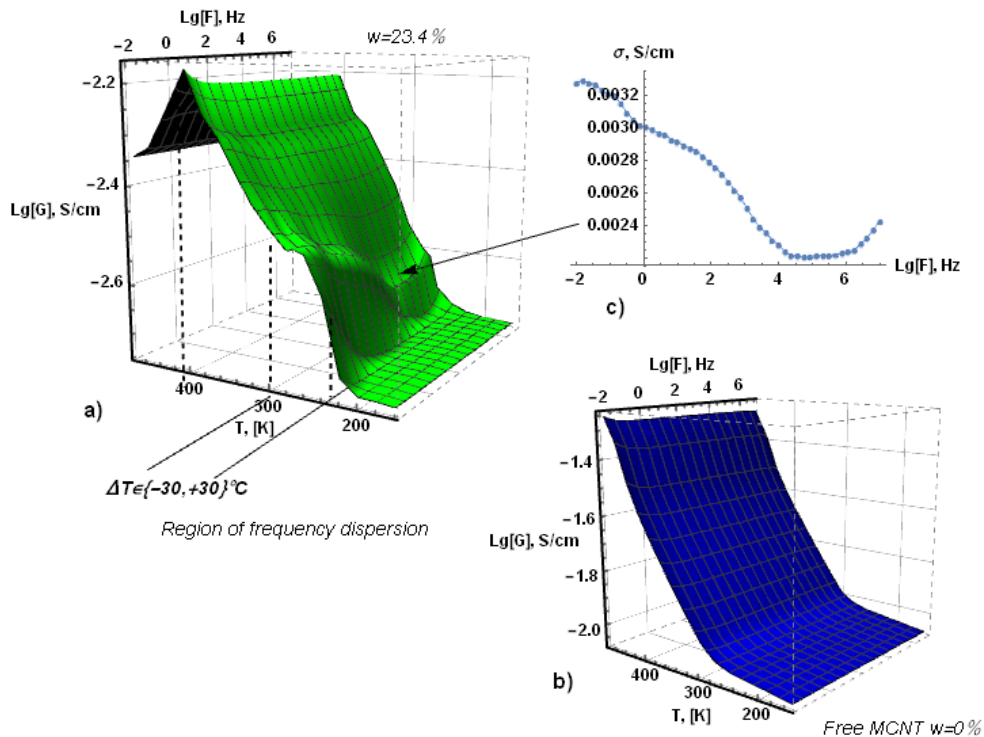


Figure 1. The dependence of the conductivity  $Lg[\sigma]$ , from the frequency of the external field  $Lg[F]$ , at different temperatures for a) MW–CNTs with a moisture content of 23.4%, b) free MW–CNT. The tab c) shows an atypical conductivity behavior at  $T=283^\circ K$ .

1. Eletskaa A , Knizhnik A et al., *Phys. Usp.* 58, 209 (2015).
2. Gong S, Zhu Z et al., *J Apl. Phys.* 116, 194306 (2014).
3. Goshev A , Eseev M., *J. Phys. Conf. Ser.* 917, 092013 (2017).
4. Tomylko S, Yaroshchuk O., *Phys Rew. E* 92, 012502 (2015).
5. Yoshikazu H, Shohei C. et al., *Phys. Rew. Let.* 110, 157402 (2013).
6. Xitong L, Mengshu W. et al., *J. of Env. Sci.* 25, 1263 (2013).
7. Woong K, Ali J. et al., *Nano Let.* 3, 193 (2003).

## ВЛИЯНИЕ ТОПОЛОГИИ МАГНИТНОГО ПОЛИМЕРА НА ЕГО СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА

Гупало М.А., Новак Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [marinakashpyrova@list.ru](mailto:marinakashpyrova@list.ru)

## THE EFFECT OF THE TOPOLOGY OF A MAGNETIC POLYMER ON ITS STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES

Gupalo M.A.<sup>1\*</sup>, Novak E.V.<sup>1</sup>

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, we investigate the dispersions of magnetic polymers by molecular dynamics method. We considered four types of magnetic polymers: chain, ring, X- and Y-structures. We have studied the behavior of the initial magnetic susceptibility and conducted cluster analysis to obtain full information about the structural properties of magnetic polymers in the systems under study.

В настоящее время исследование магнитных полимеров - аналогов полимерных цепей из магнитных наноразмерных частиц, сшитых полимерными молекулами - представляет большой интерес. Согласно недавним исследованиям [1], с помощью магнитных полимеров можно создавать так называемые “умные материалы”, поведение которых контролируется магнитным полем.

Основной целью работы является исследование дисперсии магнитных полимеров, состоящих из монодисперсных частиц сферической формы, одинаковой топологии, а также различных топологий вместе взятых. Предметом исследования являются магнитные полимеры следующих конфигураций: открытая цепочка, замкнутое кольцо и структуры виды “X” и “Y”.

Методами молекулярной динамики в программном пакете ESPResSo [2] нами были проведены компьютерные эксперименты в безразмерных единицах при различных параметрах дипольного момента и концентрации частиц. Мы исследовали поведение начальной магнитной восприимчивости, а также провели кластерный анализ для получения полной информации об образованных структурах в магнитных полимерах.

1. Sánchez et al., Magnetic filament brushes: tuning the properties of a magnetoresponsive supramolecular coating, Faraday Discuss. 186, 241 (2016).
2. H.J. Limbach et al., ESPResSo – an extensible simulation package for research on soft matter systems, Comput. Phys. Commun. 174 (9) (2006).

## ЭЛЕКТРЕТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ ПОЛИЛАКТИДА С МОНТМОРИЛЛОНИТОМ

Камалова Р.И., Минзагирова А.М., Галиханов М.Ф., Спиридонова Р.Р.,  
Гужова А.А., Хайруллин Р.З.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань, Россия

\*E-mail: [alina\\_guzhova@mail.ru](mailto:alina_guzhova@mail.ru)

## ELECTRET PROPERTIES OF POLYLACTIC ACID – MONTMORILLONITE COMPOSITES

Kamalova R.I., Minzagirova A.M., Galikhanov M.F., Spiridonova R.R.,  
Guzhova A.A., Khairullin R.Z.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Polylactic acid corona electrets have poor electret properties due to significant impact of heterocharge. Addition of montmorillonite increased electret properties of the PLA - 2 % montmorillonite in the composition improved electret performances for 5-10 times, 4 % montmorillonite – for 10-18 times. Montmorillonite addition to polylactic acid increased electret properties due to generation of new injected charge carrier traps at a polymer-filler interface boundary.

Одним из способов создания активной упаковки пищевых продуктов является придание полимерным пленкам электретных свойств, например, при помощи обработки поверхности постоянным коронным разрядом [1]. Полилактид, являясь биоразлагаемым полярным полимером, допускаемым для контакта с пищевыми продуктами, является плохим короноэлектретом, имеет низкие и нестабильные электретные свойства [2] из-за наличия гетерозаряда. Для повышения стабильности и величины данных характеристик в полимер вводятся мелкодисперсные наполнители [3], в данном случае монтмориллонит.

Введение монтмориллонита приводит к повышению электретных свойств полилактида. Добавление 2 % наполнителя увеличивает электретные свойства композиции практически в 5-10 раз, а 4 % – в 10-18 раз (см. табл.). Такое значительное влияние наполнителя на электретные свойства полилактида связано с высокой удельной поверхностью монтмориллонита, вследствие чего доля макромолекул, адсорбированных на поверхности частиц значительна.

При наполнении мелкими твердыми частицами в полимерной матрице возникают новые структурные отклонения, которые могут выступать в качестве ловушек носителей заряда. Введение наполнителя приводит к изменениям размеров, формы и распределения по размерам надмолекулярных образований полимера и плотности упаковки, при этом частицы наполнителя выступают как зародышеобразователи кристаллов и источник их несовершенств.

Заметного изменения значений удельного поверхностного и удельного объемного электрического сопротивления  $\rho_s$  и  $\rho_v$  полилактида при наполнении не

наблюдалось (см. табл.). ИК-спектроскопия (МНПВО) также не выявила значительных изменений в химической структуре поверхности полилактида при его наполнении.

Потенциал поверхности ( $V_{э}$ ), напряженность электрического поля ( $E$ ), эффективная поверхностная плотность заряда ( $\sigma_{эф}$ ), удельное поверхностное ( $\rho_s$ ) и удельное объемное электрическое сопротивление ( $\rho_v$ ) композиций полилактида с монтморилло-

НИТОМ

Композиция	ПЛА	ПЛА + 2% ММ	ПЛА + 4% ММ
начальные значения			
$V_{э}$ , кВ	0,1	0,15	0,24
$E$ , кВ/м	6,73	9,8	15,7
$\sigma_{эф}$ , мкКл/м <sup>2</sup>	0,06	0,08	0,14
$\rho_v$ , 10 <sup>14</sup> , Ом×м	0,85	1,13	1,13
$\rho_s$ , 10 <sup>14</sup> , Ом	3,67	4,08	3,27
значения на 20-е сутки хранения			
$V_{э}$ , кВ	0,01	0,1	0,18
$E$ , кВ/м	0,63	6,4	11,1
$\sigma_{эф}$ , мкКл/м <sup>2</sup>	0,01	0,05	0,1
значения на 90-е сутки хранения			
$V_{э}$ , кВ	0,01	0,08	0,14
$E$ , кВ/м	0,17	5,73	11,03
$\sigma_{эф}$ , мкКл/м <sup>2</sup>	0,01	0,05	0,1

Наблюдаемое повышение значений эффективной поверхностной плотности заряда, потенциала поверхности, напряженности электрического поля полилактида при введении монтмориллонита связано именно с возникновением на границе раздела фаз «полимер – наполнитель» новых ловушек инжектированных носителей заряда.

1. Galikhanov M., Guzhova A., Borisova A. Bulgarian Chemical Communications, 46, 142 (2014).
2. Guzhova A., Yovcheva T., Viraneva A. Bulgarian Chemical Communications, 47, Sp. Is. B, 115 (2015)
3. Guzhova A.A., Galikhanov M.F., et al., Journal of Electrostatics, 79, 1 (2016)

## **ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ПРОВОДИМОСТИ ТЕРМОНЕУСТОЙЧИВЫХ ВЕЩЕСТВ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ**

Игольников А.А.<sup>1,2\*</sup>, Рютин С.Б.<sup>2</sup>, Скрипов П.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт теплофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alexander.igolnikov@bk.ru](mailto:alexander.igolnikov@bk.ru)

## **STUDY OF THERMAL CONDUCTIVITY THERMALLY UNSTABLE SUBSTANCES IN A WIDE RANGE OF TEMPERATURES AND PRESSURES**

Igolnikov A.A.<sup>1,2\*</sup>, Rutin S.B.<sup>2</sup>, Skripov P.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of thermal physics Ural Branch of RAS

Annotation. In this work will present the results of a comparison of the thermal conductivity of oils in a wide range of changes in temperature and pressure, including the region of supercritical pressures. According to the pulse test data, the values of the critical pressure of the studied substances will be determined and estimates of the corresponding values of the critical temperature will be made.

В случаях, когда узлы машин и механизмов подвержены термической и механической нагрузке, применяются смазочно–охлаждающие жидкости, к которым предъявляются высокие требования по обеспечению безопасных режимов работы. Такие жидкости должны обладать высоким коэффициентом теплопроводности для обеспечения оптимальной рабочей температуры механизмов во избежание их перегрева и разрушения. В этой связи, актуально создание и отработка экспрессных, точных методов по определению и сопоставлению теплофизических свойств данного типа систем.

В докладе будет представлена методика изобарического нестационарного импульсного нагрева зонда по изучению теплофизических свойств веществ, а также результаты сопоставления тепловой проводимости масел в широкой области изменения температуры и давления, включая область сверхкритических давлений. По данным импульсного опыта (применен метод импульсного нагрева зонда в режиме управления мощностью) будут определены значения критического давления исследуемых веществ и сделаны оценки соответствующих им значений критической температуры.

## ELECTRICAL RESISTIVITY OF LIQUID CuSn, CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd ALLOYS OF EQUIATOMIC COMPOSITIONS

Ilyin V.Yu.<sup>1\*</sup>, Chikova O.A.<sup>1,2</sup>, V'yukhin V.V.<sup>1</sup>, Abrosimov V.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: gammaraylaser@yandex.ru

The resistivity of liquid CuSn, CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd alloys of equiatomic compositions are measured using the rotating magnetic field method to obtain information on their liquid structures. We see the alloys of equiatomic composition as the high-entropy alloys (HEAs). The change in the temperature coefficient of the resistivity of the melts on heating to  $T^* = 800$  °C is interpreted using the Nagel-Tauc model.

The multicomponent alloys or compositionally complex alloys CuSn, CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd of equiatomic compositions, it is the high-entropy alloys (HEAs), as structural materials, are drawing extensive attention from materials scientists [1]. At temperatures higher than the liquidus temperatures, multicomponent metallic high-entropy alloys can have microheterogeneities, whose chemical compositions are different from the composition of the surrounding melt, for a long time [2]. To destroy these microheterogeneities, a liquid metal should be overheated to the temperature that is certain for each composition. After such an action, a melt transforms irreversibly into the state of true solution, which substantially changes the conditions of its solidification.

This work is devoted to investigations of the electrical resistivity of liquid CuSn, CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd alloys of equiatomic compositions, as the most promising HEAs as solder. The resistivities were measured using the rotating magnetic field method during heating and subsequent cooling. A working chamber was initially evacuated to 0,001 Pa, and, then, was filled with helium to a pressure of  $10^5$  Pa. The electrical resistivity was measured using the unit described in [3]. Its accidental component, which determined the accuracy of fixing anomalous points in the temperature dependences of  $\rho$ , was no higher than 2% at a confidence coefficient  $p = 0,95$ . Figure 1 shows results of a resistivity of the liquid alloys CuSn, CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd study. The all liquid alloys demonstrate different temperature dependence of resistivity for heating and cooling. By heating the resistivity changes occurs nonmonotonically. All the investigated melts demonstrate the change in the temperature coefficient of the resistivity for heating at temperature  $T^* = 800$ °C. It was determining the temperature  $T^*$  is the temperature of the changes the microheterogeneous structure of a metallic melt. The temperature coefficient of the resistivity was positive in experiments with heating. For cooling alloys CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd, the temperature coefficient of resistivity was negative or had the magnitude close to zero. A similar result was obtained earlier on measuring the electrical resistivity of steel. The change in the temperature

coefficient of the resistivity of the melts on heating to  $T=1500$  K is interpreted using the Nagel-Tauc model [3].

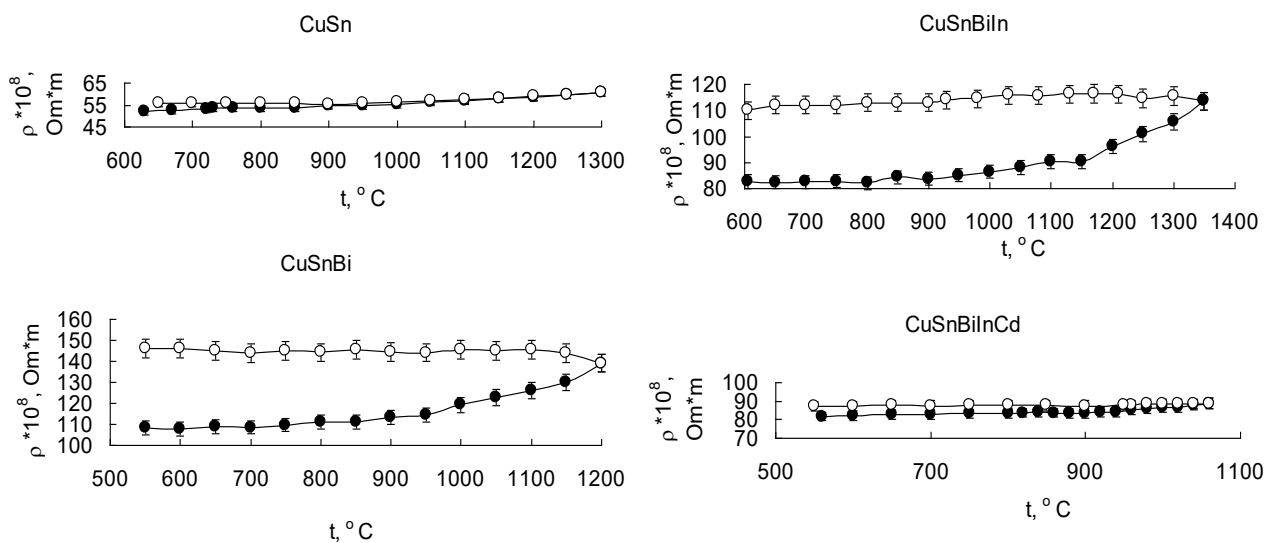


Fig. 1. The temperature dependences of the resistivity of the CuSn, CuSnBi, CuSnBiIn, CuSnBiInCd equiatomic composition melts (●- heating, ○ – cooling)

1. Miracle D.B., Senkov O.N., Acta Materialia, 122, 448-511 (2017).
2. Chikova O.A., Il'in V.Y., Tsepelev V.S., V'yukhin V.V., Inorganic Materials, 52, 517-522 (2016).
3. Borovykh M.A., Chikova O.A., Tsepelev V.S., V'yukhin V.V., Russian Metallurgy (Metally), 3, 175-178 (2017).



## ДИСЛОКАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ УПРУГИХ ИСКАЖЕНИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТИТАНА

Иванов И.В.<sup>1\*</sup>

<sup>1)</sup> Новосибирский Государственный Технический Университет, Новосибирск, Россия

\*E-mail: [i.ivanov@corp.nstu.ru](mailto:i.ivanov@corp.nstu.ru)

## THE DISLOCATION THEORY OF ELASTIC DISTORTIONS OF THE CRYSTAL LATTICE TO DESCRIBE STRUCTURAL CHANGES DURING THE PLASTIC DEFORMATION OF TITANIUM

Ivanov I.V.<sup>1\*</sup>

<sup>1)</sup> Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Annotation. In this work attempt to use X-ray diffraction methods to analyze the evolution of the dislocation structure of  $\alpha$ -Ti subjected to cold rolling with various degrees are given. Comparison of the results obtained using the "classical" and modified methods of Williamson-Hall and Warren-Averabach are presented. In addition, the mechanical and corrosion properties of deformed samples were measured and the correlation between the past structural transformations and changes in properties was determined.

В соответствии с современными представлениями о физике прочности и пластичности существенное упрочнение металлов при пластической деформации в холодном состоянии обусловлено значительным повышением концентрации дефектов, в первую очередь - повышением числа дислокаций [1, 2].

Наиболее убедительным методом анализа эволюции дислокационной структуры титановых сплавов является просвечивающая электронная микроскопия [3]. Однако данный метод исследования обладает существенными недостатками.

Альтернативные способы исследования кристаллической структуры часто основаны на использовании рентгеновской дифракции. Хорошо известные методы Вильямсона-Холла и Варрен-Авербаха позволяют, анализируя ширину рентгеновских пиков или форму их профиля, оценить такие важные параметры микроструктуры, как размер областей когерентного рассеяния и величину негомогенных искажений кристаллической решётки [4, 5].

Следует, тем не менее, отметить, что применение упомянутых методов для материалов, обладающих значительной анизотропией упругих свойств, не рекомендуется.

Методы Вильмсона-Холла и Уоррена-Авербаха были существенно модифицированы в работах Унгара [6,7], который показал, что для учёта анизотропии упругих свойств целесообразно использовать дислокационную модель деформации кристаллической решетки.

В работе дана попытка использовать методы рентгеновской дифракции для анализа эволюции дислокационной структуры  $\alpha$ -Ti, подвергнутого холодной

прокатке с различными степенями. В работе представлено сравнение результатов, получаемых при использовании «классических» и «модифицированных» методов. Кроме того, были измерены механические и антикоррозионные свойства прокатанных образцов и определена корреляция между прошедшими структурными превращениями и изменениями свойств.

Было показано, что в случае упруго анизотропных гексагональных материалов использование модифицированных методов анализа является необходимым условием, т.к. они значительно уменьшают ошибку аппроксимации при профильном анализе и позволяют провести корректный анализ структурных изменений материала при пластической деформации.

1. C. Kittel, P. McEuen, P. McEuen, Introduction to solid state physics, Wiley New York (1996).
2. J. Friedel, Dislocations: International Series of Monographs on Solid State Physics, Elsevier (2013).
3. R. Valiev, Nature materials, 8, 511 (2004).
4. G. Williamson, W. Hall, Acta metallurgica, 1, 22–31 (1953).
5. B. Warren, B. Averbach, Journal of applied physics, 6, 595–599 (1950).
6. T. Ungar, A. Borbely, Applied Physics Letters, 21, 3173–3175 (1996).
7. T. Ungar, Powder Diffraction, 2, 125–132 (2008).

## ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ФЕРРОМАГНЕТИЗМА В МОНОСЛОЕ ТРИЙОДИДА ХРОМА

Кашин И.В.<sup>1,\*</sup>, Мазуренко В.В.<sup>1</sup>, Руденко А.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт Молекул и Материалов, Неймеген, Нидерланды

\*E-mail: [i.v.kashin@urfu.ru](mailto:i.v.kashin@urfu.ru)

## INVESTIGATION OF FERROMAGNETISM IN CHROMIUM TRIIODIDE MONOLAYER

Kashin I.V.<sup>1,\*</sup>, Mazurenko V.V.<sup>1</sup>, Rudenko A.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute for Molecules and Materials, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands

Based on infinitesimal spin rotations theory and random-phase approximation, Curie temperature ( $T_C$ ) of chromium triiodide ( $\text{CrI}_3$ ) monolayer was estimated in case of absence and presence of external static electric field (ESEF). Following the tendency, observed in bilayer, ESEF application to the monolayer results in significant enhancement of  $T_C$  (20-30%), favouring the effective implementation of given two-dimensional compound in progressive spintronic devices.

Монослой трийодида хрома ( $\text{CrI}_3$ ) представляет собой двумерную физическую систему, перспективную с точки зрения экспериментального наблюдения ферромагнитного порядка. Поскольку теорема Мермина-Вагнера [1] гласит, что в двумерных материалах любые сколь угодно малые термические флуктуации приводят к разрушению магнитного порядка, системы, подобные  $\text{CrI}_3$ , привлекают особый интерес исследователей [2]. Наличие устойчивого ферромагнетизма в данном соединении обусловлено значительной магнитной анизотропией. Также известно, что слоистые структуры  $\text{CrI}_3$  чрезвычайно восприимчивы к внешнему полювому воздействию [2].

Теоретическому изучению ферромагнетизма монослоя  $\text{CrI}_3$  и влияния на него внешнего постоянного электрического поля (ВПЭП) посвящена данная работа. Для этого в рамках приближения случайных фаз [3] была оценена температура Кюри ( $T_C$ ) для случая отсутствия ВПЭП и его приложения с интенсивностью, достаточной для создания энергетической раздвижки р-орбиталей атомов йода в 1 эВ, что является экспериментально достижимым. Численные расчеты базировались на данных первопринципного моделирования и теории бесконечно малого спинового поворота [4] для нахождения величин парных изотропных обменных взаимодействий.

На Рисунке 1 приведена зависимость  $T_C$  от энергии магнитной анизотропии. Видно, что при значении этой энергии, оцененном в рамках первопринципного

подхода как 0.8 мэВ,  $T_C$  находится в хорошем согласии с экспериментально измеренной величиной 45 К [2].

Представленные результаты свидетельствуют о том, что усиление тенденции к ферромагнетизму при приложении ВПЭП присуще не только слоистым структурам  $\text{CrI}_3$  [6], но и двумерному монослою, высокоперспективному материалу для передовых устройств спинтроники.

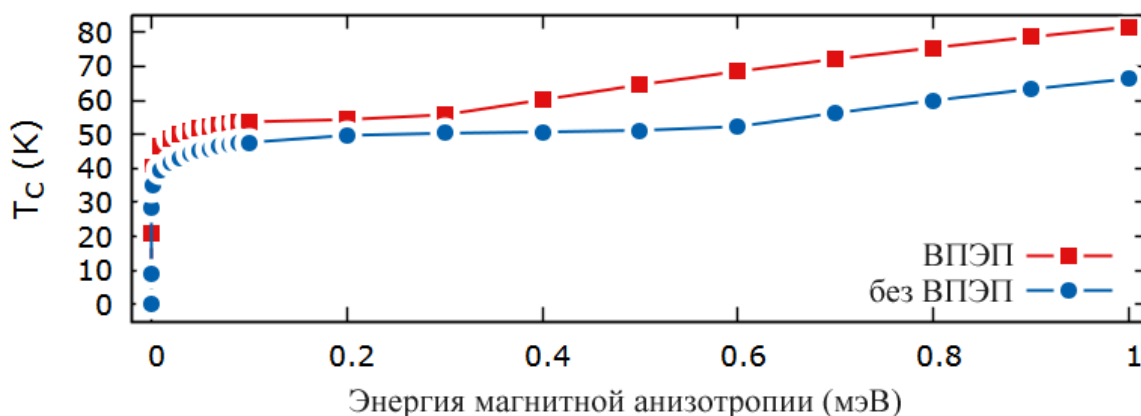


Рис. 1. Зависимость температуры Кюри от величины магнитной анизотропии.

*Работа поддержана грантом Российского Научного Фонда №17-72-20041.*

1. N.D. Mermin and H. Wagner, Phys. Rev. Lett. **17**, 1133 (1966).
2. B. Huang *et al.*, Nature **546**, 270–273 (2017).
3. S.V. Tyablikov, Ukr. Mat. Zh. **11**, 287 (1959).
4. A.I. Lichtenstein *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **67**, 65 (1987).
5. L. Webster and J.-A. Yan, Phys. Rev. B **98**, 144411 (2018).
6. S.W. Jang *et al.*, arXiv:1809.01388 (2018).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ КРАТЕРОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КАТОДА КОРОТКОГО ВАКУУМНОГО РАЗРЯДА

Карышев П.П.<sup>1\*</sup>, Земсков Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [karpatrik@mail.ru](mailto:karpatrik@mail.ru)

## INVESTIGATION OF FEATURES OF CRATER FORMATION ON THE CATHODE SURFACE IN THE SHORT VACUUM DISCHARGE

Karishev P.P.<sup>1\*</sup>, Zemskov Yu.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The complex investigation of a submicrosecond vacuum arc discharge has been carried out. The cable generator with several pulse durations was used. The discharge current, ion current was recorded and quantity of droplets was estimated for each discharge pulse. Erosion traces on cathode surface was analyzed. And few types of erosion traces can be distinguished.

Было проведено комплексное исследование короткого (10 - 100 нс) вакуумного разряда, включающее оценку ионной эрозии, капельной эрозии и образование кратера. Эксперимент проводился в условиях высокого вакуума. В качестве катода использовалась сборка из нескольких вольфрамовых проволочек, расположенных параллельно в одной плоскости. Проволочки имели начальный диаметр 90 мкм, и перед установкой в экспериментальную камеру подвергались электрохимическому травлению в растворе едкого натра, что приводило наряду с улучшением качества поверхности к уменьшению диаметра до 40-50 мкм. Анод был также вольфрамовый в виде иглы диаметром 100 мкм с радиусом кривизны острия около 10 мкм. Подвижные вакуумные вводы с винтовыми манипуляторами позволяли взаимное перемещение электродов для выбора места поджига разряда и межэлектродного расстояния. Разряд происходил между острием анода и произвольно выбираемым участком на поверхности одной из катодных проволочек. Такая схема дает возможность многократно получать следы взрывных процессов на большом количестве участков многоострийного катода без разборки вакуумной установки. Использование коротких разрядов позволило детализировать развитие эрозии катода. В качестве источника, питающего разрядник, использовался кабельный генератор с различными длительностями импульсов (8, 18, 45 и 100 нс). Для каждого импульса разряда измерялся ток разряда и ионный ток, а также оценивалось количество капель по интегральным фотоизображениям картины разряда. Фотофиксация проводилась цифровой камерой при помощи оптического микроскопа. Этот же микроскоп использовался для контроля за манипуляциями с электродами при выборе точки разряда. В ходе исследования

были получены зависимости ионного заряда и количества капель от длительности разрядного импульса. Обнаружено значительное различие в форме импульса ионного тока при длительностях разряда менее 40 нс и более длинных. Оценка количества капель показывает приблизительно логарифмический рост этого количества с длительностью разряда. Также были проанализированы следы разряда на поверхности катода, среди которых можно выделить начальную стадию кратерообразования, глубокие кратеры и области оплавления. Глубокие кратеры по видимому являются следствием первоначального взрыва на поверхности катода и связаны с интенсивным образованием капель. Кратеры такого типа появляются при длительности импульса, превышающей 20 нс. Форма таких кратеров свидетельствует о том, что ток в данном режиме сосредоточен в очень малой области менее 2 мкм.

### **ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ БЛОХОВСКИХ ЛИНИЙ В ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЕ ПЛЁНОК С ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ**

Изможеров И.М.<sup>1,2\*</sup>, Байкенов Е.Ж.<sup>1</sup>, Зверев В.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> ФГБУН «Институт физики металлов УрО РАН», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ivan\\_izm@inbox.ru](mailto:ivan_izm@inbox.ru)

### **3D-BLOCH LINES MODEL IN DOMAIN STRUCTURE OF THIN FILMS WITH PERPENDICULAR MAGNETIC ANISOTROPY**

Izmozherov I.M.<sup>1,2\*</sup>, Baykenov E.Z.<sup>1</sup>, Zverev V.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of metal physics, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

This paper deals with linear and dot topological defects: Bloch lines and Bloch points known to exist in thin films with perpendicular anisotropy. 3D model for Bloch line with Bloch point in its structure is suggested and compared with obtained by means of micromagnetic simulations in films with quality factor  $Q < 1$

Хорошо известно одномерное решение для доменной границы (ДГ), содержащей блоховскую линию (БЛ), согласующееся с экспериментальными данными для плёнок, с перпендикулярной анизотропией и фактором качества  $Q \gg 1$  [1]. В плёнках же с  $Q < 1$  конкуренция анизотропийного и магнитостатического вклада в полную энергию ферромагнетика приводит к тому что доменная граница (ДГ), имеет блоховский характер внутри образца и неелевский – вблизи поверхностей. Кроме того, в таких плёнках наблюдаются типы доменных структур, не являющиеся полосовыми, так что необходимо учитывать кривизну ДГ, в которой

находится БЛ, а также наличие в структуре БЛ блоховской точки (БТ), разделяющей участки БЛ с различными направлениями разворота намагниченности.

В данной работе проведено микромагнитное моделирование ДС в тонких плёнках Co(0001) в пакете *mutax3* [2] с использованием суперкомпьютера "Уран" ИММ УрО РАН. Были получены распределения намагниченности, содержащие уединённые вертикальные БЛ. На основе результатов была построена трёхмерная модель БЛ, основанная на одномерном анзаце для плёнок с  $Q \gg 1$ , приведённом в [1]:

$$\begin{aligned} \Phi(x, z) &= 2 \operatorname{arctg} \left( e^{\frac{x-\xi(z)}{\Lambda(z-z_{bp})}} \right) * g(z - z_{bp}) + \varphi_s(x, z) \\ \Theta(x, y, z) &= 2 \operatorname{arctg} \left( e^{\frac{y-f(x,z)}{\delta(z)}} \right) \\ m_x &= \cos\Phi \sin\Theta; m_y = \sin\Phi \sin\Theta; m_z = \cos\Theta \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь оси  $x$  и  $y$  лежат в плоскости плёнки, а  $z$  – перпендикулярна ей.  $f(x, z)$  – поверхность, определяющая форму доменной границы,  $\xi(z)$  – функция, указывающая  $x$ -координату «центра» блоховской линии в каждом сечении, параллельном плоскости плёнки.  $g(z - z_{bp}) = (2\theta(z - z_{bp}) - 1)$ , где  $\theta(z - z_{bp})$  – функция Хэвисайда, а  $z_{bp}$  – координата  $z$  блоховской точки.  $\Lambda(z - z_{bp})$  – показывает ширину блоховской линии в каждом сечении, параллельном плоскости плёнки с учётом того, что для местоположения блоховской точки  $z = z_{bp}$  она равна нулю.

$\varphi_s(x, z) = \operatorname{arctg} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (f(x, z)) \right]$ ,  
 $\delta(z)$  – функция, определяющая ширину доменной границы в каждом сечении, параллельном плоскости плёнки.

Прямое сравнение распределений намагниченности для функции (1) с результатами микромагнитных расчётов при аппроксимации вышеописанных модельных функций полиномиальными методом наименьших квадратов даёт относительное отклонение для функции  $m_x(x, y, z)$  – 4,1%, для функции  $m_y(x, y, z)$  – 6,9%, для функции  $m_z(x, y, z)$  – 1,7%.

1. Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 384 с.
2. Vansteenkiste A., Leliaert J., Dvornik M., et al. *AIP Advances* 4, 107133, (2014)

## EFFICIENCY AND RADIOACTIVE AEROSOL PERMEABILITY OF AFA-RSP-20 ANALYTICAL FILTER

Nazmy H.<sup>1,3\*</sup>, Mostafa M. Y. A.<sup>1,3</sup>, Zhukovsky M.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Physics Department – Faculty of Science, Minia University, Minia, Egypt

\*E-mail: [hyamnazmy@mail.ru](mailto:hyamnazmy@mail.ru)

AFA-RSP-20 radiometric analytical filter is one of the most used Petryanov filters in radiation protection and alpha measurements (radiometry and spectroscopy). Therefore, the properties of this filter like efficiency and the permeability of the radioactive aerosol particles through it is more important for accurate dose estimation. In this work, an experimental setup has been constructed to study the efficiency and permeability of the radioactive aerosol particles through AFA-RSP-20 radiometric analytical filter. A standard radon chamber, 2 m<sup>3</sup>, at Ural federal university is used. The dependence of RSP filter efficiency on the aerosol concentration and air sampling velocity is tested and the relation is described. The RSP filter efficiency increasing with the aerosol number concentration at different air velocity. The value of the efficiency between 92-97%. Due to the aerosol activity level increases in the radon chamber, the sensitivity of the measurements is sufficient for a correct estimation of the permeability of radioactive aerosols passed through the RSP filter. The effect of size modes of the radioactive aerosols passing through the filter is studied with special diffusion battery. At low aerosol concentration, the filter prevented all unattached radon decay products (1-5 nm) and the most size activity became with AMTD ~ 20 nm. At high aerosol concentration in the radon chamber, the activity of unattached fraction nearly deleted. The activity of aerosols with AMTD ~ 20-40 nm is increased.

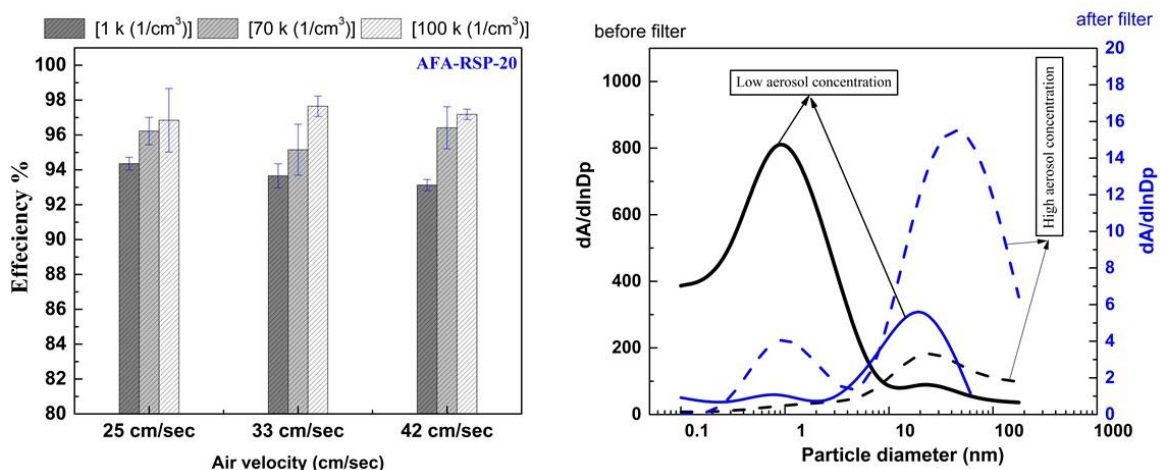


Fig. 1. AFA-RSP-20 filter efficiency in left side and permeability of the ultra-fine radioactive aerosol particles through the filter in right side.



## FAST *d-f* LUMINESCENCE OF Pr<sup>3+</sup> IONS IN SOME COMPLEX PHOSPHATES AND SILICATES: COMPARATIVE CHARACTERISTICS

Khatchenko Yu.E.<sup>\*</sup>, Pustovarov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>\*</sup>E-mail: [yulya.khatchenko@mail.ru](mailto:yulya.khatchenko@mail.ru)

It is well known that wide-gap compounds, in particular, complex silicates, phosphates, binary RE halides doped with Ce<sup>3+</sup> or Pr<sup>3+</sup> ions, are used as fast scintillation detectors due to their high light yield and fast nanosecond luminescence decay kinetics [1-5]. Our search for novel materials showing fast  $5d \rightarrow 4f$  emission of Pr<sup>3+</sup> has led us to the synthesis and spectroscopic investigation of the phosphates LiSrPO<sub>4</sub>, Sr<sub>9</sub>Sc(PO<sub>4</sub>)<sub>7</sub>, K<sub>3</sub>Lu(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, and silicate K<sub>3</sub>LuSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub> doped with this ion.

All samples showed Pr<sup>3+</sup> emission connected with interconfigurational  $4f^1 5d \rightarrow 4f^2$  transitions in the UV range and intraconfigurational  $4f^2 \rightarrow 4f^2$  transitions in VIS-IR region. However, the relative yield of  $d \rightarrow f$  and  $f \rightarrow f$  emission depends on the exciting photons energy and temperature.

At room temperature, the yield of  $d \rightarrow f$  emissions relative to  $f \rightarrow f$  emissions upon host excitation (X-ray or cathode rays) is less than upon intra-center photoexcitation. The things are changing with decreasing temperature from 295 to 90 K: the XRL yield of the  $d \rightarrow f$  emission decreases (in LiSrPO<sub>4</sub> and K<sub>3</sub>Lu(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) or increases (in K<sub>3</sub>LuSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) by several times. In Sr<sub>9</sub>Sc(PO<sub>4</sub>)<sub>7</sub> the intensity of the broad defect related band at 360 nm increases significantly with decreasing temperature.

Stokes shift for Pr<sup>3+</sup>  $d \rightarrow f$  transitions is presented in table. According to the model for Pr<sup>3+</sup> emission proposed by Srivastava et al. [2]  $d \rightarrow f$  transitions dominate over  $f \rightarrow f$  ones when the Stokes shift is lower than 3000 cm<sup>-1</sup>. Therefore, a large Stokes shift is one of the reasons that both types of radiative transitions are observed in all investigated materials except K<sub>3</sub>Lu(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, which has faint  $f \rightarrow f$  peaks.

Upon cathode rays excitation (E=120 keV, 200 ps, 5 Hz) the decay kinetics of the phosphates  $d \rightarrow f$  emission is dominated by a fast component (see table), the value of which is consistent with this parameter observed in the wider phosphate family. The silicate K<sub>3</sub>LuSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub> demonstrated the build-up stage (7-12 ns) and longer decays time.

Upon high-frequency (8 MHz) X-ray pulse excitation, the  $d \rightarrow f$  emission decay kinetics departs from an exponential behavior and demonstrates the presence of intense slow decay component appearing as a background. Only Sr<sub>9</sub>Sc(PO<sub>4</sub>)<sub>7</sub> reveals a fast component ( $\tau \sim 15$  ns) while the contribution of the slow  $\mu$ s decay component reaches 18%.

The presence of defects was shown with measurements of thermo-stimulated luminescence and suggested to be the main reason for delayed recombination of charge carriers on Pr<sup>3+</sup>  $4f^1 5d$  states.

Finally, the luminescence spectroscopic and dynamic properties of investigated materials along with high effective atomic number revealed good potentialities for their application as fast scintillators.

Comparative characteristics of polycrystalline samples doped with Pr<sup>3+</sup> ion, T= 295 K

Material	Z <sub>эфф</sub>	λ <sub>max</sub> , nm	τ, ns	Stokes shift, cm <sup>-1</sup>	d-f/f-f
Sr <sub>9</sub> Sc(PO <sub>4</sub> ) <sub>7</sub> :Pr (1%)	35.3	265; 300	17	4630	0.01
LiSrPO <sub>4</sub> :Pr (1%)	34.9	265; 269	18	4230	0.5
K <sub>3</sub> Lu(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> :Pr (1 and 5 %)	64.5	280; 320	15-20	2850	10
K <sub>3</sub> LuSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub> :Pr (1%)	64.9	284; 330	54	6110	1.4

1. Nikl M., Ogino H. et al., Chem. Phys. Lett., 410, 218 (2005).
2. Srivastava A.M., J. Lumin., 169, 445 (2016).
3. Zych A., de Lange M. et. al., J. Appl. Phys., 112, 013536 (2012).
4. Ivanovskikh K.V., Shi Q., Bettinelli M., Pustovarov V.A., Opt. Mater., 79, 108 (2018).
5. Pustovarov V.A., Razumov A.N., Vyprintsev D.I., Physics of the Solid State, 56, 347 (2014).

## LUMINESCENCE OF Li<sub>6</sub>Y(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> DOPED WITH Pr<sup>3+</sup> IONS UNDER X-RAY, ELECTRON BEAM AND ULTRAVIOLET EXCITATION

Kiselev S.A.\* , Pustovarov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [sviat-kiselev@yandex.ru](mailto:sviat-kiselev@yandex.ru)

This paper reports the spectroscopic properties of praseodymium-doped lithium yttrium triple borates, Li<sub>6</sub>Y(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>:Pr<sup>3+</sup>(1%). Emission and photoluminescence excitation spectra were measured at room temperature in the near IR and VIS-UV range. For this Pr<sup>3+</sup>- doped triple borates, the interconfigurational 4f<sup>1</sup>5d → 4f<sup>2</sup> transitions with nanosecond decay time were detected. Besides the intraconfigurational 4f<sup>2</sup> → 4f<sup>2</sup> transitions in visible and near IR regions were analyzed.

Progress in the development of new luminescent materials is directly related to the understanding of the physical processes of energy absorption and relaxation in solids. The 4f<sup>1</sup>5d → 4f<sup>2</sup> absorption and emission in crystalline hosts is receiving at the present special attention due to the applications in both fast scintillators and ultraviolet (UV) tunable solid-state laser devices.

In the frame of scintillating materials research, a variety of crystalline host and dopant systems are investigated but mainly the Ce<sup>3+</sup> and Pr<sup>3+</sup> ions in different host matrices are studied as the most promising materials [1]. However, the knowledge on the spectroscopic properties of such compounds is still limited. In the present report, the Pr<sup>3+</sup>-doped triple borates are the subject of our studies. A high cross section for the interaction of thermal neutrons with crystal-forming atoms may be promising for the conversion of absorbed energy into a scintillation pulse.

Spectra of photoluminescence (PL) upon UV-VUV excitation as well as spectra of X-ray excited luminescence (XRL), pulse cathode beam excited luminescence (PCL) in region of 1.5-5.1 eV were studied at the Laboratory of Solid State Physics, Ural Federal University. Additionally, the luminescence decay kinetics under pulse X-ray excitation and pulse electron beam excitation were investigated.

Some of the main results of this research are presented in Figure 1.

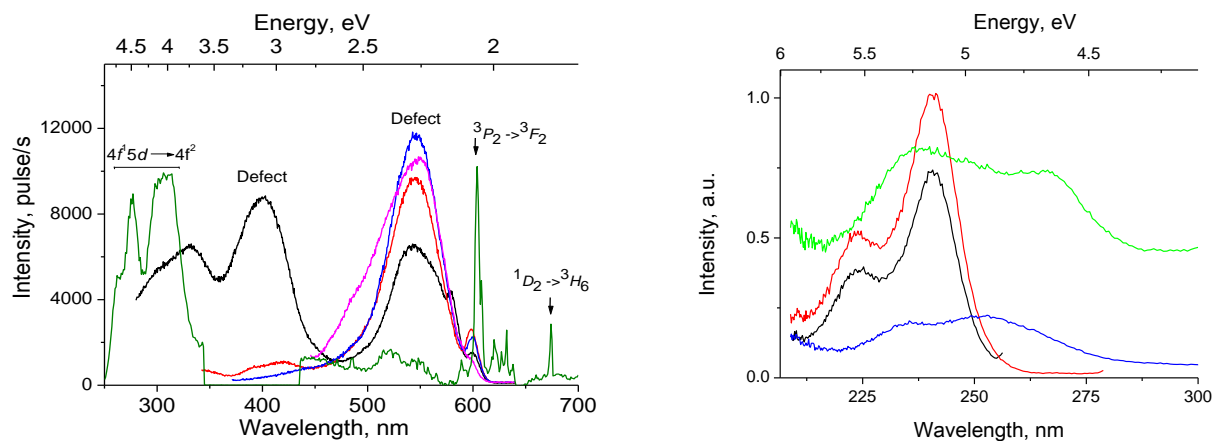


Fig. 1. a – PL spectra upon differ  $\lambda_{exc}$ : black – 242, red – 256, blue – 266, pink – 300 nm; XRL spectrum (green); b – PL excitation spectra measured in differ emission bands  $\lambda_{emission}$ : black – 270, red = 300, blue – 450, pink – 637 nm. T= 295 K.

Stokes PL spectra at different energies of exciting photons as well XRL and PCL spectra contain a set of wide bands and lines corresponding to radiative transitions in the  $Pr^{3+}$  ions as well as defect-related luminescence band. Wide bands in UV region (270-310 nm) with nanosecond decay time connect with interconfigurational  $4f^{15}d \rightarrow 4f^2$  transitions with different Stokes shift. Narrow lines in visible region correspond to intraconfigurational  $4f^2 \rightarrow 4f^2$  transitions in  $Pr^{3+}$  ions. The identification of  $4f^2 \rightarrow 4f^2$  transitions based on Dike's diagram [2] is shown in Fig.1,a. We believe that wide emission bands in region of  $\sim 400$  and  $500$  nm due it specific characteristics corresponds to defect-related luminescence. The presence of defects was shown with thermally stimulated luminescence (TSL) measurements. The study of TSL shows effective light storage, the recombination of charge carriers occurs at the  $Pr^{3+}$  centres. The trapping parameters of the charge carriers were calculated.

1. M. Guzik, T. Aitasalo, W. Szuszkiewicz, J. Hölsä, B. Keller, J. Legendziewicz, Journal of Alloys and Compounds, 380, 368 (2004).
2. J. Legendziewicz, M. Guzik, J. Cybin'ska, A. Stefan, V. Lupei, Optical Materials, 30, 1667 (2008).

## ПРИРОДА РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ЭПР В ГАЛЛУАЗИТНЫХ НАНОТРУБКАХ

Конеv А.С.<sup>1,2\*</sup>, Конеv С.Ф.<sup>1\*</sup>, Байтимиров Д.Р.<sup>1\*</sup>, Ковалева Е.Г.<sup>1\*</sup>, Иванов Д.В.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [askonev@gmail.com](mailto:askonev@gmail.com)

## THE NATURE OF RADIATION-INDUCED EPR SIGNALS IN HALLOYSITE NANOTUBES

Konev A.S.<sup>1,2\*</sup>, Konev S.F.<sup>1\*</sup>, Bajtimirov D.R.<sup>1\*</sup>, Kovaleva E.G.<sup>1\*</sup>, Ivanov D.V.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

В последнее время существенно вырос интерес к изучению физико-химических свойств галлуазитных нанотрубок (ГНТ) (рис. 1) [1, 2] – доминирующей формы естественного галлуазита, глинистого слоистого алюмосиликатного минерала  $Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot nH_2O$  [3], содержащего межслоевую воду.

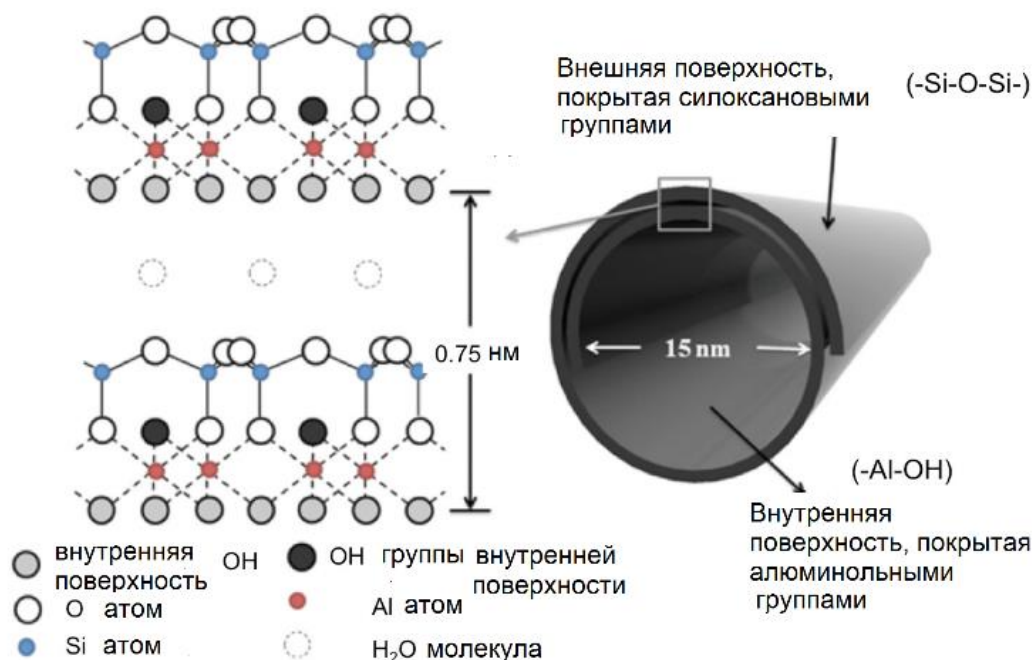


Рис. 1. Химический состав и структура нанотрубки галлуазита [4]

Наиболее важным направлением в исследовании галлуазита является изучение возможности модифицирования внутренней алюмоильной поверхности с целью изменения их ионообменных, кислотно-основных и электростатических

характеристик нанотрубок. Одна из задач в данном направлении – поиск способов активации поверхности ГНТ посредством химического или физического воздействия, такого как, например, ионизирующего излучения (ИИ).

Целью данного исследования являлось изучение характеристик радиационно-индуцированных сигналов ЭПР в галлуазите различного происхождения (необработанный природный галлуазит из разных месторождений и аттестованные эталонные образцы ГНТ), возникающих в результате воздействия ИИ различной мощности и в широком дозовом диапазоне.

Показано, что при воздействии ИИ в галлуазите возникают долгоживущие радиационно-индуцированные парамагнитные центры (РИЦ). Наблюдается некоторые отличия параметров возникающих парамагнитных центров от происхождения материала, эти отличия могут быть связаны с разной степенью чистоты исходных образцов. Интенсивность сигналов ЭПР РИЦ меняется в зависимости от дозы ИИ и структуры образца.

1. Yu.Lvov et al., Adv. Mater. 28, 1227-1250 (2016).
2. L.Yu et al., Environ. Sci. Nano 3, 28 (2016).
3. Y. Lvov, E. Abdullayev. Progress Polymer Sciences. 38, 1690 (2013).
4. Applied Minerals: Dragonite. V1.2. Ed. Dr. Chris De Armit, Applied Minerals Inc., 64p.

## PHOTOLUMINESCENCE OF OXYGEN-DEFICIENT CENTRES IN RE-IMPLANTED SILICA GLASS

Koubisy M.S.I.<sup>1,2\*</sup>, Zatsepin A.F.<sup>1</sup>, Biryukov D.Yu.<sup>1</sup>,  
Mikhailov A.N.<sup>3</sup>, Parulin R.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Department of Physics, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assiut Branch, Egypt.

<sup>3</sup> Research Institute for Physics and Technology, Lobachevsky State University of Nizhnij Novgorod, Nizhnij Novgorod, Russia

\*E-mail: [M.s.i.koubisy@gmail.com](mailto:M.s.i.koubisy@gmail.com)

The ion implantation is an effective method for modification of optical and electronic properties of functional materials. The goal of the work was to study the optically active defects arising during the implantation process ion of quartz glass KUVI (type IV) and after the subsequent thermal annealing of the samples.

The metal-vapor vacuum arc ion source was employed for rhenium ion-beam obtaining. Re-cathode was manufactured from rhenium powder of 99.9 wt % purity by pulsed magnetic pressing. The 80 keV Re-ions were separated for implanting from the overall beam and pulsed-repetitive ion-beam current density has been strictly limited

at 0.75 mA/cm<sup>2</sup>. We connected one kind of Re-ion bar treatment modes for our KUVI-SiO<sub>2</sub> glass – sample 5 \*10<sup>16</sup> cm<sup>-2</sup> before and after annealing [1][2].

The photoluminescence (PL) characteristics under excitation 6.97 eV and 7.75 before and after annealing in the UV energy region from 2.5 to 5 eV were measured at room temperature. The experimental spectra of photoluminescence were normalized to an equal number of incident photons.

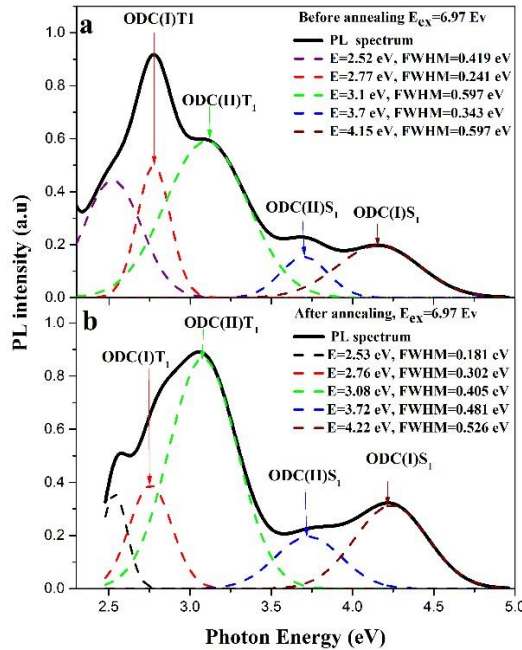


Fig. 1 - PL spectra for SiO<sub>2</sub>:Re glass ( $E_{exc} = 6.97$  eV) before (a) and after (b) annealing (at 1000 °C,  $t = 1$  h,  $T = 300$  K) at concentration  $5 \cdot 10^{16}$  ion/cm<sup>2</sup> after deconvolution into Gaussians.

The photoluminescence spectrum (Fig. 1) exhibits an intense band with a maximum at 2.77 eV before annealing and a weaker band with a maximum at 3.1, 3.7 and 4.15 eV. Fig. 1a. but after annealing the photoluminescence spectrum (Fig. 1b) exhibits an intense band with a maximum at 3.08 eV and a weaker band with a maximum at 2.76, 3.72 and 4.2 eV [3].

The observation of these bands in the photoluminescence and photoluminescence excitation spectra of this sample suggests the formation of oxygen-deficient centers [4] at luminescence bands at 3.7 and 4.15 eV before annealing and 3.72 and 4.2 eV after annealing, which were related to the singlet–singlet luminescence ( $S_0 \rightarrow S_1$ ) of different kinds of ODC’s.

Radiative transitions from excited triplet states ( $T_1 \rightarrow S_0$ ) of ODC’s showed up as luminescence bands at 2.77 and 3.1 eV before annealing and 2.76 and 3.08eV after annealing. The shift of the maxima of the singlet and triplet PL bands in the spectra of SiO<sub>2</sub>:Re relative to those of the analogous bands in pure glassy SiO<sub>2</sub> was explained by the modification of oxygen-deficient centers with Re ions. Also, the predominance of defects like ODC (II) over defects ODC (I) was seen after thermal treatment of SiO<sub>2</sub>:Re. Consequently, the got outcomes point to the likelihood of an intentional difference in luminescent properties of SiO<sub>2</sub> glass doped by rhenium.

Thus, the results of the work indicate that during the implantation of silicon dioxide by Re ions, a special type of oxygen-deficient defects modified by rhenium occurs. Subsequent annealing of samples allows one to additionally change the properties of modified centers and to regulate their concentration. This approach allows you to manage the properties of materials and can be useful for change of specialized attributes of radiation detectors.

1. A.F. Zatsepin, D.A. Zatsepin, D.W. Boukhvalov, N.V. Gavrilov, V. Ya Shur, A.A. Esin, *Journal of Alloys and Compounds* 728 (2017) 759-766.
2. Anatoly Zatsepin, Yulia Kuznetsova, Dmitry Zatsepin, Danil Boukhvalov, Nikolay Gavrilov, Mohamed Koubisy, *Phys. Status Solidi (A)* 2018, 1800522
3. Agnello, S., Boscaino, R., Cannas, M., Gelardi, F.M., Leone, M., Boizot B., *Phys. Rev. B* 67 (2003) 0333202–2.
4. Skuja, L, *Journal of Non-Crystalline Solids* 239 (1998) 16–48

## **INVESTIGATION OF PIEZOELECTIC AND ELASTIC PROPERTIES OF DIPHENYLALANINE MICROTUBES AFTER LYOPHILIC DRYING**

Kornilova V.S.<sup>1\*</sup>, Yuzhakov V.V.<sup>1</sup>, Nuraeva A.S.<sup>1</sup>, Zelenovskiy P.S.<sup>1</sup>,  
Chezganov D.S.<sup>1</sup>, Shur V.Ya.<sup>1</sup>, Kholkin A.L.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Physics Department & CICECO – Aveiro Institute of Materials, University of Aveiro,  
3810-193, Aveiro, Portugal

\*E-mail: [mr\\_vera\\_ml\\_kora@mail.ru](mailto:mr_vera_ml_kora@mail.ru)

Self-assembled microtubes of diphenylalanine ( $C_{18}H_{20}N_2O_3$ , FF) are promising materials for biocompatible elements of new medical equipment [1], due to its outstanding piezoelectric properties [2, 3] comparable to those observed in lithium niobate [4]. This feature may be attributed to water molecules remaining inside the nanochannels after the self-assembly [5] and stabilizing its structure. However, the effect of water on the nanotubes' physical properties is still poorly understood.

Here we investigated the effect of water concentration on piezoelectric response and Young's moduli of FF microtubes. The microtubes were grown from FF powder (Bachem AG, Switzerland) dissolved in mixture of 1,1,1,3,3,3-Hexafluoro-2-propanol and water [2]. The water content in the microtubes was determined by previously described method [6] using confocal Raman microscope Alpha 300AR (WITec, Germany). The variation of water content was done by freeze dryer system Alpha 2-4 LSC (Martin Christ, Germany). The piezoelectric coefficient and local Young's moduli were measured using scanning probe microscope MFP-3D (Asylum, USA) and nano-hardness tester NanoScan-4D (FSBI TISNCM, Russia), respectively.

Initial FF microtubes possess a bimodal distribution of transversal Young's modulus with characteristic values of 10 GPa and 25 GPa. Lyophilic drying for 3h leads to decrease of water concentration and unimodal distribution of the Young's modulus with characteristic value of  $E=5,0\pm 0,9$  GPa. The piezoelectric coefficient  $d_{15}$  after drying decreases at about 55% down to 20 pm/V. Following two weeks storage of microtubes in humid atmosphere (RH about 100%) led to recovering a distribution of Young's modulus with characteristic values close to the initial values, but the piezoelectric coefficient remained 20 pm/V. Thus, lyophilic drying is a convenient soft tool for modification the physical properties of FF microtubes.

*The research was carried out using equipment of Ural Center for Shared Use "Modern Nanotechnologies" UFU under financial support by Russian Science Foundation (grant № 18-72-00052).*

1. Kholkin A., Amdursky N. et al., ACS Nano, 4, 610 (2010).
2. Vasilev S., Zelenovskiy P. et al. J. Phys. Chem. Solids, 93, 68 (2016).
3. Middelberg A.P.J., He L. et al., J. R. Soc. Interface, 5, 47 (2008).
4. Koreneva L. G., Nonlinear Optics of Molecular Crystals, Moscow: Science (1985).
5. Andrade-Filho T., Martins T. et al., Theor. Chem. Acc., 135, 185 (2016).
6. Zelenovskiy P., Davydov A. et al., J. Raman Spectrosc., 48, 1401 (2017).



## ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ AlN ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ C<sup>2+</sup> С ЭНЕРГИЕЙ 40 КЭВ

Гладких Т.<sup>1</sup>, Козловский А.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>2)</sup> Астанинский филиал Института ядерной физики, г. Астана, Казахстан

\*E-mail: [kozlovskiy.a@inp.kz](mailto:kozlovskiy.a@inp.kz)

## CHANGES IN THE OPTICAL PROPERTIES OF AlN IRRADIATED WITH C<sup>2+</sup> IONS WITH ENERGY 40 KEV

Gladkikh T.<sup>1</sup>, Kozlovskiy A.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2)</sup> Astana Branch of the Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan

Annotation. The effect of irradiation with C<sup>2+</sup> ions on changes in optical and structural properties of AlN-based ceramics has been studied. The choice of C<sup>2+</sup> ions is due to the possibility of modeling defects formation in the surface layers, as well as the formation of carbide phases in the structure during irradiation.

Нитридные материалы (BN, AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) считаются наиболее подходящими кандидатами для разработки оптических и диагностических окон, изоляционных материалов, стенок реакторов [1,2]. Общеизвестно, что накопление радиационно-индуцированных дефектов кристаллической структуры оказывает сильное влияние на функциональность различных функциональных и особенно оптических компонентов.

В работе представлены результаты изучения влияния облучения ионами C<sup>2+</sup> с энергией 40 кэВ на структурные и оптические свойства керамик AlN, интерес к которым обусловлен применению AlN в качестве материала для ядерной энергетики обусловлен высокой коррозионной стойкостью и радиационной устойчивостью к продуктам деления, а также малым поперечным сечением захвата тепловых нейтронов. Облучение образцов AlN (CRYSTAL GmbH, Germany) проводилось на ускорителе тяжелых ионов «ДЦ-60» Астанинского филиала Института Ядерной Физики ионами C<sup>2+</sup> с энергией 40 кэВ с флюенсом от 10<sup>14</sup> до 10<sup>15</sup> ион/см<sup>2</sup> при температуре облучения 300 К. Выбор иона C<sup>2+</sup> обусловлен возможностью моделирования образования дефектов в приповерхностных слоях, а также образованием карбидных фаз в структуре при облучении и их влиянию на оптические и структурные свойства керамик.

Для оценки влияния флюенса облучения на оптические свойства керамик были применены методы термостимулированной люминесценции и оптической абсорбционной спектрофотометрии. Спектральная линия при 3.2 эВ наблюдаемая на спектре относится к основным центрам рекомбинации в AlN. Наличие малых максимумов при 1.8 - 2.0 эВ обусловлено увеличением концентрации примесей в структуре в результате внедрения ионов углерода. Снижение интенсивности для облученных образцов обусловлено возникновением дефектов, а также

увеличением примесных атомов, которые приводят к замещению атомов Al и N в структуре. Возникновение дополнительных дефектов в структуре приводит к поглощению TSL центров и снижению интенсивности спектров.

1. Kozlovskiy A.L. et al., Vacuum. 155, 412-422 (2018).
2. Kozlovskiy A., et al. Ceramics International. 44(16), 19787-19793 (2018).

### ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА $Mn_{1.8}Co_{1.2}Al$ И СОСТОЯНИЕ СПИНОВОГО БЕСЩЕЛЕВОГО ПОЛУПРОВОДНИКА

Коренистов П.С.<sup>1,2\*</sup>, Шредер Е.И.<sup>2</sup>, Лукоянов А.В.<sup>1,2</sup>, Марченков В.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [korenistov1995@mail.ru](mailto:korenistov1995@mail.ru)

### ELECTRONIC STRUCTURE, ELECTRICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF $Mn_{1.8}Co_{1.2}Al$ ALLOY AND SPIN GAPLESS SEMICONDUCTOR STATE

Korenistov P.S.<sup>1,2\*</sup>, Shreder E.I.<sup>2</sup>, Lykoyanov A.V.<sup>1,2</sup>, Marchenkov V.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia

Alloy  $Mn_{1.8}Co_{1.2}Al$  was synthesized, and its electroresistivity and optical properties were investigated. A comparison of the obtained experimental data with the results of calculations of the electronic structure of a similar alloy composition was carried out. The obtained results are discussed in frame of modern ideas on spin gapless semiconductors.

В последние годы внимание исследователей привлекают сплавы Гейслера  $Mn_2CoZ$ , где Z – элемент III, IV – группы. Данные сплавы относятся к так называемым спиновым бесщелевым полупроводникам (СБП), в которых может возникать зонная щель в одной спиновой подзоне носителей тока и нулевая щель в другой, что может приводить к сильной спиновой поляризации носителей заряда. Это делает данные сплавы многообещающими материалами для спинтроники. Атомный беспорядок, возникающий за счет взаимного замещения атомов в таких материалах, может стать причиной «закрытия» энергетической щели в электронной плотности состояний, а также к увеличению плотности состояний для электронов со спином вверх, т.е. к нарушению условий СБП-состояния. Вероятнее всего атомный беспорядок будет происходить и при отклонении состава от стехиометрического, что должно проявляться в электрических и оптических свойствах таких СБП-материалов.

Поэтому был синтезирован сплав  $Mn_{1.8}Co_{1.2}Al$ , исследованы его электросопротивление и оптические свойства, проведено сравнение полученных экспериментальных данных с результатами расчетов близкого по составу сплава  $Mn_{1.75}Co_{1.25}Al$ . Цель работы – изучение электронных свойств спинового бесщелевого полупроводника  $Mn_{1.8}Co_{1.2}Al$ , трансформации его электронной структуры при изменении типа кристаллической структуры.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (тема “Электрон”, АААА18-118020190098-5 и “Спин”, № АААА-А18-118020290104-2) при частичной поддержке РФФИ (проекты № 16-52-48012 и № 18-02-00739) и Правительства Российской Федерации (постановление № 211, контракт № 02.А03.21.0006).*

## МИКРОСТРУКТУРА ТЕРМОБАРИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ Al-Ti-N

Зыков Ф.М.<sup>1\*</sup>, Кудякова В.С.<sup>1</sup>, Шишкин Р.А.<sup>1</sup>, Юферов Ю.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zykov.fm@yahoo.com](mailto:zykov.fm@yahoo.com)

## MICROSTRUCTURE OF THE HPHT TREATED Al-Ti-N SYSTEM

Zykov F.M.<sup>1\*</sup>, Kudyakova V.S.<sup>1</sup>, Shishkin R.A.<sup>1</sup>, Yuferov Yu.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Microstructure of the HPHT treated Al-Ti-N system was investigated by XRD, Raman spectroscopy, BSE and chemical microanalysis to study influence of the TiN additivity on the parameters of the AlN polymorphic transition.

Известно несколько кристаллических модификаций нитрида алюминия: наиболее устойчивая (и хорошо изученная) обладает гексагональной решеткой типа вюрцита ( $w$ -AlN), а известные метастабильные фазы – кубической структурой типа сфалерита ( $zb$ -AlN) и каменной соли ( $rs$ -AlN), для которых спрогнозированы более высокие значения теплопроводности, механической и электрической прочностью вследствие большей симметрии кристаллической структуры. Модификация  $rs$ -AlN становится стабильной при повышенных давлениях (более 16,5 ГПа), в то время как  $zb$ -AlN является метастабильной модификацией во всех изученных диапазонах давлений.

В настоящей работе представлено исследование полиморфного перехода смеси AlN/TiN с небольшой концентрацией TiN (3 мол. %) с оценкой влияния добавки нитрида титана, обладающего схожими параметрами ячейки с кубическим нитридом алюминия, на значение давления, стабилизирующего кубический нитрид алюминия.

Термобарическую обработку проводили в камере одноосного сжатия типа «двойной тороид» [28] при давлении ~12.0 ГПа при температурах 1200 и 1500 °С.

Микроструктура полученных в ходе. Для этого таблетки диаметром 5 мм и высотой 3 мм, сформованные из порошковой смеси нитридов алюминия и титана, помещались в ячейку высокого давления из литографского камня.

В таблице 1 представлены условия экспериментов.

Таблица 1 – химический состав образцов и условия экспериментов

№ образца	Мольное содержание титана в $Al_xTi_xN$ , %	Температура, °С	Давление, ГПа	Время обработки, мин
498	3	1200	12	3
563	3	1500	12	3

Микроструктура полученных образцов была изучена с помощью Рамановской спектроскопии, рентгеновской дифракции, электронной микроскопией в обратноотраженных электронах и химическим микроанализом. Были проанализированы поверхности двух образцов, а также две поверхности одного образца – параллельная и нормальная прикладываемому давлению.

Результаты показали области переменного состава вблизи границы раздела фаз  $AlN/TiN$ , наличие кубической фазы по данным РФА в образце 563, который обрабатывался при более высокой температуре, а также различия в спектральных характеристиках комбинационного рассеяния света двух образцов и двух поверхностях одного и того же образца, что позволило сформулировать условия влияющие на образование кубической фазы нитрида алюминия и подтвердить гипотезу о стабилизирующем воздействии добавки нитрида титана.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01136.*

## ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ТЕНЗОМАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК С ОДНОНАПРАВЛЕННОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ

Кудюков Е.В.\*, Балымов К.Г., Васьковский В.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [e.v.kudyukov@urfu.ru](mailto:e.v.kudyukov@urfu.ru)

## EFFECT OF ANNEALING ON STRESS-MAGNETORESISTANCE PROPERTIES OF FILMS WITH UNIDIRECTIONAL ANISOTROPY

Kudyukov E.V.\*, Balymov K.G., Vas'kovskiy V.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this work, the effect of thermomagnetic processing on the magnetoresistance of  $Fe_{10}Ni_{90}$  and  $Co_{20}Ni_{80}$  films with unidirectional anisotropy under conditions of controlled elastic deformation (stress-magnetoresistive effect) is investigated. The optimization of film properties for the purpose of using them as a sensor environment for mechanical force sensors has been carried out.

Важной отличительной чертой современного материаловедения функциональных материалов является ориентация на комбинаторное использование нескольких взаимосвязанных физических явлений. В частности, определённое сочетание анизотропной магнитострикции и анизотропии магнитосопротивления (АМС) в магнитоупорядоченных веществах приводит к так называемому тензотензорезистивному эффекту (ТМР) [1]. Пленки, обладающие данным эффектом, можно рассматривать как перспективную сенсорную среду для датчиков давления и деформаций. При комнатной температуре наибольшие значения АМС (более 4%) характерны для сплавов 3d-металлов, в частности,  $Co_{20}Ni_{80}$  и  $Fe_{10}Ni_{90}$ . Данные сплавы так же имеют достаточно высокую отрицательную магнитострикцию ( $\sim 20$  р.р.м.). Однако последнее приводит к повышенному магнитному гистерезису, что отрицательно сказывается на эксплуатационных свойствах сенсорной среды. Минимизацию этого недостатка можно ожидать в многослойных плёночных структурах с однонаправленной анизотропией в функциональных слоях. Данная работа посвящена исследованию влияния термомагнитной обработки на тензотензорезистивные свойства многослойных плёнок с ферромагнитными слоями  $Co_{20}Ni_{80}$  или  $Fe_{10}Ni_{90}$ , в которых однонаправленная анизотропия реализована за счёт обменной связи с антиферромагнитным слоем FeMn.

Методом магнетронного напыления получены плёночные структуры типа  $Ta(5)/Fe_{20}Ni_{80}(5)/FeMn(20)/X(L)$ , где  $X = Fe_{10}Ni_{90}, Co_{20}Ni_{80}$ , а в скобках указаны толщины слоев в нм. При этом толщина ферромагнитных слоёв  $L$  варьировалась в пределах  $40 \div 80$  нм. Плёнки формировались на стеклянных подложках Corning толщиной 0,2 мм в однородном магнитном поле параллельном их плоскости. Блок слоев  $Ta/Fe_{20}Ni_{80}/FeMn$  выполнял роль источника обменного смещения в функциональных слоях. Отжиг производился в вакууме сразу после напыления

плёнок в течение 1 часа. Температура отжига варьировалась в пределах 100-400°C. Тензомагниторезистивные свойства полученных структур измерялись на специализированной установке ЕМРD-2 в условиях контролируемой деформации. Гистерезисные свойства контролировались по магнитооптическим петлям гистерезиса, измеренным с помощью Керр-микроскопа Evico-magnetics.

В результате представлены систематические экспериментальные данные, показывающие, что отжиг существенно влияет на ТМР-свойства многослойных плёнок. На их основе определены оптимальные условия термомагнитной обработки, которые, в частности, позволяют увеличить чувствительность пленочных элементов к деформации более чем на 100% при минимальном гистерезисе полезного сигнала.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «УМНИК», договор №11988ГУ/2017 от 04.07.2017.*

1. Balymov K.G., Kudyukov E.V. et al., KnE, 11-16 (2016).

## MAGNETIZATION CONFIGURATIONS IN SOFT MAGNETIC Fe-Nb-Cu-Si-B FILMS WITH PERIODIC NANOSCALE CURVATURE

Kulesh N.<sup>1\*</sup>, Mikhalytsyna E.A.<sup>1</sup>, Bolyachkin A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [nikita.kulesh@urfu.ru](mailto:nikita.kulesh@urfu.ru)

Barrier layers of porous alumina were used as substrates for depositing the Finemet alloy providing a flexible control over the curvature parameters. Investigation of macroscopic and local magnetization processes on samples with curvature diameter of 105 and 320 nm revealed the increased coercivity comparing to the flat films with similar magnetization reversal mechanism. The conditions for vortices formation were determined using micromagnetic modelling and verified experimentally.

Introduction of the curvature to the planar surface in a controlled way provides a new possibility of functionalization by tailoring the geometry rather than material properties. This approach makes possible topologically driven magnetization distribution which is particularly useful in many emerging areas of spintronics and magnonics [1]. Curvilinear geometry at nanoscale leads to a variety of exotic configurations including skyrmionic systems, vortices, and magnonic crystals [2]. In this work we investigate magnetization processes in thin films deposited onto the substrates with nanoscale curvature, consisting of hexagonally-packed semispheres with precisely controlled parameters. To determine and verify the conditions for the appearance of vortex-like configurations we employed micromagnetic modelling as well a variety of experimental methods.

Samples were synthesized by depositing 5 to 30 nm thick films of the Finemet alloy with Fe-Nb-Cu-Si-B composition by magnetron sputtering onto the glass (reference sample) or anodic alumina substrates. Periodically arranged semispheres appeared on a barrier layer of porous alumina oxide layer as a result of anodization process. The diameter and the distance between the centers of the nearest semispheres were controlled by choosing the appropriate anodization and varied between 105 nm and 320 nm. Hysteresis loops were measured using the vibrating sample magnetometer or the Kerr microscope, which was also employed for visualizing the magnetic domain structure on the mesoscopic scale. Local magnetization configurations were studied using the magnetic force microscopy. Micromagnetic simulations were performed using the GPU-accelerated program mumax<sup>3</sup> [3].

Using the micromagnetic simulation, we determined a phase diagram showing regions of film thicknesses and semispheres diameters where vortex configurations can be stabilized. The presence of magnetic interconnections between the semispheres were demonstrated to strongly reduce the size of such region. The minimal diameter for getting stable vortices was shown to be around 300 nm with thickness less than 30 nm. The hysteresis loop typical for vortex configuration, however, was observed for only for separate semispheres, whereas for continuous film the loop had regular rectangular shape with reduced remanence. These results were confirmed experimentally for Finemet films with semispheres diameter of 105 and 320 nm: hysteresis loops had enhanced coercivity and no stable vortices were detected by magnetic force microscopy. In conclusion, at the current stage no stable vortices were observed experimentally, but, according to the results of micromagnetic simulations, they can be stabilized more easily by using semispheres of large diameter (around 500 nm), or by weakening the connection between semispheres by using the oblique deposition.

*The reported study was funded by RFBR according to the research project mol\_a № 18-32-00221.*

1. Streubel R., Fischer P. et al., J. Phys. D: Appl. Phys., 49, 363001 (2016).
2. Sheka D.D, Kravchuk V.P., Gaididei Y., J. Phys. A: Math. Theor., 48, 125202 (2015)
3. Vansteenkiste A., Leliaert J., et al., AIP Advances, 4, 107133 (2014)

**MODELING OF ELECTRONIC AND OPTICAL PROPERTIES OF C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> WITHIN DFT FRAME**

Lei X.<sup>1</sup>, Boukhvalov D.W.<sup>1,2\*</sup>, Zatsepin A.F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Hanyang University, Seoul, Republic of Korea

\*E-mail: [lei@urfu.ru](mailto:lei@urfu.ru), [daniel@hanyang.ac.kr](mailto:daniel@hanyang.ac.kr)

**Abstract.** The electronic and optical properties of bulk-, supercell- and nanocluster-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> are studied by the first-principles calculations within the framework of the density functional theory (DFT). From the density of states of carbonitride, it was found that valence band occupied by N 2p states, conduction band occupied by C 2p states. The light permeability spectrum displays the wide photoconductive response interval and a high peak of C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.

DFT [1] is the most propagated approach in first principles calculations of realistic systems. This method plays an important role in condensed matter theory and material sciences. The electronic structure determines the basic properties of matter such as electric, magnetic, thermal and mechanical.

In adiabatic approximation we exclude dense small size nuclei from consideration and reduce multi-atomic system to multi-electron system. In order to discuss these systems, we make further reduction of multi-electron problem to single-electron by considering of the motion of electron in the field of others. For this approach Hartree–Fock method [2] was developed. The main disadvantage of approximation is ignoring of the spin correlation energy between antiparallel electrons, while DFT considering the correlation energy of electrons within exchange-correlation term. DFT established on Hohenberg-Kohn Theorem [3], its core idea is to use the density of particles to reflect properties of the ground states of molecules, atoms and solids, so that the corresponding electronic structure and total energy can be obtained. However, Hohenberg-Kohn theorem cannot solve because of the difficulty of the interaction term in kinetic energy functional, so Kohn-Sham equation [4] is proposed.

The calculations of C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> were performed within DFT frame by using plane-wave pseudopotential approach in CASTEP codes [5]. Modeling of bulk C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and supercell 2×2×2, we used generalized gradient approximation of PBE to describe exchange-correlation potential. Energy cutoff of plane-wave was set to be 450 eV, the special points sampling integration over the Brillouin zone were performed using a k-mesh of dimensions 2×2×2 k-points mesh according to a Monkhorst–Pack scheme.

The result show that C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> is an indirect gap semiconductor, the bandgap value of bulk and supercell is 3.812eV, 3.806eV, in the case of a nanocluster, the formation of broken bonds on the surface occurs, which is manifested in the formation of a peak at the Fermi level, the valence band occupied by N 2p states, the conduction band occupied by C 2p states. The optical properties of C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (Fig. 1) show there are two absorption peaks for light absorption in the ultraviolet region, in the case of a nanocluster, a second peak is blurred due to the appearance of surface states. The light permeability spectrum displays wide photoconductive response interval and a high peak of C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.



These results demonstrate that the materials  $C_3N_4$  with good optical conductivity is prospective in the field of photoelectric equipment.

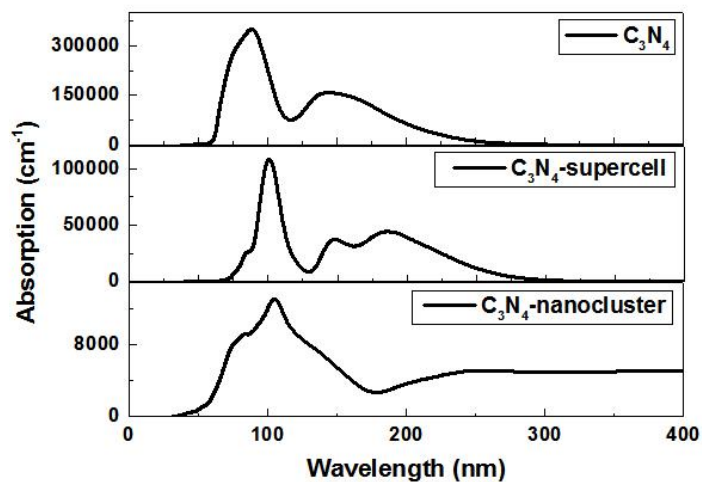


Fig. 1. The absorption of  $C_3N_4$ .

1. Stephens J.P., Devlin J.F. et al., J. Phys. Chem., 98, 11623 (1994).
2. Slater J.C., Phys. Rev., 81, 538 (1951).
3. Hohenberg P., Kohn W., Phys. Rev., 136, B864 (1964).
4. Kohn W., Sham J.L., Phys. Rev., 140, A1133 (1965).
5. Segall D. M., Lindan D. J. P. et al., J. Phys. Condens. Matter, 14, 2717 (2002).

## **ВЛИЯНИЕ ГРАДИЕНТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА НА ИСХОДНУЮ ДОМЕННУЮ СТРУКТУРУ В ТАНТАЛАТЕ ЛИТИЯ**

Лисьих Б.И.\*, Пряхина В.И., Грешняков Е.Д., Небогатиков М.С., Шур В.Я.

Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [lisjikh.boris@yandex.ru](mailto:lisjikh.boris@yandex.ru)

## **INFLUENCE OF COMPOSITION GRADIENTS ON INITIAL DOMAIN STRUCTURE IN LITHIUM TANTALATE**

Lisjikh B.I.\*, Pryakhina V.I., Greshnyakov E.D., Nebogatikov M.S., Shur V.Ya.

School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The influence of spatial compositional distribution on initial domain structure in LiTaO<sub>3</sub> was studied. Inhomogeneous distribution was produced by vapor transport equilibration. Depending on distribution of composition different types of domain structures were revealed.

Исследовалось влияние неоднородного распределения состава на исходную доменную структуру в монокристаллах танталата лития (LiTaO<sub>3</sub>, LT). Состав монокристаллов характеризовался отклонением относительной концентрации лития от стехиометрического состава ( $c_{Li} = [Li]/([Li]+[Ta]) = 50$  мол.%).

Исходные образцы представляли собой пластины LT конгруэнтного состава ( $c_{Li} = 48,5$  мол.%) толщиной 0,5 мм, вырезанные перпендикулярно полярной оси. Неоднородное распределение состава в исследуемых образцах было получено в результате высокотемпературного (1100 °C) отжига в насыщенной Li атмосфере за счет реакции газотранспортного равновесия (vapor transport equilibration – VTE). Отжиг включал в себя стадии нагрева и охлаждения со скоростью 1 °C/мин и стадию выдержки при постоянной температуре длительностью 0-96 ч. После выдержки в течение 96 ч пластины имели пространственно однородный стехиометрический состав. При меньшей продолжительности стадии выдержки формировался градиент состава вдоль полярной оси.

Пространственное распределение состава измерялось с помощью конфокальной спектроскопии комбинационного рассеяния. Визуализация доменной структуры на поверхности после селективного химического травления проводилась с помощью оптической и сканирующей электронной микроскопии. Неразрушающая визуализация доменной структуры в объеме проводилась при помощи микроскопии генерации второй гармоники типа Черенкова и конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния.

При охлаждении LT после VTE отжига в результате фазового перехода формировалась исходная доменная структура, параметры которой зависели от пространственного распределения состава.

В отсутствие стадии выдержки (0 ч) в процессе VTE отжига в пластинах LT формировались приповерхностные монодоменные слои толщиной 20-30 мкм, которые соответствовали областям с неоднородным составом. В областях пластин с однородным конгруэнтным составом формировался полидоменный слой, представлявший собой сложную структуру, состоящую из заряженных доменных стенок вида хвост-к-хвосту и голова-к-голове. Увеличение времени выдержки приводило к сужению полидоменного слоя. При VTE отжиге более 48 ч полидоменный слой исчезал, и в объеме пластины формировалась непрерывная заряженная доменная стенка вида хвост-к-хвосту [1].

Визуализация доменной структуры в объеме показала наличие изолированных сквозных и несквозных доменов, растущих от заряженной доменной стенки. Их формирование происходило под действием пироэлектрического поля, возникающего при охлаждении после VTE отжига. Несквозные субмикронные домены были локализованы вблизи доменной стенки, сквозные домены, диаметром не более 5 мкм, достигали полярных поверхностей. Форма сквозных доменов изменялась с глубиной в зависимости от локального состава: шестиугольная форма наблюдалась в областях со стехиометрическим составом, треугольная форма – в областях с конгруэнтным составом [2].

1. Pryakhina V.I., Greshnyakov E.D., Lisjikh B.I., Akhmatkhanov A.R., Alikin D.O., Shur V.Ya., Bartasyte A., *Ferroelectrics*, 121, 47 (2018).
2. Pryakhina V.I., Greshnyakov E.D., Lisjikh B.I., Nebogatikov M.S., Shur V.Ya., *Ferroelectrics* (2019) – *in print*.

**ФОТОДЕГРАДАЦИЯ CsSnI<sub>3</sub> ПО ДАННЫМ РФЭС**

Лосев Т.С.<sup>1\*</sup>, Жидков И.С.<sup>1</sup>, Акбулатов А.Ф.<sup>2</sup>, Трошин П.А.<sup>2,3</sup>, Курмаев Э.З.<sup>1,4</sup>

- <sup>1)</sup> Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия  
<sup>2)</sup> Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка, Россия  
<sup>3)</sup> Сколковский институт науки и технологий, г. Москва, Россия  
<sup>4)</sup> Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tlosev2014@gmail.com](mailto:tlosev2014@gmail.com)

**PHOTODEGRADATION OF CsSnI<sub>3</sub> INVESTIGATED BY MEAN OF XPS**

Losev T.S.<sup>1\*</sup>, Zhidkov I.S.<sup>1</sup>, Akbulatov A.F.<sup>2</sup>, Troshin P.A.<sup>2,3</sup>, Kurmaev E.Z.<sup>1,4</sup>

- <sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia  
<sup>2)</sup> Institute of Problems of Chemical Physics of RAS, Chernogolovka, Russia  
<sup>3)</sup> Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia  
<sup>4)</sup> Institute of Metal Physics of UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The results of XPS measurements for CsSnI<sub>3</sub> irradiated with UV light are presented. It is found that the compounds are stable up to 500 hours of irradiation. An attempt to predict chemical reactions on the surface of compound was made.

В последние годы уделяется большое внимание исследованию новых материалов, применение которых возможно в альтернативной энергетике, в том числе и солнечной. Одними из наиболее перспективных материалов, используемых в солнечных ячейках, оказались металл-органические плёнки со структурой перовскита. Несмотря на достаточно высокий КПД (до 20 %) такие материалы демонстрируют плохую временную стабильность, обусловленную деградацией перовскитного материала. Так наиболее часто применяемый MAPbI<sub>3</sub> (МА – метиламмоний CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>) имеет фазовый переход при 70 С, а время работы устройств на его основе не превышает 1,5 месяцев. Кроме того, используемый в таких ячейках свинец является токсичным, что так же требует поиска альтернативных составов. Ранее было предложено использовать полностью неорганические плёнки CsSnI<sub>3</sub> с перовскитной кристаллической решеткой, в частности на их основе были разработаны фотоэлементы с CsSnI<sub>3</sub> с максимальным КПД 10,2% [1].

Исследование веществ сложного состава методом рентгеновской спектроскопии обеспечивает наибольшую эффективность, так как позволяет получать информацию об энергетике химических связей, структуре ВЗ, а сравнение методом эталонов позволяет оценить вклад отдельных компонентов в энергетический спектр электронных состояний объекта. Стоит отметить, что РФЭС является поверхностно чувствительным методом, что делает его важным инструментом при исследовании тонких плёнок.

В данной работе исследованы тонкие плёнки CsSnI<sub>3</sub> в исходном состоянии и подвергнутые воздействию ультрафиолетового излучения (350 нм, 70 мВт/см<sup>2</sup>) в течение 100-1000 часов. Температура подложки в процессе облучения не превышала 45 С. В качестве эталонов использовались SnO<sub>2</sub> [2] и SnI<sub>2</sub> [3].

В начальном состоянии помимо изучаемого вещества  $\text{CsSnI}_3$  были обнаружены сигналы от кремния (соответствует  $\text{SiO}_2$ ) и окисленного олова (соответствует  $\text{SnO}_2$ ). Через 100 часов вследствие деградации  $\text{CsSnI}_3$  образуются  $\text{SnO}_2$  и  $\text{SnI}_2$ . Cs переходит в CsI и в CsOH. Через 300 часов наблюдается увеличение концентрации  $\text{SnI}_2$ . Через 500 часов начинает увеличиваться количество окисленных ионов олова ( $\text{SnO}_2$ ) и уменьшение  $\text{SnI}_2$ . Через 1000 часов подтверждена общая тенденция к переходу Sn из  $\text{SnI}_2$  в  $\text{SnO}_2$ .

По данным произведен анализ и выявлено, что  $\text{CsSnI}_3$  деградирует на  $\text{SnI}_2$  и CsI. Также, из-за доступа кислорода воздуха к образцам, образуется  $\text{SnO}_2$ , причем Sn из  $\text{SnI}_2$  постепенно переходит в  $\text{SnO}_2$ . Отсутствие явно выраженного пика Cs в области CsI (723,9 эВ) свидетельствует о том, что CsI деградирует и Cs переходит в CsOH.

Таким образом,  $\text{CsSnI}_3$  начинает деградировать уже через 100 часов воздействия УФ-излучения. А полная деградация исходного материала происходит в диапазоне 500-1000 часов.

1. Chung I et al. Nature 485:486–489. (2012)
2. О.А. Чувенкова и др. Физ. тверд. тела т.57, вып.1(2015)
3. Kenneth P. Marshall et al. Journal of Materials Chemistry A, 3, 11631-11640 (2015)

## МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР $[\text{ZnO}/\text{C}]_{25}$

Каширин М.А., Макагонов В.А.\*, Панков С.Ю., Фошин В.А.

Воронежский Государственный Технический Университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [vlad\\_makagonov@mail.ru](mailto:vlad_makagonov@mail.ru)

## MAGNETORESISTANCE OF $[\text{ZnO}/\text{C}]_{25}$ MULTILAYER THIN-FILM STRUCTURES

Kashirin M.A., Makagonov V.A.\*, Pankov S.Yu., Foshin V.A.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Annotation. The magnetoresistance of  $[\text{ZnO}/\text{C}]_{25}$  multilayer systems prepared by ion-beam sputtering has been investigated. It is supposed that a spin-dependent tunneling mechanism a determinative a magnetoresistance of those samples.

Для получения тонких пленок  $[\text{ZnO}/\text{C}]_{25}$  использовался метод ионно-лучевого напыления. Формирование многослойной структуры происходило путем поочередного осаждения слоев ZnO и C. Количество бислоев ZnO/C составило 25, общая толщина пленки 130-150 нм.

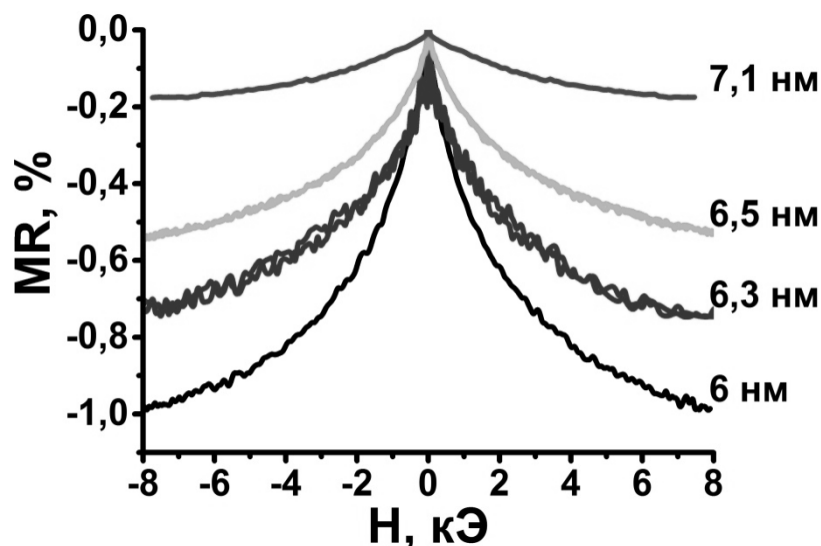


Рис. 1. Полевые зависимости магнитосопротивления многослойных структур  $[\text{ZnO}/\text{C}]_{25}$ , измеренные при  $T = 77$  К с различной толщиной бислоя (указаны цифрами у графиков)

Полевые зависимости магнитосопротивления полученных слоистых систем  $[\text{ZnO}/\text{C}]_{25}$  (см. рис. 1) типичны для систем ферромагнитный металл-диэлектрик, что указывает на механизм спин-зависимого туннелирования, как определяющего магнитосопротивление исследованных образцов, который наблюдался ранее в пленках  $\text{ZnO}$ , однородно легированных углеродом и обладающих ферромагнитными свойствами [1]. Малые значения магнитосопротивления обусловлены крайне высокими значениями плотности и числа локализованных состояний вблизи уровня Ферми матрицы  $\text{ZnO}$  исследованных систем.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках проектной части государственного задания (3.1867.2017/4.6).*

1. Heng T.S., Lau S.P. et al., Appl. Phys. Lett., 95, 012505 (2009).

## СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ПРИРОДНОЙ БЛАГОРОДНОЙ ШПИНЕЛИ С АНОМАЛЬНО ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ХРОМА

Макарова А.С.<sup>1\*</sup>, Щапова Ю.В.<sup>1,2</sup>, Панкрушина Е.А.<sup>2</sup>,  
Кисин А.Ю.<sup>2</sup>, Вотяков С.Л.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [makaaliser@mail.ru](mailto:makaaliser@mail.ru)

## STRUCTURAL FEATURES AND LUMINESCENCE OF NATURAL SPINEL WITH ABNORMALLY HIGH CHROMIUM CONTENT

Makarova A.S.<sup>1\*</sup>, Shchapova Yu.V.<sup>1,2</sup>, Pankrushina E.A.<sup>1</sup>,  
Kisin A.Yu., Votyakov S.L.

<sup>1)</sup> Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Natural Cr-bearing spinel crystals with  $\#Cr = Cr/(Cr+Al) = 0.008 \div 0.20$  have been investigated by Raman and photoluminescence spectroscopy. The increase of (i) the width and the asymmetry of  $E_g$  and  $F_{2g}(1)$  vibrational modes and (ii) the relative intensity of zero-phonon photoluminescence N-lines of  $^{VI}Cr^{3+}$  found with the increase of  $\#Cr$ . It was assumed that the structural disordering of high-Cr spinel is due to both  $^{VI}Cr \rightarrow ^{VI}Al$  substitution and cation inversion Mg-Al.

Благородная шпинель  $MgAl_2O_4$  – один из основных компонентов твердых растворов  $^{IV}(A_{1-\delta}B_\delta)^{VI}(A_\delta B_{2-\delta})O_4$  ( $A=Mg, Fe^{2+}$ , др.,  $B=Al, Cr, Fe^{3+}$ , др.). Особенности примесного состава, люминесценции, степени обращения структуры ( $\delta$ ) как характеристики распределения катионов  $A^{2+}$  и  $B^{3+}$  по окта- и тетрапозициям важны для анализа генезиса и термической истории минерала, в частности, в геммологии [1]. Изучению шпинели, содержащей следы Cr, посвящено много публикаций, однако систематические исследования высоко-хромистых шпинелей нам неизвестны.

Цель работы – изучение рамановского рассеяния (РР) и ФЛ шпинели трёх генераций (ШКЧ-1-4) из мраморов Кочкарского антиклинория (Ю. Урал) с аномально высокими концентрациями  $\#Cr = Cr/(Cr+Al) = 0.008 \div 0.20$ .

В спектрах РР (рис.а) шпинели с  $\#Cr < 0.020$  присутствуют четыре из пяти колебательных мод  $A_{1g}$ ,  $E_g$ ,  $3F_{2g}$ , характерных для нормальной ( $\delta = 0$ ) структуры; спектры шпинели с  $0.020 < \#Cr < 0.200$  близки к спектрам синтетических твердых растворов  $Mg(Cr_xAl_{2-x})O_4$  [2] и природных хромшпинелей ( $\#Cr = 0.1 \div 0.2$ ,  $\delta < 0,14$ ) [3]. С ростом  $\#Cr$  энергия колебательных мод  $A_{1g}$  (симметричные колебания растяжения  $MgO_4$ ) и  $F_{2g}(3)$  (колебания растяжения  $AlO_6$ ) уменьшается, причем в области «малых добавок» ( $\#Cr < 0.050$ ), в отличие от [3], зависимость нелинейна.

Ширина моды  $E_g$  (деформационные колебания  $MgO_4$ ) существенно возрастает, а мода  $F_{2g}(1)$  (решеточные колебания  $T(Mg)$ ) становится асимметричной, что указывает на разупорядочение структуры. Спектр ФЛ  $Cr^{3+}$  (рис.б) состоит из бесфонной R-линии ( ${}^VI Cr^{3+}$  переходы  ${}^2E_g \rightarrow {}^4A_{2g}$ ) и ее фонного крыла, бесфонных  $N_{1-3}$ -линий ( ${}^VI Cr^{3+}$  в позициях с несколько различной структурой ближнего порядка [4]) и  $N_4$ -линии ( ${}^VI Cr^{3+}$  при взаимодействии Cr-Cr-пар [4]). При  $\#Cr < 0.050$  установлен пропорциональный рост относительной интенсивности  $N_4/R_1$  и  $\#Cr$ ; в ряде случаев при этом наблюдается рост  $N_{1,2,3}/R_1$ , что может отражать рост степени обращения. Предположено, что структурное разупорядочение шпинели с ростом  $\#Cr$  обусловлено как замещениями  $Cr \rightarrow Al$  в октаэдрах, так и увеличением степени обращения структуры (межпозиционным обменом  $Mg \leftrightarrow Al$ ). Работа выполнена в ЦКП «Геоаналитик» при поддержке грантов РНФ № 16-17-10283 и РФФИ №18-05-01153.

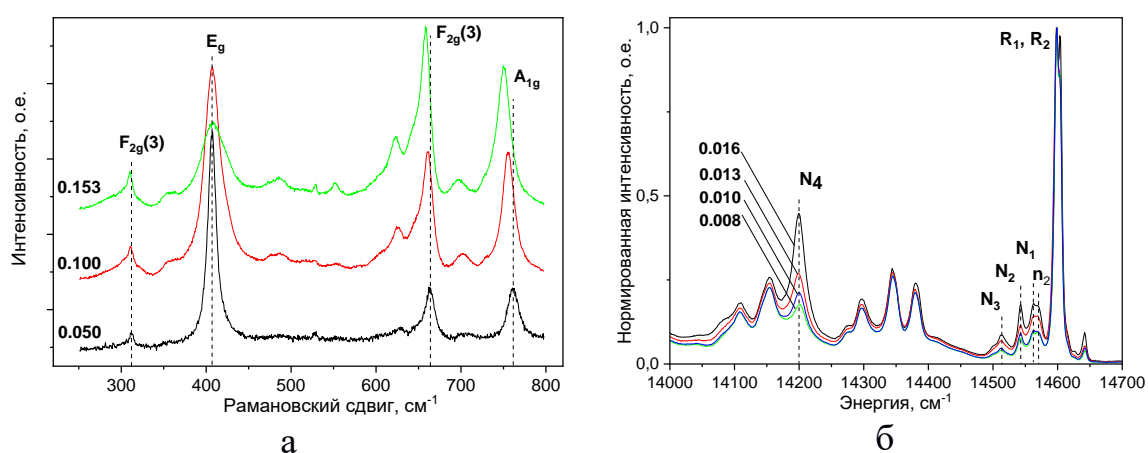


Рис. Типичные спектры РР (а) и ФЛ (б) природной шпинели ШКЧ-2,3,4. Спектрометр LabRam HR800 Evolution, возбуждение 514 (а) и 488 нм (б), температура наблюдения 300 (а) и 80 К (б), пространственное разрешение 1 мкм

1. Widmer R., Malsy A.-K., Armbruster T. Phys. Chem. Minerals., 42, 251 (2015).
2. Malézieux J.M., Barbillat J. et al., TМРМ, 32, 171 (1983).
3. Lenaz D., Lughì. American Mineralogist, 102, 327 (2017).
4. Mikenda W., Preisinger A. Journal of Luminescence, 26, 53 (1981).



**СРАВНЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ И  
МЕХАНИЧЕСКОГО УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА АМОРФНЫЙ  
СПЛАВ  $Fe_{72,5}Cu_1Nb_2Mo_{1,5}Si_{14}B_9$**

Романов И.Ю.<sup>1,2</sup>, Ушаков И.В.<sup>1</sup>, Макаров Е.В.<sup>2\*</sup>, Овчинников В.В.<sup>1,2</sup>, Чолах С.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [efre-m@yandex.ru](mailto:efre-m@yandex.ru)

**COMPARISON OF THE ION BOMBARDMENT INFLUENCE AND SHOCK  
MECHANICAL LOADING ON AMORPHOUS ALLOY  
 $Fe_{72,5}Cu_1Nb_2Mo_{1,5}Si_{14}B_9$**

Romanov I.Yu.<sup>2</sup>, Ushakov I.V.<sup>1</sup>, Makarov E.V.<sup>2\*</sup>, Ovchinnikov V.V.<sup>1,2</sup>, Cholakh S.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Institute of Electrophysics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

В работе [1] установлено, что изменения микроструктуры холоднодеформированных сплавов ВД1 и В95 системы Al-Cu-Mg в результате механического ударного нагружения полностью аналогичны изменениям, инициируемым ионной бомбардировкой ( $Ar^+$ , 20 – 40 кэВ) при относительно невысоких флюенсах ( $10^{15} - 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ), набираемых за 1 – 8 с.

А именно, в том и другом случае наблюдается процессы трансформации ячеистой дислокационной структуры в субзеренную, а также растворение исходных интерметаллидов и образование идентичных новых фаз (в случае ионного облучения на глубине, в  $10^4 - 10^5$  раз превышающей проективные пробеги ионов).

Ранее была высказана гипотеза [2] о том, что эффекты дальнего действия в метастабильных средах при низкодозном ионном облучении могут быть связаны с запуском посткаскадных ударно-волновых процессов.

Иницирующим фактором при этом являются нанообласти каскадов атомных смещений, так называемые “термические пики” (thermal spikes), являющиеся зонами взрывного энерговыделения. Термализуемые в течение  $\sim 10 - 12$  с быстро расширяющиеся каскадные области, разогреваемые до 5000 – 6000 К и выше, могут являться причиной эмиссии посткаскадных мощных ударных или упругих волн, способных инициировать на своем фронте структурно-фазовые превращения [2].

Аморфный сплав является идеальным объектом для проверки возможности его кристаллизации при пониженных температурах не за счет термического, а за счет механического ударного воздействия.

Нами были проведены эксперименты по ударному нагружению аморфных лент сплава  $Fe_{72,5}Cu_1Nb_2Mo_{1,5}Si_{14}B_9$  толщиной 25 мкм с использованием разработанной в РФЯЦ ВНИИТФ одноступенчатой газовой пушки для изучения

динамических свойств конструкционных материалов, способной генерировать нагружающие импульсы в диапазоне от 1 до 40 ГПа. Диапазон скоростей снаряда с ударником от 80 до 1620 м/с. Скорость ударника подбиралась таким образом, чтобы в процессе неупругого взаимодействия температура аморфной ленты не превышала 350 °С.

Проведенные исследования методами рентгено-структурного анализа и атомной силовой микроскопии показали, что механическое ударное нагружение приводит к мгновенной нанокристаллизации фольги аморфного сплава. Время процесса образования порядка 10 – 5 с. Процесс ударного нагружения сопровождается кратковременным нагревом образцов до 350 °С (что на 150 °С ниже термического порога кристаллизации) и приводит к полной кристаллизации аморфного сплава (во всем объеме лент толщиной 25 мкм) с выделением кристаллов твердого раствора  $\alpha$ -Fe(Si), близкого по составу к  $\text{Fe}_{80}\text{Si}_{20}$ , стабильной фазы  $\text{Fe}_3\text{Si}$  и метастабильных гексагональных фаз. Полученный результат является еще одним косвенным доказательством возможности посткаскадных динамических эффектов при ионной бомбардировке.

1. Овчинников В.В. и др., Известия Вузов. Физика, 59, 3-8 (2016).
2. Овчинников В.В., УФН, 178, 991-1001, (2008).
3. Овчинников В.В., Махинько Ф. Ф., Гущина Н. В., ФММ, 118, 158-166, (2017).
4. Романов И.Ю. и др., Известия Вузов. Физика, 60, 157-165 (2017).

## MATHEMATICAL MODELING OF NONLINEAR GROWTH RATES OF CRYSTALS WITH ALLOWANCE FOR MEIRS KINETICS

Makoveeva E.V.<sup>1\*</sup>, Alexandrov D.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [eugenyalm@gmail.com](mailto:eugenyalm@gmail.com)

The process of nucleation and growth of crystals in a metastable medium is studied theoretically in the presence of Meirs kinetics. The removal of crystals and their “diffusion” in the space of radii are taken into account in the Fokker-Planck equation for the distribution function. The time-dependent external heat (or mass) flux which controls the level of system metastability is included in the heat (mass) balance equation. The effect of nonlinear growth rate for spherical crystals is shown.

The present work is concerned with a mathematical description of the phase transition process in a crystallizer when the kinetic equation takes into account the crystal withdrawal rate and the balance equation contain the heat (mass) source term. The distribution function  $f$  accounting for the particle fluctuations and crystal withdrawal rate takes the form [1, 2]

$$\frac{\partial f}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial r}(gf) + h(r)f = \frac{\partial}{\partial r}\left(D \frac{\partial f}{\partial r}\right), \quad r > r_*. \quad (1)$$

Here  $r$  and  $\tau$  are the spatial and time variables, function  $h(r)$  describes the crystal withdrawal rate and  $r_*$  is the critical radius of crystals. The exact form of coefficient  $D$  is a hard task of statistical physics. However, for the sake of simplicity, one can use the following approximation [1]

$$D = d_1 g(\tau, r) \quad (2)$$

where  $d_1$  is a constant coefficient. The growth rate  $g$  of particles for the kinetic regime can be expressed as [3]

$$g(\tau) = g(\Delta C) = \beta_* \Delta C (1 - k\tau \Delta C), \quad k = \frac{\beta_* \rho_s L}{\lambda_l}, \quad (3)$$

where  $\Delta C$  (or  $\Delta\theta$ ) are the supersaturation (or supercooling),  $C$  (or  $\theta$ ) are the current concentration of impurity (or temperature),  $\beta_*$  is kinetic coefficient,  $\lambda_l$  is the thermal conductivity,  $\rho_s$  is the density of the solid phase,  $L$  is the latent heat of phase transition. Let us assume that the coefficient  $h$  is constant

$$h = \frac{q}{V}, \quad 0 \leq r \leq r_p, \quad (5)$$

where  $q$  and  $V$  are the feed rate and total volume,  $r_p$  is the radius of product crystals. Taking into account expressions (3)-(5) we rewrite the kinetic equation (1) in the form

$$\frac{\partial f}{\partial \tau} + G(C) \frac{\partial f}{\partial r} + hf = d_1 G(C) \frac{\partial^2 f}{\partial r^2}. \quad (6)$$

The mass (heat) balance equations can be written as

$$\frac{dC}{d\tau} = Q_C - 4\pi C_p \int_{r_*}^{\infty} r^2 \left( f(r, \tau) \frac{dr}{d\tau} - D \frac{\partial f}{\partial r} \right) dr, \quad (7)$$

$$\rho_m C_m \frac{d\theta}{d\tau} = Q_\theta + 4\pi L_V \int_{r_*}^{\infty} r^2 \left( f(r, \tau) \frac{dr}{d\tau} - D \frac{\partial f}{\partial r} \right) dr, \quad (8)$$

where  $L_V$  is the latent heat of solidification,  $C_p$  is the concentration at saturation,  $\rho_m$  and  $C_m$  are the density and heat capacity,  $Q_C$  and  $Q_\theta$  are the external mass and heat fluxes.

We assume that the initial distribution function and supersaturation are known

$$f = f_0(r), \tau = 0; \quad \Delta C = \Delta C_0, \tau = 0. \quad (9)$$

The boundary conditions for the distribution function take the form [3]

$$gf - D \frac{\partial f}{\partial r} = I(\Delta C), \quad r = r_*, \quad \tau > 0; \quad (10)$$

$$f = 0, \quad r = r_p. \quad (11)$$

Fig. 1 shows that the nonlinear growth rate of particles in a metastable liquid of crystallizer substantially changes the particle size distribution. Parameter  $\gamma$  characterizes the crystal withdrawal rate.

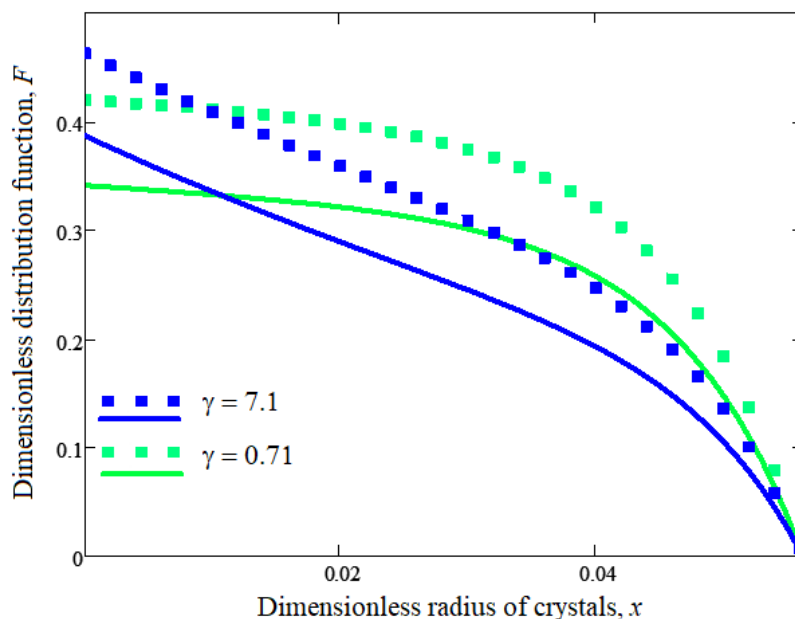


Fig. 1. Dimensionless distribution function versus dimensionless radius of crystals for  $k = 0$  (straight line) and  $k = 2 \cdot 10^{-6}$  (dotted line).

1. Lifshitz E.M., Pitaevskii L.P., Physical Kinetics, Pergamon (1981).
2. Alexandrov D.V., Chem. Eng. Sci., 117, 156 (2014).
3. Alexandrov D.V., Malygin A.P., J. Phys. A: Math. Theor., 46, 455101 (2013).

## РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ГРАФЕНОМ

Макарова К.А.<sup>1\*</sup>, Есеев М.К.<sup>1</sup>, Макаров Д.Н.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

\*E-mail: [ksenya931408@yandex.ru](mailto:ksenya931408@yandex.ru)

## SCATTERING OF ULTRASHORT ELECTROMAGNETIC FIELD PULSES BY GRAPHENE

Makarova K.A.<sup>1\*</sup>, Eseev M.K.<sup>1</sup>, Makarov D.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after MV Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Annotation. The interference spectra are found for scattering of attosecond pulses of an electromagnetic field by graphene. Analytical expressions for the scattering spectra are obtained. It is shown that the interference spectra depend on defects in graphene.

Различные кристаллы и наноструктурированные мишени являются естественными дифракционными решетками для рентгеновского излучения. Обычно явление дифракции рентгеновских лучей на различные рода периодических

структурах описывается как рассеяние плоских волн бесконечной длительности по времени [1]. Процессы же рассеяния аттосекундных импульсов электромагнитного поля на такого рода структурах до настоящего времени мало исследованы. В работах [2-4] развита теория переизлучения аттосекундных импульсов электромагнитного поля различными многоатомными системами, составленными из изолированных сложных атомов, с учётом их тепловых колебаний в работе [5], а учет наличия дефектов наноструктур приведен в [6]. Эти работы использовали приближение внезапных возмущений для описания эволюции электрона в поле аттосекундного импульса. Есть и другие, альтернативные, способы описания рассеяния [7-9].

В настоящей работе рассмотрены интерференционные спектры при рассеянии аттосекундных импульсов электромагнитного поля листами графена, в том числе с учётом дефектов. Получены общие выражения для расчетов спектральных распределений. Показано, что с помощью интерференционных спектров можно определить различные пространственные характеристики графена, в том числе и дефекты.

1. John M. Cowley // Diffraction Physics. North-Holland, Amsterdam. 1975.
2. Матвеев В.И., Матрасулов Д.У., Письма в ЖЭТФ. Т. 96, . С. 700 (2012)
3. Макаров Д.Н., Матвеев В.И., ЖЭТФ. Т. 144, С. 905 (2013)
4. Макаров Д.Н., Матвеев В.И., Оптика и спектроскопия. Т. 116, С. 179 (2014)
5. Макаров Д.Н., Матвеев В.И., Письма в ЖЭТФ. Т. 101, С. 677 (2015)
6. Матвеев В.И., Макаров Д.Н., Письма в ЖЭТФ. Т.103, С. 314 ( 2016)
7. V. A. Astapenko, Phys. Lett. A, V. 374, P. 1585 (2010).
8. V. A. Astapenko, J. Exp. Theor. Phys. V. 112, P. 193 (2011).
9. F.B. Rosmej, V.A. Astapenko, V.S. Lisitsa, J Phys B, At Mol Opt Phys, V.50, 235601 (2017)

## ELASTIC AND PIEZOELECTRIC PROPERTIES OF DIPHENYLALANINE MICROTUBES FILLED BY ETHANOL MOLECULES

Maslyanaya K.V.<sup>1\*</sup>, Yuzhakov V.V.<sup>1</sup>, Nuraeva A.S.<sup>1</sup>, Zelenovskiy P.S.<sup>1</sup>,  
Chezganov D.S.<sup>1</sup>, Shur V.Ya.<sup>1</sup>, Kholkin A.L.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Physics Department & CICECO – Aveiro Institute of Materials, University of Aveiro,  
3810-193, Aveiro, Portugal

\*E-mail: [christina.maslyanaya@gmail.com](mailto:christina.maslyanaya@gmail.com)

Self-assembled micro- and nanotubes of diphenylalanine (C<sub>18</sub>H<sub>20</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FF) represent advanced functional biomaterial for developing new medical equipment [1], such as laboratory-on-chip, due to its outstanding piezoelectric [2] and mechanical [3] properties. After the self-assembly in aqueous solution water molecules remain inside the nanochannels and stabilize its structure [4]. The possibility of water substitution in

nanochannels by other molecules and its effect on physical properties of FF microtubes still was not studied.

In this work we investigated the effect of the ethanol filling of nanochannels on piezoelectric and elastic properties of FF microtubes. The studied microtubes were grown from a solution of FF-monomer (Bachem AG, Switzerland) in mixture of water with 1,1,1,3,3,3-Hexafluoro-2-propanol and then were dried at 80°C for 8 hours in a muffle furnace to empty the nanochannels. Filling of nanochannels by ethanol molecules was carried out by keeping the annealed microtubes in ethanol vapor for two weeks. Young's modulus was measured locally using NanoScan-4D scanning nano-hardness tester (FSBI TISNCM, Russia). The piezoelectric coefficient was measured using a scanning probe microscope MFP-3D (Asylum, USA).

FF microtubules with empty nanochannels possess a unimodal distribution of Young's modulus with characteristic value of 5 GPa and piezoelectric coefficient  $d_{15}=20$  pm/V. Restoring the microtubes in ethanol vapor lead to increasing of Young's modulus values to bimodal distribution with characteristic values 10 GPa and 25 GPa that are close to values of initial (as grown) tubes. Piezoelectric coefficient  $d_{15}$  of ethanol filled microtubes is also close to that of as grown tubes. Thus, ethanol molecules can enter the nanochannels in FF microtubes and allow recovering their elastic and piezoelectric properties.

*The research was carried out using the equipment of Ural Center for Shared Use "Modern Nanotechnologies", Ural Federal University, under financial support by Russian Science Foundation (grant № 18-72-00052).*

1. Kholkin A., Amdursky N. et al., ACS Nano, 4, 610 (2010).
2. Vasilev S., Zelenovskiy P. et al., J. Phys. Chem. Solids, 93, 68 (2016).
3. Azuri I., Adler-Abramovich L. et al., J. Am. Chem. Soc., 136, 963 (2014).
4. Andrade-Filho T., Martins T. et al., Theor. Chem. Acc., 135, 185 (2016).

## О ПРИРОДЕ ПОЛОСЫ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПРИ 2.6 эВ В ДИОКСИДЕ ЦИРКОНИЯ

Меньшенина А.А.\*, Никифоров С. В., Конев А.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [aa.menshenina@urfu.ru](mailto:aa.menshenina@urfu.ru)

## ABOUT THE NATURE OF THE LUMINESCENCE BAND AT 2.6 eV IN ZIRCONIA

Menshenina A.A.\*, Nikiforov S.V., Konev A.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. The study results of the nonstoichiometry effect on the luminescence at 2.6 eV of zirconia are presented. It has been suggested that the nature of this band is interrelated with the presence of complex defects consisting of oxygen vacancies and impurity ions.

Диоксид циркония ( $ZrO_2$ ) является одним из важнейших керамических материалов, применяемых в фотонике и оптоэлектронике [1]. Известно, что номинально чистый моноклинный диоксид циркония имеет полосу люминесценции при 2,6 эВ. Одна из теорий о происхождении данной полосы связывает ее с кислородными вакансиями [2]. Другая точка зрения объясняет данную полосу наличием примесных ионов  $Ti^{3+}$  [3]. Целью работы являлось изучение влияния собственных и примесных дефектов на люминесцентные свойства диоксида циркония.

Образцы в виде компактов диаметром 6,1 мм и толщиной 1 мм были изготовлены из нанопорошка моноклинного диоксида циркония путем холодного одноосного прессования 60 мг порошка в стальной пресс-форме с давлением 1000 кгс/см<sup>2</sup>.

Анионные вакансии формировались в образцах путем высокотемпературной обработки (1400 °С) в вакууме (с углеродом в качестве восстановителя и без него), а также при облучении быстрыми электронами (10 МэВ). Для выяснения влияния роли примесных ионов  $Ti^{3+}$  ряд образцов легировали титаном в процессе отжига компактов (1400 °С) на воздухе.

Присутствие кислородных вакансий в термохимически и радиационно окрашенных образцах  $ZrO_2$  доказано методом ЭПР. Обнаружено, что в отличие от радиационного окрашивания, термохимическое приводит к значительному увеличению интенсивности ИКЛ, ФЛ и ТЛ в полосе 2.6 эВ (рис. 1). Установлено, что люминесценция при 2.6 эВ чувствительна к концентрации примеси титана. Полученный комплекс результатов позволяет установить связь полосы люминесценции при 2.6 эВ с кислородными вакансиями. Высказано предположение, что данное свечение обусловлено дефектными комплексами, содержащими

кислородные вакансии и ионы примесей, в качестве которых могут выступать ионы  $Ti^{3+}$ .

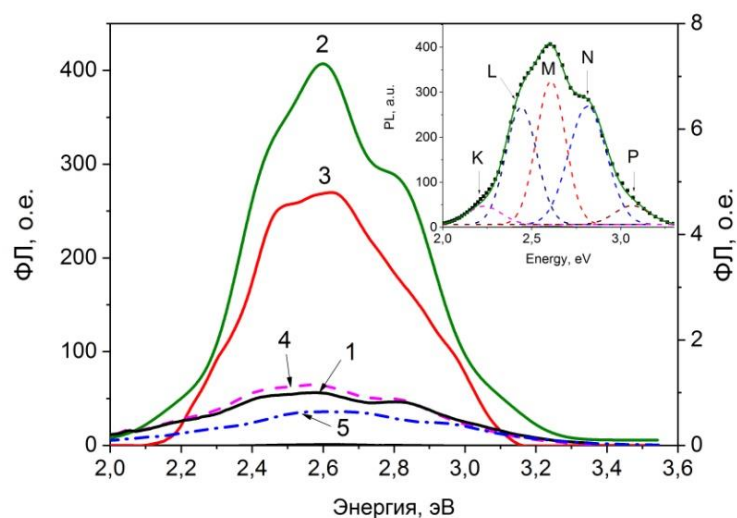


Рис.1 Спектры ФЛ ( $\lambda_{ex}=4.43$  eV) исходных образцов диоксида циркония (1), термохимически окрашенных без углерода (2), в присутствии углерода (3), термообработанных на воздухе (4) и радиационно окрашенных быстрыми электронами (5). На врезке показано разложение спектра (2) на гауссианы.

1. Carter C. B. et al., *Ceramic Materials. Science and Engineering*. Springer, 716 (1999)
2. Smits, K., et al., Intrinsic defect related luminescence in  $ZrO_2$ , *Journal of Luminescence*, 131.10, 2058 (2011).
3. Carvalho, José M., et al., Influence of titanium and lutetium on the persistent luminescence of  $ZrO_2$ , *Optical Materials Express*, 2.3, 331 (2012)



## ВЛИЯНИЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА НА СВОЙСТВА ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ЭЛЕКТРЕТА

Минзагирова А.А.<sup>1</sup>, Галиханов М.Ф.<sup>1</sup>, Спиридонова Р.Р.<sup>1</sup>, Хайруллин Р.З.<sup>1</sup>,  
Yuan Xue<sup>2</sup>, Li Chen<sup>2</sup>, Mi Zhang<sup>2</sup>, Xiaoqing Zhang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань, Россия

<sup>2</sup>) Университет Тунцзи, Шанхай, Китай

\*E-mail: [alsu.minzagirova@mail.ru](mailto:alsu.minzagirova@mail.ru)

## EFFECT OF MONTMORILLONITE ON THE PROPERTIES OF ELECTRET POLYETHYLENE

Minzagirova A.M.<sup>1</sup>, Galikhanov M.F.<sup>1</sup>, Spiridonova R.R.<sup>1</sup>, Khayrullin R.Z.<sup>1</sup>, Yuan  
Xue<sup>2</sup>, Li Chen<sup>2</sup>, Mi Zhang<sup>2</sup>, Xiaoqing Zhang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>) Tongji University, Shanghai, China

Annotation. The effect of montmorillonite on the properties of polyethylene was investigated. It is shown that a significant increase in heat resistance and degree of crystallinity of the polymer composition. It is found that the addition of montmorillonite to polyethylene contributes to an increase in the values and stability of electret characteristics.

Самым распространенным полимерным материалом в мире является полиэтилен (ПЭ). Его востребованность обуславливается недорогой стоимостью материала, простотой переработке, длительным сроком эксплуатации, пластичностью и т.д. ПЭ нашел свое применение в упаковочной промышленности, в сельском хозяйстве, в строительной отрасли. Также он может быть использован в электротехнике в качестве электрета.

Полимерные электреты – это диэлектрики, способные длительное время находиться в наэлектризованном состоянии или имеющие другие специфические свойства, характерные для тел с носителями зарядов. Они нашли свое применение в электроакустических, электромеханических преобразователях, в медицине, в машиностроении [1]. В настоящее время, идет поиск, путей повышения электретных свойств полимеров.

Одним из способов улучшения комплекса свойств материала, является добавление в матрицу полимера различных наполнителей. Перспективным наполнителем для получения термопластичных нанокомпозитов оказались слоистые наносиликаты. Наиболее широко используемым наносиликатом является монтмориллонит. [2]. Монтмориллонит (ММ) – глинистый минерал, с непостоянным химическим составом, сильно зависимым от месторождения материала. По полученным анализам состав ММ может колебаться в следующих диапазонах (в %): SiO<sub>2</sub> - 48-56, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 11-22, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5, MgO - 4-9, CaO - 0,8-3,5, H<sub>2</sub>O - 12-24. Кроме того, иногда в составе находятся K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O.

Целью данной работы стала оценка влияния, введенного ММ на свойства ПЭ и изучение изменения этих свойств при обработке, полимерной композиции, в поле коронного разряда.

В работах [3,4] утверждается, что введение ММ в полимер способствует повышению термостойкости. Проведенные исследования продемонстрировали, что при добавлении 2 и 4 мас.% ММ в ПЭ, происходит повышение термостойкости, которая проявляется в увеличении температуры, потери 5 % веса образца, на 8°C. При этом происходит снижение температуры размягчения полиэтилена на 3°C. Кроме того введение 2 и 4 мас.% ММ приводит увеличению степени кристалличности ПЭ в 1,1 и 1,3 раза соответственно.

Трех- и пятикратное продавливание композиции ПЭ с 2 и 4 мас.% наполнителя через прогретый до 90 °С капилляр, показало увеличение показателя текучести расплава по сравнению с исходной композицией, что свидетельствует о том, что монтмориллонит термостабилизирует полиэтилен.

Введение ММ приводит к повышению значений электретных характеристик и их большей стабильности. Так, происходит увеличение потенциала поверхности полиэтилена на 45 и 18 % при введении 2 и 4 мас.% наполнителя [5]. Также, следует отметить, что термостабильность полиэтиленового электрета при введении ММ повышается на 10 °С. При этом температура размягчения и степень кристалличности полиэтиленовых образцов при электретировании практически не изменяется.

1. Пинчук Л.С., Гольдаде В.А., Электретные материалы в машиностроении, Гомель: Инфотрибо (1998).
2. Ершова О. В., Ивановский С.К., и др., Междунар. ж. прикл. и фундам. исслед., 4, 14 (2015).
3. Микитаев А.К., Каладжян А.А., и др. Электронный журнал "Исследовано в России", 7, 912 (2004)
4. Lays B., Juliana A., et. al., Polym. Degrad. Stab., 111, 148 (2015).
5. Минзагирова А.М., Галиханов М.Ф., и др. Вестн. технол. ун-та, 21, 72 (2018).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОГО ПОТОКА ПЛАЗМЫ НА ОСНОВЕ СИЛЬНОТОЧНОЙ ВАКУУМНОЙ ДУГИ

Михайлов П.С.<sup>1\*</sup>, Музюкин И.Л.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [gmgm01@mail.ru](mailto:gmgm01@mail.ru)

## STUDY OF THE ION PLASMA FLOW GENERATED BY A HIGH-CURRENT VACUUM ARC

Mikhailov P.S.<sup>1\*</sup>, Muzyukin I.L.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The ion current of a high-current vacuum arc discharge was studied using small-size ion detectors. Studies have shown that the ion flow propagates in a wide solid angle with a maximum intensity at 30°. A plasma front is formed with a flow intensity that is many times greater than the flow of the surrounding plasma.

Вакуумная дуга исследуется уже достаточно давно [1]. Она выступает источником многозарядной плазмы [2]. В нашей работе представлены результаты исследования потока ионов плазмы с высоким временным разрешением. Использовался коаксиальный источник плазмы, с расстоянием между катодом и анодом 1 мм. Катод изготовлен из меди и имеет диаметр 2 мм. Стальное анодное кольцо диаметром 2 см имеет выходное отверстие 2 мм. В качестве диэлектрика использовался фторопласт. Источник плазмы помещался в вакуумную камеру, которая откачивалась до давления порядка  $10^{-5}$  мм рт. ст. Для вакуумной дуги использовался генератор импульсов на основе системы конденсаторов. Параметры плазмы снимались с помощью двух одинаковых зондов, подключённых к осциллографу. Данный метод позволяет анализировать как пространственную, так и временную структуру потока ионов импульсного ионного источника. Зонд находился в заземлённом корпусе с входной апертурой из 9 отверстий диаметром 200 мкм. На него подавалось вытягивающее напряжение -40 В. Зонды располагались на расстоянии 15 см и углах 0°, 15°, 30°, 45° и 60°. Для каждой комбинации параметров была получена усреднённая осциллограмма. Так же было проведено численное интегрирование по углам для расчёта общего ионного тока.

Пример полученной диаграммы показан на рисунке 1. Основной поток ионов достигает детектора через 3,5 мкс. Почти весь ионный ток распределён в телесном угле до 60°. Максимум плотности тока достигается при угле 30° и в узком временном интервале (~200 нс). Наличие сильного пика на осциллограммах ионного тока, позволяет говорить о формировании интенсивной плазменной волны непосредственно за передним фронтом расширяющейся плазмы. На основе

полученных данных можно сделать вывод что фронт плазмы имеет скорость порядка 40 км/с, и эта скорость не зависит от амплитуды импульса.

1. Handbook of vacuum arc: Science and technology, Ed. by R.L. Vohman, P.J. Martin, and D.M. Sanders, Park Ridge: Noyes publication, (1995).
2. Anders A., Phys. Rev. E. V.55, N.1, pp. 960-981, (1997).

## ФОРМИРОВАНИЕ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ОБЛУЧЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В МОНОКРИСТАЛЛАХ PMN-39PT

Могильникова Н.Н.<sup>1\*</sup>, Чезганов Д.С.<sup>1</sup>, Власов Е.О.<sup>1</sup>, Гимадеева Л.В.<sup>1</sup>, Зеленовский П.С.<sup>1</sup>, Грешняков Е.Д.<sup>1</sup>, Q. Hu<sup>2</sup>, X. Wei<sup>2</sup>, Шур В.Я.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Сианьский транспортный университет, Сиань, Китай

\*E-mail: [natalya.mog.9a@gmail.com](mailto:natalya.mog.9a@gmail.com)

## FORMATION OF DOMAIN STRUCTURE BY ELECTRON BEAM IRRADIATION IN PMN-39PT SINGLE CRYSTALS

Mogilnikova N.N.<sup>1\*</sup>, Chezganov D.S.<sup>1</sup>, Vlasov E.O.<sup>1</sup>, Gimadeeva L.V.<sup>1</sup>, Zelenovskiy P.S.<sup>1</sup>, Greshnyakov E.D.<sup>1</sup>, Q. Hu<sup>2</sup>, X. Wei<sup>2</sup>, V. Ya. Shur<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China

Annotation. Formation of domains structure by focused electron beam irradiation was studied. The dependencies of features of domains growth on irradiation parameters were measured. The periodical domain pattern was created in tetragonal PMN-39PT crystals for the first time.

Сегнетоэлектрические релаксорные монокристаллы  $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $\text{xPbTiO}_3$  (PMN-xPT) являются перспективными материалами для нелинейно-оптических применений. Для этих целей требуются методы прецизионного управления положением доменных стенок для создания регулярных доменных структур [1, 2].

Исследуемые монокристаллы PMN-PT, выращенные модифицированным методом Бриджмена, при комнатной температуре находились в тетрагональной фазе. Формирование доменных структур (ДС) осуществлялось облучением электронным пучком [00-1] полярной поверхности, покрытой слоем фоторезиста AZ nLOF 2020 (Microchemicals) толщиной 2,5 мкм. Применялись различные схемы экспонирования: (1) точечное, (2) линейное, (3) полосовое, (4) произвольной формы. Созданная ДС была визуализирована на поверхности с помощью

силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) и в объеме с помощью конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния (КМКР).

Показано, что облучение электронным пучком приводит к образованию *c*-доменов. При точечном облучении при дозах менее 50 пКл форма доменов круглая (Рис. 1(а)), а при больших дозах - неправильная. Линейная зависимость площади домена от дозы облучения наблюдалась при дозах до 50 пКл (Рис. 1(б)). Выход на насыщение при больших дозах отнесен за счет электростатического взаимодействия доменных стенок. Линейное и полосовое облучения приводили к формированию полосовых доменов (Рис. 1 (в)), ширина которых линейно зависела от дозы. Методом КМКР было показано, что глубина ДС достигала 200 мкм [3]. Продемонстрирована возможность создания полосовой ДС, ориентированной вдоль произвольного направления, а также доменов произвольной формы (Рис. 1 (г)). Полученные результаты будут использованы для развития методов доменной инженерии и формирования регулярных доменных структур для нелинейно-оптических применений.

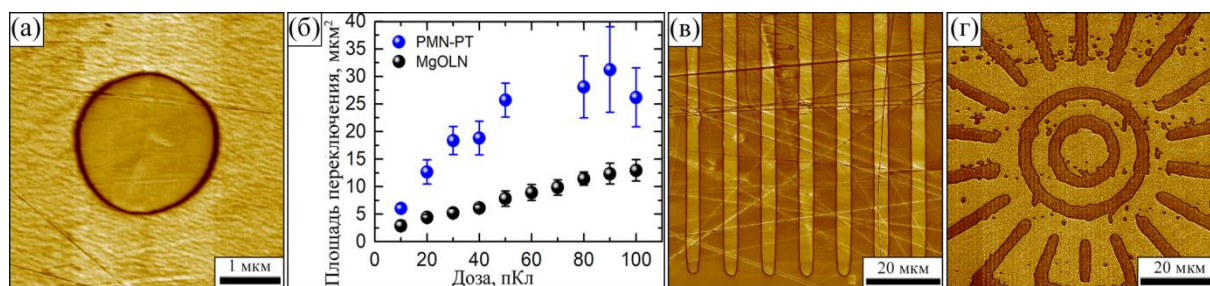


Рис. 1. СМПО-изображения доменов, созданных облучением электронным пучком: (а) точечное облучение, доза 10 пКл; полосовое облучение (в) в направлении [100], (г) в произвольном направлении. (б) Зависимость ширины полосовых доменов от дозы облучения.

*В работе использовано оборудование Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» УрФУ. Исследование проведено при финансовой поддержке гранта РФФИ (17-52-80116-БРИКС\_a).*

1. Shur V.Ya., Chezganov D.S. et al., Appl. Phys. Lett. 106, 232902 (2015).
2. Chezganov D.S., Vlasov E.O. et al., Appl. Phys. Lett. 108, 192903 (2016).
3. Zelenovskiy P.S., Chezganov D.S. et al., Crystals (in press).

## PARTIAL STRUCTURAL TRANSFORMATION OF NiMn IN EXCHANGE BIASED Fe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub>/Ni<sub>30</sub>Mn<sub>70</sub>/Fe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub> THIN FILMS

Moskalev M.E.<sup>1\*</sup>, Lepalovskij V.N.<sup>1</sup>, Naumova L.I.<sup>1,2</sup>,  
Sosyura I.O.<sup>1</sup>, Vas'kovskiy V.O.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Metal Physics, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [mikhail.moskalev@urfu.ru](mailto:mikhail.moskalev@urfu.ru)

Features of crystal structure and exchange bias of annealed Fe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub>/Ni<sub>30</sub>Mn<sub>70</sub>/Fe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub> thin films are investigated. Temperature dependences of hysteresis loops reveal that for a sample with a thicker FeNi bottom layer a blocking temperature exceeds a Néel temperature of *A1*  $\gamma$ -NiMn by 20K, while for a sample with a thinner FeNi bottom layer a blocking temperature is larger than the Néel temperature by 140K. An explanation of the influence of the bottom FeNi layer on the phase transformation in NiMn is proposed.

When a ferromagnetic layer of a film is in proximity to an antiferromagnetic one an interesting phenomenon may be observed. The phenomenon is called exchange bias and it manifests itself in a hysteresis loop displacement along the field axis – exchange bias field  $H_{ex}$  – at temperatures lower than a blocking temperature  $T_B$ , normally accompanied by a coercivity  $H_c$  enhancement [1]. Systems with exchange bias are extensively employed in magnetic sensors and memory devices. These applications require temperature stability of exchange bias and consequently a high  $T_B$ . NiMn is an antiferromagnet that is able to meet these requirements, but only in its ordered *L1*<sub>0</sub>  $\theta$ -phase with a Néel temperature  $T_N$  – a critical temperature below which the antiferromagnetic ordering is present – greater than 1000K [2]. However, magnetron-sputtered films, such as the ones investigated in the present work, tend to form the disordered *A1*  $\gamma$ -NiMn with  $T_N \approx 400$ K [2]. A transformation of  $\gamma$ -NiMn into  $\theta$ -NiMn occurs under annealing [2].

In this work we study films with the following structures: glass/Ta(5nm)/Fe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub>(5nm/40nm)/Ni<sub>30</sub>Mn<sub>70</sub>(20nm)/Fe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub>(40nm/5nm)/Ta(5nm). Samples were annealed immediately after deposition in the vacuum chamber of an ORION-8 magnetron-sputtering device at 250°C for 1h. Temperature dependences of  $H_{ex}$  were measured with a help of a LakeShore vibrating sample magnetometer (VSM) and are present in Fig.1. We also studied domain structure of the samples via an evico magnetics magneto-optical Kerr-magnetometer and their crystal structure by X-ray diffractometry (XRD).

It turns out that the presence of a 40nm-thick FeNi layer underneath NiMn impedes the  $\gamma$ -to- $\theta$  transformation, as in this case  $T_B$  is slightly higher than  $T_N$  of  $\gamma$ -NiMn and is 420K. In the case of a 5nm-thick FeNi evidently more NiMn grains transformed into  $\theta$ -NiMn, as  $T_B = 540$ K which is about 140K higher than  $T_N$  of  $\gamma$ -NiMn. Using magnetic properties data and XRD patterns we propose an explanation of the experimental results.

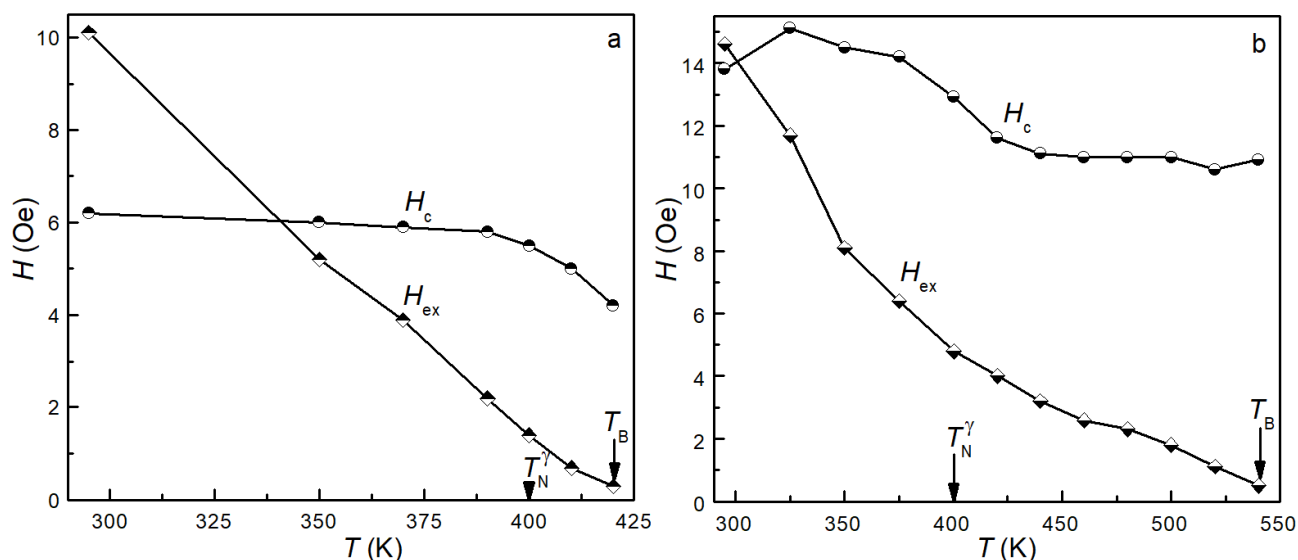


Fig. 1. Exchange bias field  $H_{ex}$  and coercivity  $H_c$  of a 40nm-thick FeNi layer vs temperature  $T$  for FeNi(40nm)/NiMn(20nm)/FeNi(40nm) (a) and FeNi(5nm)/NiMn(20nm)/FeNi(40nm) (b) films

*This work was financially supported by the Russian Science Foundation (RSF), project No. 18-72-10044.*

1. F. Radu, H. Zabel, Magnetic heterostructures, Springer, 97 (2008).
2. V.O. Vas'kovskiy et al., J. Alloys Compd., 777, 264 (2019).

## ТРЕХМЕРНЫЕ ЧИРПИРОВАННЫЕ СВЕТОВЫЕ ПУЛИ В УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБКАХ

Мостовая Е.И.<sup>1\*</sup>, Борознина Е.В.<sup>1</sup>, Белоненко М.Б.

<sup>1</sup>) Волгоградский Государственный Университет г. Волгоград, Россия

\*E-mail: [ksanchez@bk.ru](mailto:ksanchez@bk.ru)

## THREE-DIMENSIONAL CHIRPED LIGHT BULLETS IN CARBON NANOTUBES

Mostovaya E.I.<sup>1\*</sup>, Boroznina E.V.<sup>1</sup>, Belonenko M.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Volgograd State University, Volgograd, Russia

Annotation. The problem of the dynamics of three-dimensional chirped pulses (light bullets) in carbon nanotubes is considered. It is shown numerically that the proposed type of beam demonstrates stable propagation.

Чирп оптического импульса обычно понимается как временная зависимость его мгновенной частоты. В частности, восходящий чирп (down-chirp) означает, что мгновенная частота увеличивается со временем.

Термин «чирп» иногда также используется в другом контексте, когда изменяется мгновенная временная или пространственная частота некоторых величин, отличных от электрического поля. Это может происходить, например, в волоконистых брэгговских решетках с апериодическими решетками, где есть чирп периода решетки. То же самое относится и к другим видам зеркал [1,2].

Исходя из выше сказанного была предложена трехмерная модель распространения чирпированных световых импульсов в углеродных нанотрубках. В качестве исходных импульсов были выбраны световые пули, которые обладают минимальным дисперсионным расплыванием [3,4].

На рисунке 1 мы отлично видим, что при увеличении времени импульс раздваивается и идет на уширение, но при этом он устойчив и стабилен.

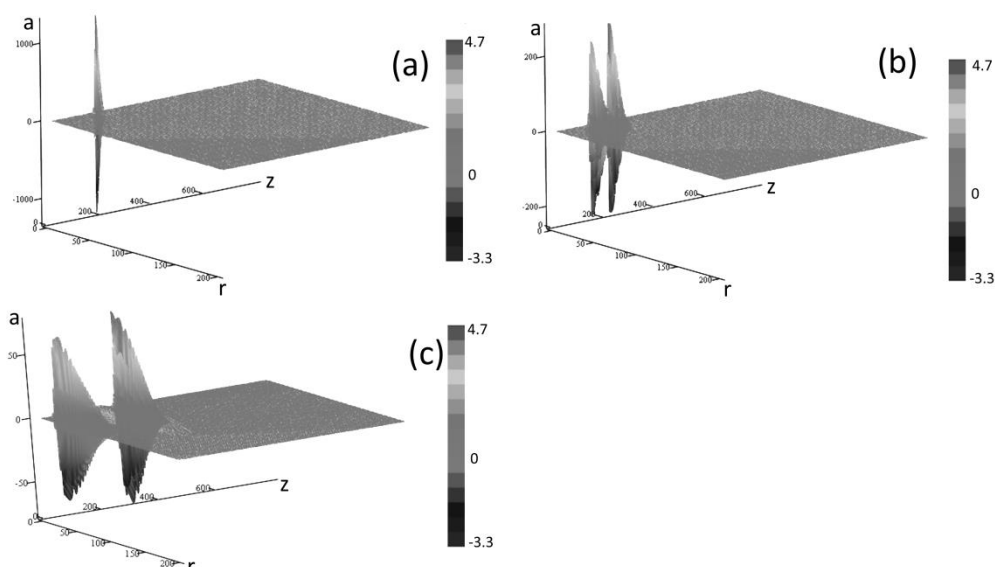


Рис. 1. Изменение формы импульса чирпированных световых пуль в углеродных нанотрубках со скоростью  $u=0.93$  нм: (a) $t=2$  s; (b) $t=500$  s; (c) $t=1500$  s.

Проведенные расчеты показывают, что возможно устойчивое распространение трехмерных чирпированных световых пуль в среде углеродных нанотрубок. Отметим, что ранее такого эффекта не наблюдали.

1. Leblond H., Mihalache D. // Phys. Rev. A. 2012. V. 86. P. 043832. 10.1103/PhysRevA.86.043832
2. Skorobogatiy M., J. Yange, Fundamentals of Photonic Crystal Guiding. Cambridge University Press 2009, P. 11
3. P.J.F. Harris, Carbon nanotubes and related structures (Cambridge University Press, Cambridge, 2009)
4. П. Харрис. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXIV века. // Техносфера., М., 2003, С. 336.



## RESEARCH OF THE FORMATION POSSIBILITY OF THE NANORESONATOR BASED ON 2D-H-BN SURFACE

Mostovaya E.I.<sup>1\*</sup>, Belonenko M.B.<sup>1,2</sup>, Boroznina E.V.<sup>1</sup>,  
Kakorina O.A.<sup>1</sup>, Nazarenko A.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Volgograd State University, Volgograd, Russia

<sup>2</sup>Volgograd Institute of Business, Volgograd, Russia

\*E-mail: [extrajenya@bk.ru](mailto:extrajenya@bk.ru)

**Abstract.** In microworld some materials with adsorbed metal atoms on their surface can act as a resonators in case the metal atoms are considered as conductive lines. In this paper we have studied the possibility of 2D-h-BN modification by lithium atoms to use this new 2D material as base of a nanoresonator in the future.

After the revolutionary discovery of graphen [1], the research interest of the new materials which can be considered as a two-dimensional structures has been rapidly increased.

It is expected that two-dimensional materials will be effectively used as functional blocks and devices of new generation nanoelectronics. They will find an application in power engineering and optics, and in the synthesis of new structural and composite materials based on it. In 2015 two-dimensional boron nitride was successfully synthesized and has been started actively studied by many scientific communities since then [2]. Boron nitride (h-BN) is an isoelectronic and an isostructural analogue of graphite and now it is a member of the 2D nanostructure family. Graphen-like h-BN can be used for creation of hyperbolic metasurfaces as had been shown in the research of the scientists group of Rainer Hillenbrand from Spain and USA [3]

The first step of our research was the investigation of the binding opportunity between the atom of lithium or natrium and the surface of 2D-h-BN and the mechanism of this process. Due to the locality of the problem, the calculations were carried out within the model of molecular cluster of h-BN sheet with the use of quantum chemical MNDO scheme [4].

The calculations have allowed to model profiles of potential energy surface of the given processes. The energy curves of these processes show a minimum (excluding the case with atom Na over the atoms of a surface) which illustrates the fact of a chemical bond formation between Li atoms and atoms on the surface of 2D-h-BN. A Na atom is not adsorbed over the atoms of the 2D-h-BN surface. The analysis of adsorption energy values showed that the best location for Li is over an atom N, the potential energy well is deeper.

The adsorption possibility of lithium by 2D-h-BN surface allowed us to study the regular adsorption of group of atoms Li. So, groups of 11, 16 and 21 lithium atoms (lithium chain) have been arranged in a certain way over the h-BN surface at a distance of 2.2 Å (distance of atomic adsorption), as you can see on the figure 1. To assess the stability of lithium chains, we have calculated the value of the total energy of the same structures, but with some chains modification. One of the Li atom has been located out

of the lithium chain. The difference of total energies of these structures is around 0,05 eV, and the open rings in which all lithium atoms have located one after another (without break) are energetically more stable and therefore the 2D-h-BN structures with lithium modification on the surface as have shown in figure 1 are presumable and can be use as base for nanoresonators. This fact gives an additional capability for creation a new metamaterials which can be work on ultra short wave-length.

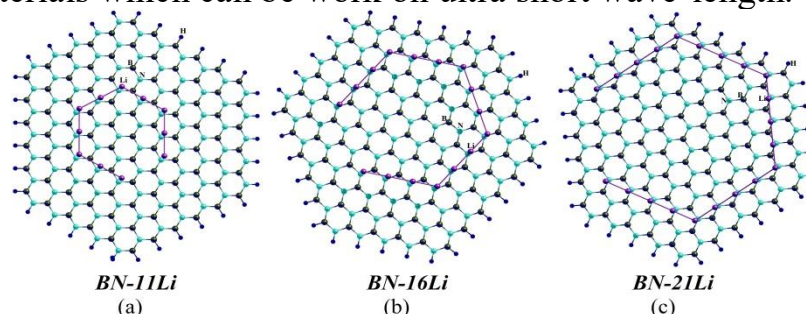


Fig. 1. 2D-h-BN with the lithium chain over the surface: a) 11Li; b) 16Li; c) 21 Li

1. K. S. Novoselov Nobel Lecture: Graphene: Materials in the Flatland Rev. Mod. Phys. 83, 837 – Published 3 August 2011
2. Nakhaie, S.; et al. (2015). "Synthesis of atomically thin hexagonal boron nitride films on nickel foils by molecular beam epitaxy". *Appl. Phys. Lett.* 106 (21): 213108.
3. Nanoimaging of resonating hyperbolic polaritons in linear boron nitride antennas & R. Hillenbrand *Nature Communications* volume 8, Article number: 15624 (2017)
4. Dewar M.J.S., Thiel W. Ground states of molecules. 38. The MNDO method. Approximations and Parameters // J. Amer. Chem
5. 2D Boron Nitride: Synthesis and Applications Chapter *in Semiconductors and Semimetals* June 2016 *with* 916. DOI: [10.1016/bs.semsem.2016.04.004](https://doi.org/10.1016/bs.semsem.2016.04.004)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТЕОРИТОВ ПОСЛЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО И УДАРНОГО МЕТАМОРФИЗМА

Муфтахетдинова Р.Ф.<sup>1\*</sup>, Даниленко И.А.<sup>1</sup>, Кругликов Н.А.<sup>1,2</sup>,  
Петрова Е.В.<sup>1</sup>, Гроховский В.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, Екате-  
ринбург, Россия

\*E-mail: [gizrozka91@bk.ru](mailto:gizrozka91@bk.ru)

## SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE METEORITIC MATERIAL AFTER THE MODELING OF THERMAL AND SHOCK METAMORPHISM

Muftakhetdinova R.F.<sup>1\*</sup>, Danilenko I.A.<sup>1</sup>, Kruglikov N.A.<sup>1,2</sup>,  
Petrova E.V.<sup>1</sup>, Grokhovsky V.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The aim of the work is to investigate the spectral properties of stone and stony-iron meteorites after the modeling experiments of thermal and shock metamorphism. Such experiments thought to be reproduced thermal and shock metamorphism of the asteroids after a collision in space. Internal texture and mineral composition of atmosphereless bodies could be studied by spectral properties as from the Earth as at the laboratory. By this study, it was shown that spectral properties of the meteorites depend on the treatment.

Моделирование космического выветривания и сравнение спектров отражения метеоритного вещества, полученных в лабораторных условиях после различных воздействий, с результатами дистанционных наблюдений имеет значительную историю и позволяет судить о составе и свойствах поверхности безатмосферных тел Солнечной системы [1]. В работах [2-4] описаны результаты моделирования космического метаморфизма. Значительный интерес представляют наблюдения в видимой части спектра и ближних ИК и УФ диапазонах, поскольку атмосфера Земли прозрачна для электромагнитного излучения в этой области. Поэтому для существующей классификации астероидов, основанной на спектрофотометрических измерениях, используют этот диапазон длин волн [5].

Целью данного исследования является изучение спектров отражения метеоритов Царев L5, Челябинск LL5 и Сеймчан (PMG) после ударно-волнового и термического воздействий в видимой части спектра. В качестве материала исследования были использованы образцы метеоритов Царев, Челябинск и Сеймчан в

исходном состоянии, после ударно-волнового обжатия, и после нагревательных экспериментов до температур выше 1000<sup>0</sup>С.

В результате исследования было изучено влияние типа метаморфизма и его интенсивности на особенности спектров отражения в интервале от 400 до 1100 нм. Показано, что термическое и ударное воздействие существенным образом влияет на форму спектра. На рис.1 приведен пример спектров отражения, обработанных по методике, описанной в [1], которые были получены до и после экспериментального воздействия на вещество метеорита Челябинск.

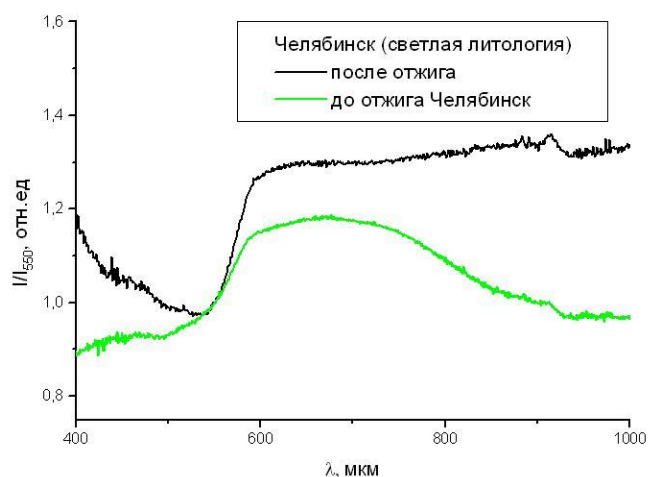


Рис. 1. Спектры отражения метеорита Челябинск LL5, полученные до и после нагревательных экспериментов

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00598, а также при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Проекты 5.4825.2017/6.7, 5.3451.2017/4.6), и в рамках государственного задания (тема «Давление», № АААА-А18-118020190104-3).*

1. Busarev V.V., et.al., Icarus, 262, (2015).
2. Kruglikov N.A., Grokhovsky V.I., Meteoritics & Planetary Science, 53 (2018).
3. Grokhovsky V. I. et al. Meteoritics & Planetary Science, 53 (2018).
4. Petrova E. V. et al. Meteoritics & Planetary Science, 53 (2018).
5. DeMeo, F.E., et al., Icarus, 202 (2009).

## ЛЮМИНЕСЦЕНТНО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ, ОТОЖЖЕННЫХ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Мышкина А.В.<sup>1\*</sup>, Бажукова И.Н.<sup>1</sup>, Пустоваров В.А.<sup>1</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.v.myshkina@urfu.ru](mailto:a.v.myshkina@urfu.ru)

## LUMINESCENT AND OPTICAL PROPERTIES OF CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES ANNEALED IN A REDUCING ATMOSPHERE

Myshkina A. V.<sup>1</sup>, Bazhukova I. N.<sup>1</sup>, Pustovarov V.A.<sup>1</sup>, Sokovnin S. Yu.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The increase in non-stoichiometric nanoparticles of cerium dioxide is an important issue for increasing their catalytic activity. Annealing in a reducing atmosphere has been proposed as a method for increasing the concentration of  $Ce^{3+} / Ce^{4+}$ .

Наночастицы диоксида церия являются перспективным материалом во многих областях промышленности, например, катализе, химической промышленности, биомедицине. Ионы церия, находящиеся на поверхности наночастиц, легко вступают в окислительно-восстановительные реакции. Для повышения активности таких наночастиц необходимо повышать нестехиометричность наночастиц путем увеличения соотношения ионов  $Ce^{3+}/Ce^{4+}$ .

Для увеличения нестехиометричности наночастиц возможно создавать экстремальные условия при синтезе или после него. К первому типу можно отнести синтез наночастиц по методу испарения электронным пучком твердотельной мишени в газах низкого давления. Ко второй группе можно отнести отжиг и дополнительную радиационную обработку наноматериалов [1].

С помощью люминесцентно-оптических методик можно качественно определить наличие ионов  $Ce^{3+}$ , так как известно, что ионы  $Ce^{3+}$  люминесцируют под действием УФ излучения.

В этой работе образцы наночастиц диоксида церия, полученные методом испарения электронным пучком в атмосфере низкого газа [2] были спресованы в таблетки диаметром 6 мм и отожжены спекались в камере нагрева газоанализатора ЕАО-220 (Balzers). Данная установка позволяла проводить быстрый нагрев помещенных в графитовые тигли образцов со скоростью 200°C/с. При этом образцы нагревались до 1900-2000°C. При отжиге наблюдалось изменение цвета образцов с бледно-желтого до голубого и ярко-зеленого.

Спектрально-люминесцентные исследования нанопорошков диоксида церия методами фотолюминесценции и фотовозбуждения люминесценции проводили в интервале температур 8-300 К в лаборатории физики твердого тела кафедры

экспериментальной физики УрФУ с использованием специализированных установок для измерения ФЛ.

Неотожженные образцы таблеток диоксида церия показали слабую интенсивность люминесценции при возбуждении энергией 4,7 эВ.

Спектры люминесценции отоженных образцов характеризуются наличием трех полос в районе 2,5 эВ, 2,9 эВ и 3,6 эВ при энергии возбуждения 4,7 эВ. Данные полосы могут косвенно характеризовать появление ионов  $\text{Ce}^{3+}$ . Этот анализ служит предпосылкой для дальнейшего исследования полученных образцов.

Таким образом, метод отжига наночастиц в восстановительной атмосфере может использоваться для повышения нестехиометричности наночастиц диоксида церия и повышения их каталитической активности. Такие наночастицы смогут найти свое применение в химической промышленности или медико-биологической практике.

Авторы выражают благодарность м.н.с. кафедры ФМПК А.Н. Кирякову за предоставленную помощь в подготовке образцов.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 18-72-00041.*

1. M.M.Khan and et.al. Ind. Eng. Chem. Res. 2014, 53, 23, 9754-9763
2. В.Г. Ильвес, С.Ю. Соковнин. Российские нанотехнологии 7, 34 (2012).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ ПРОДУКТОВ ВЫСТРЕЛА НА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ

Назаренко А.К.<sup>1\*</sup>, Авраменко О.И.<sup>1</sup>, Борознина Е.В.<sup>1</sup>, Какорина О.А.<sup>1</sup>,  
Ермакова Т.А.<sup>1</sup>, Васильев В.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

<sup>2)</sup> Волгоградская академия МВД России, г. Волгоград, Россия

\*E-mail: [and.nazarenko2011@yandex.ru](mailto:and.nazarenko2011@yandex.ru)

## THE STUDY OF THE PROCESS OF ADSORPTION OF THE PRODUCT SHOTS ON THE SURFACE OF CARBON NANOTUBES

Nazarenko A.K.<sup>1\*</sup>, Avramenko O.I.<sup>1</sup>, Boroznina E.V.<sup>1</sup>, Kakorina O.A.<sup>1</sup>,  
Ermakova T.A.<sup>1</sup>, Vasiliev V.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Volgograd state University, Volgograd, Russia

<sup>2)</sup> Volgograd Academy of the Ministry of internal Affairs of Russia, Volgograd, Russia

In this paper we have studied structural modified CNTs and effects of the modification to the nanotube surface adsorption. We have considered the possibilities of aluminum, lead and antimony atoms adsorption on the different types of carbon nanotubes as a base metal that make up the traces of the shot products. The calculations have been carried out by the semi-empirical PM3 scheme using the molecular cluster model.

В настоящее время было предложено несколько способов маркировки, как и пороха, так и капсюльного состава. Применение данного изобретения относится к области судебной баллистики, криминалистического исследования веществ материалов и изделий физико-химических свойств экспертизы продуктов выстрела и может быть использовано в следственной, судебно-экспертной, криминалистической и судебной практике, в частности к маркированию порохов углеродными нанотрубками, применяемому в боеприпасах к огнестрельному оружию с целью повышения надежности обнаружения его применения [1-2]. Ожидается, что задача маркировки пороха углеродными нанотрубками будет состоять в точности определения маркера, уменьшении трудоемкости операции приготовления порохов и т.д.

Для изучения процессов адсорбции основных металлов, входящих в состав следов продуктов выстрела (атомов алюминия, свинца и сурьмы) на поверхность углеродных нанотрубок было рассмотрено три структурных типа с различными граничными модификациями – «armchair» (6,6), «chiral» (3,6) и «zig-zag» (0,10) (см. рис. 1). Расчеты проводились в рамках модели молекулярного кластера с использованием полуэмпирической схемы PM3. Моделирование процесса адсорбции осуществлялось посредством пошагового приближения атомов металлов к внутренней поверхности кластеров. В результате были построены профили поверхностей потенциальных энергий взаимодействия углеродной нанотрубки и атомов металлов.

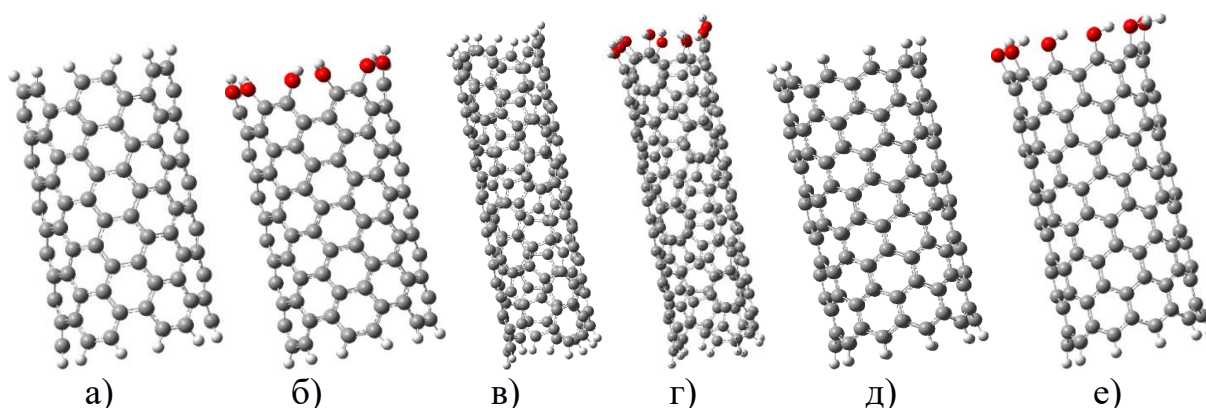


Рис. 1. УНТ, замкнутые псевдоатомами Н (УНТ кластер) размеров (6, 6) (а), (3, 6) (в), (0, 10) (д) и замкнутые псевдоатомами Н и группами ОН (УНТ-[ОН] кластер) размеров (6, 6) (б), (3, 6) (г), (0, 10) (е)

Было установлено, что во всех кластерах центр адсорбции для атомарной сурьмы находится на торце тубуленов. Атом алюминия будет адсорбироваться лишь в одном кластере – УНТ кластер размера (3,6). Адсорбция атома свинца не наблюдалась ни в одном из рассматриваемых кластеров.

1. Маркирующая добавка во взрывчатое вещество, способ ее приготовления, способ определения происхождения взрывчатого вещества и устройство для его осуществления, патент RU 2283823, С06В 023/00, G01J 003/30, G01N 033/22.
2. Патент RU № 2625462.

## MULTI-GRAIN EVOLUTION UNDER SLOW, INTERMEDIATE AND FAST REGIMES OF SOLIDIFICATION IN MULTI-COMPONENT ALLOYING SYSTEM

Galenko P. K.<sup>1,2</sup>, Nizovtseva I. G.<sup>1\*</sup>, Moelans N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University named after first President of Russia B.N. B.N.Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Germany

<sup>3</sup>) Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium

\*E-mail: [nizovtseva.irina@gmail.com](mailto:nizovtseva.irina@gmail.com)

A phase field model of rapid multi-grain growth is developed. Using a model of fast phase transformations [1] and a multi-phase model for polycrystalline growth in multi-component alloying systems [2], the Gibbs free energy change upon crystallization is formulated as driving force for polycrystalline growth. At a fixed pressure and constant temperature, the full Gibbs free energy is presented as a sum of the local equilibrium contribution, which is based on the set of slow thermodynamic variables (concentration and phase field, at a given temperature), and the local non-equilibrium contribution, which is based on the space of the fast thermodynamic variables (diffusion



flux and gradient flow). Neglecting the change of molar volume between phases and internal stresses, the local equilibrium contribution is defined by the contribution from bulk phases (grains) and the contribution from the diffuse interface (the latter takes into account the additional energy associated with the relaxation of the diffusion flux and gradient flow).

The evolution equations for fast crystallization are written using multi-phase interpolation functions among growing poly-crystallites. The equations for diffusional mass transport and multi-phase evolution are written in a form suitable for numerical and analytical solutions [3,4].

1. Galenko P., Jou D., Phys. Rev. E., 71, 046125-1-13 (2005).
2. Moelans N., Blanpain B., Wollants P., Phys. Rev. Letters, 101, 025502-1-4 (2008).
3. Nizovtseva I.G., Galenko P.K., Alexandrov D.V., Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 49, 435201-1-14 (2016).
4. I.G. Nizovtseva, P.K. Galenko, Philosophical Transactions A, Royal Society, 376, 20170202-1-15 (2018).

## TRAVELING WAVE SOLUTION OF PHASE FIELD MODEL FOR MULTI-GRAIN SYSTEMS

Galenko P. K.<sup>1,2</sup>, Nizovtseva I. G.<sup>1\*</sup>, Moelans N.<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University named after first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Germany

<sup>3)</sup> Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium

\*E-mail: [nizovtseva.irina@gmail.com](mailto:nizovtseva.irina@gmail.com)

Using a new phase field model for fast polycrystalline crystallization [1], an analysis of fast and slow crystallization regimes is provided using analytical methods suggested in Refs. [2,3]. Fast regimes of crystallization are analyzed when the crystal growth velocity is of the order of or greater than the solute diffusion speed in a bulk metastable phase. The latter regime represents diffusionless (chemically partitionless) crystallization, when the grains are growing with the initial nominal concentration. In the limiting slow crystallization regime, the developing model [1] is reduced to the equations and solutions, as obtained by the quantitative and thermodynamically consistent multi-phase field model [4,5].

Figure 1 shows the traveling wave velocity for the various relaxation time  $\tau$  for the gradient flow of the phase field. Such a behavior of  $V(\Delta G)$  is consistent with the data of numerical molecular dynamics simulation [6] and recent advancements on kinetics of fast interfaces [7]. The difference between velocities for different  $\tau$  occurs at moderate and large values of driving forces, namely, at  $\Delta G > 0.2$ . At small  $\Delta G$ , the influence of relaxation time  $\tau$  is negligible.

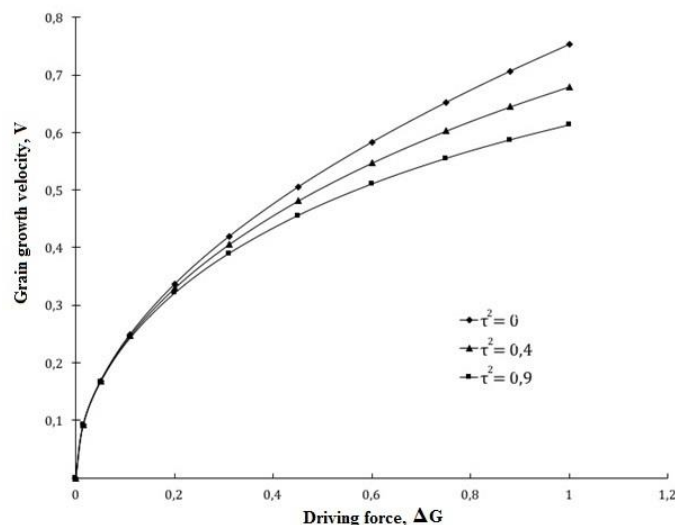


Fig. 1. Velocity of the travelling-wave solutions for the various driving forces  $\Delta G$ .

The obtained analytical solution in a form of traveling wave can be considered as a benchmark for the numerical solution of multi-grain problem of rapid solidification. The developed system of equation can be applied in a wide spectrum of practical issues, e.g.: rapid solidification processing in quenching from the liquid state, fast recrystallization in laser annealing, grain's refinement or coarsening in containerless technologies.

1. Galenko P., Nizovtseva I.G., Moelans N., Proceedings to the VI International Youth Scientific Conference on Physics, Technology and Innovations PTI-2019 (current) (2019)
2. Nizovtseva I.G., Galenko P.K., Alexandrov D.V., Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 49, 435201-1-14 (2016).
3. Nizovtseva I.G., Galenko P.K., Philosophical Transactions A, Royal Society, 376, 20170202-1-15 (2018).
4. Moelans N., Blanpain B., P. Wollants, Phys. Rev. B, 78, 0241131-23 (2008).
5. Moelans N., Acta Mat, 59, 1077-1086 (2011).
6. Hoyt J.J., Sadigh B., Asta M., Foiles S.M., Acta Mat, 47, 3181–3187 (1999).
7. Salhoumi A., Galenko P.K., IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng., 192, 012014 (2017).

## ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ СПЛАВОВ $Fe_{1-x}Co_xSi$

Ноговицына Т.А.<sup>1\*</sup>, Бессонов С.А.<sup>1</sup>, Повзнер А.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [t.a.nogovitsyna@urfu.ru](mailto:t.a.nogovitsyna@urfu.ru)

## ELECTRONIC STRUCTURE AND MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF ALLOYS $Fe_{1-x}Co_xSi$

Nogovitsyna T.A.<sup>1\*</sup>, Bessonov S.A.<sup>1</sup>, Povzner A.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Ab initio calculations of the electronic structure of  $Fe_{1-x}Co_xSi$  alloys have been supplemented with the consideration of fluctuations of the spin density of collective d electrons with the Hubbard interactions at Fe and Co atoms randomly distributed over sites. The magnetic-state equation in the developed model describes helicoidal ferromagnetism and its disappearance accompanied by the occurrence of a maximum of magnetic susceptibility at temperature  $T_C$  and spin helix fluctuations at  $T > T_C$ .

LDA+U+SO - расчеты электронной структуры геликоидальных ферромагнетиков  $Fe_{1-x}Co_xSi$  в приближении виртуального кристалла, дополнены учетом взаимодействия Дзялошинского – Мория, а также учетом различия кулоновских потенциалов железа и кобальта, хаотически распределенных по узлам кристаллической решетки. Уравнение магнитного состояния в развитой модели учитывает взаимодействие между флуктуационными модами, возникающее в области магнитного фазового перехода, описывает геликоидальный ферромагнетизм и область флуктуаций спиновой спирали, в которой при включении внешнего магнитного поля формируются скирмионные состояния.

Показано, что изменение знака коэффициента межмодовой связи, обусловленное близостью химического потенциала к области энергий с большой положительной кривизной плотности состояний, ведет к магнитному фазовому переходу, сопровождаемому исчезновением геликоидального ферромагнетизма. При температуре фазового перехода вследствие изменения знака параметра межмодового взаимодействия формируется максимум на температурной зависимости магнитной восприимчивости сплавов  $Fe_{1-x}Co_xSi$ .

## ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ФЛУКТУАЦИЙ В $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$ С УЧЕТОМ LDA+U+SO РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ

Нуретдинов Т.М.

Уральский Федеральный Университет им. первого президента России

Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [t.m.nuretdinov@urfu.ru](mailto:t.m.nuretdinov@urfu.ru)

## QUANTUM FLUCTUATION RESEARCH IN $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$ WITH CONSIDERING OF THE LDA+U+SO CALCULATIONS OF THE ELECTRONIC STRUCTURE

Nuretdinov T.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

**Abstract.** The object of present investigation are quantum spin fluctuations in chiral helicoidal ferromagnet  $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$  based on the calculations of the electronic structure. The suppression of local magnetization by quantum spin fluctuations leads to a concentration-temperature magnetic transition with the disappearance of the helicoidal short-range order. The results of calculations of local magnetization show that at  $0.12 < x < 0.2$  the magnetic state is characterized by the near helicoidal order.

Киральные ферромагнитные геликоиды  $\text{MnSi}$  и  $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$  относятся к структурному типу B20 с пространственной группой  $P2_13$ , для которой характерно отсутствие центра инверсии [1, 2]. Вследствие такой симметрии возникает антисимметричный релятивистский обмен Дзялошинского-Мории (ДМ) [3, 4], который совместно с неоднородным обменным взаимодействием приводят к возникновению спиновой спирали с большим (порядка 100-1000 ангстрем) магнитным периодом [5]. Согласно экспериментальным исследованиям [6], при магнитных фазовых переходах в этих магнетиках, сначала исчезает дальний геликоидальный ферромагнитный порядок (в точке  $T_C$ ), при этом возникает ближний геликоидальный порядок с флуктуациями спиновой спирали [6], и только затем, при температуре  $T_S$  ( $>T_C$ ) реализуется парамагнитное состояние. При экспериментальных исследованиях концентрационно-температурных диаграмм  $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$  обнаружены концентрационные магнитные переходы с исчезновением дальнего, а затем ближнего порядка [7].

В работе Янсена и Бака [8] на основе ренорм-группового анализа магнитного перехода в  $\text{MnSi}$  был сделан вывод о невозможности в нем магнитного фазового перехода второго рода.

Согласно [9] одной из причин невозможности термодинамического фазового перехода второго рода является наличие в функционале Гинзбурга-Ландау неаналитической поправки, которую можно интерпретировать в духе межмодового взаимодействия, связанного с взаимодействием спиновых флуктуаций. При этом, поскольку параметры межмодового взаимодействия зависят от электронной структуры и межчастичных взаимодействий в системе магнитоактивных

электронов, теория фазовых переходов должна строиться с учетом конкретной структуры исследуемых магнетиков, например, на основе *ab initio* расчетов энергетического электронного спектра  $\text{MnSi}$  [10]. Однако спиновые флуктуации и их связь с эволюцией электронной структуры при концентрационных магнитных переходах в  $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$  не изучены.

1. S.V. Grigoriev, D. Chernyshov et al., Phys. Rev. B **81**, 012408 (2010)
2. С.М. Стишов, А.Е. Петрова. УФН **181**, 1157 (2011)
3. И.Е. Дзялошинский, ЖЭТФ **32**, 1548 (1957)
4. Т. Moriya. Phys. Rev. **120**, 91 (1960)
5. S.V. Grigoriev, E.V. Altynbaev et al., Phys. Rev. B **97** 024409 (2017)
6. S.V. Grigoriev, V. A. Dyadkin et al., Phys. Rev. B **79**, 144417 (2009)
7. S.V. Grigoriev, E.V. Moskvin et al., Phys. Rev. B **83**, 224411 (2011)
8. P. Bak, M.H. Jensen, J. Phys. C **13**, L881 (1980)
9. С.А. Бразовский, И.Е. Дзялошинский, Б.Г. Кухаренко. ЖЭТФ **70**, 2257 (1976)
10. А.А. Povzner, A.G. Volkov, T.A. Nogovitsyna, Physica B **536**, 408 (2018)

## ОБДИРКА ИОННОГО ПУЧКА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ НАНОТРУБКИ $C_{300}$

Олонцева Д.А.<sup>1\*</sup>, Макаров Д.Н.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

\*E-mail: [dasha.olontseva81@gmail.com](mailto:dasha.olontseva81@gmail.com)

## STRIPPING OF THE ION BEAM WHEN PASSING THROUGH NANOTUBES

Olontseva D.A.<sup>1\*</sup>, Makarov D.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after MV Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Annotation. It is shown that when an ion beam passes through nanotubes oriented in a certain way to the ion beam, an increase in its stripping occurs. The system consisting of  $C_{300}$  nanotubes is considered.

Рост интереса к высокоэнергетическим столкновениям с участием тяжёлых структурных ионов связан с проектированием и использованием современных ускорителей тяжелых ионов, например, ЛНС, ускоритель строящийся в России по проекту NICA др. К числу новых и интересных эффектов, сопровождающих столкновения ионов высоких энергий с многоатомными мишенями, следует отнести и эффект кратности столкновений. Эффект был впервые теоретически предсказан в работах [1,2]. В "чистом виде" и наиболее ярко эффект кратности

столкновений проявляется при рассмотрении столкновений с ориентированными вдоль скорости иона нанотрубками [3]. Экспериментального подтверждения эффекта до настоящего времени не существует, поскольку такая проверка технически сложна и может быть проведена лишь на ускорителях тяжелых ионов. Однако эффект интересен не только с общезначимой - фундаментальной точки зрения, но и может иметь значительные прикладные возможности.

Используя подходы развитые в работах [1-3] было показано, что на углеродной нанотрубке  $C_{300}$  происходит увеличение обдирки ионного пучка золота  $Au$  по сравнению с хаотически разбросанными атомами углерода.

1. Матвеев В. И., Гусаревич Е. С., Макаров Д. Н. Журнал экспериментальной и теоретической физики, Т. 136(5), С. 843 (2009).
2. Matveev V. I., Makarov D. N., Rakhimov K. Y. Physical Review A, Vol. 84, 012704 (2011).
3. Makarov D. N., Matveev V. I. Chinese Physics C, Vol. 42, 017001 (2018).

## **FUEL LOADING OPTIMIZATION INTO THE ACTIVE ZONE OF THE BN-800 REACTOR FOR THE PURPOSE OF THE MOST BALANCED DISTRIBUTION OF THE ENERGY RELEASING FIELD**

Osanova E.R., Nekrasov K.A.

The Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

\*E-mail: [osanova.elvira@gmail.com](mailto:osanova.elvira@gmail.com)

Abstract. During the research, the optimization of fuel loading into the active zone of the BN-800 reactor was conducted using the simplest method by the mass of fissile material without the possibility of installing different types of fuel in one zone. The simulation was carried out in the software-hardware complex GEFEST-800.

One of the main tasks in active zone optimization is to make a leveled and stable field of energy release during the campaign. Solving problems of optimizing the fuel load into the active zone, as well as leveling and stabilizing the energy release field, improves neutron-physical, thermal-hydraulic and economic characteristics of the reactor.

The problem of regulation of the energy releasing field is topical. The instability of its distribution leads to overpower in separate fuel assemblies and to their depressurization [1], and also affects safe management and operation of the reactor.

It is necessary to calculate the parameters using the GEFEST-800 software and hardware complex for solving the optimization problem.

The hardware-software complex provides calculation support for the operation of the BN-800 reactor to automaty the acquisition, analysis, storage and presentation of

information on all assemblies of the reactor active zone BN-800 from start to finish of facility reactor operation installation, calculations to determine the neutron-physical and thermal-hydraulic characteristics of the reactor [2].

There are several ways for flattening energy releasing and ensure optimal characteristic of fast reactor [3]:

active zone loading consisting of a different proportion of fissile elements;

active zone loading consisting of a different fuel mass fraction, fuel density, fuel elements diameters and the number of fuel element in fuel assemblies.

Using GEFEST-800 there was made a three-dimensional calculation of the energy releasing in the active zone, taking into account the micro- incision and flows, which are prepared in the modules of the complex.

During the work was held a neutron-physical calculation of the active zone of the BN-800 reactor at the hardware-software complex GEFEST-800 and there were proposed optimization works for choosing the configuration of the reactor active zone.

1. Karpan N.V., Chernobyl. Mest' mirnogo atoma, Country Life (2005).
2. FGUP GNTC RF-FEI, Otchyot «Na razrabotku, izgotovlenie i postavku programmno-tehnicheskogo kompleksa raschetno-eksperimentalnogo soprovogdenija ekspluatatzii reaktora BN-800 Beloyarskoi AES»: rukovodstvo polzovatelja programmno-tehnicheskogo kompleksa raschetno-eksperimentalnogo soprovoghdenija ekspluatatzii reaktora BN-800 Beloyarskoi AES GEFEST-800. № 224/42.02-16/13039 dated 10.24.2014, Obninsk, (2014).
3. Vasilyev A.V., Razvitie kompleksa JARFR I issledovanija nejtronno-fizicheskikh harakteristik innovatsionnih bystryh reaktorov s ghidkometallicheskimimi teplonositeljami, Ph.D. thesis, Rossiiskii nauchnyi tsentr "Kurchatovskii institut" (2003).

## РАСЧЁТ ЧАСТОТЫ РЕЗОНАНСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ ВОДОЙ

Орлов К.Е.\* , Толмачев Е.М.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [konstantin\\_orlov\\_98@mail.ru](mailto:konstantin_orlov_98@mail.ru)

## THE CALCULATION OF FREQUENCY OF RESONANT ABSORPTION OF MICROWAVE RADIATION BY WATER

Orlov K.E.\* , Tolmachev E.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work describes the methodology and the main results of the calculation of resonant wavelengths and absorption frequencies of microwave radiation for the main structural components of liquid water in the temperature range of 293...353 K.

Основой методики стало предположение, что вода имеет квазикристаллическую структуру, и во время встречи молекулы ведут себя как гармонические осцилляторы, оси которых направлены так, что молекула движется по сферическому объёму [1, 2]. С учётом распределения Больцмана колебательной кинетической энергии гармонического осциллятора получим выражения для частоты

$$\nu = \frac{3}{2 \cdot a} \cdot \left( \frac{k \cdot T}{\pi \cdot m} \right)^{0,5}; \quad (1)$$

$$a = 2 \cdot \alpha \cdot T; \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \quad (3)$$

где,  $a$  – средняя амплитуда колебаний, Å;  $m$  – приведённая масса колеблющейся частицы,  $g$ ;  $k$  – постоянная Больцмана, Дж/К;  $T$  – абсолютная температура, К;  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения жидкости;  $c = 3 \cdot 10^{10}$  см/с.

Рабочая частота СВЧ печи равна 2,45 ГГц, что соответствует резонансной частоте, найденной с помощью этой методики. Длина волны резонансного поглощения СВЧ излучения на данной частоте равна 12,24 см. Эта величина хорошо согласуется с результатами расчетов и подтверждает то, что структурно вода состоит из димерно-тетраэдрических ассоциатов, имеющих наиболее близкую длину волны к длине волны резонансного поглощения воды СВЧ-излучения.

Результаты расчётов сведены в таблицу 1.

Рабочая частота СВЧ печи равна 2,45 ГГц, что соответствует резонансной частоте, найденной с помощью этой методики. Длина волны резонансного поглощения СВЧ излучения на данной частоте равна 12,24 см. Эта величина хорошо согласуется с результатами расчетов и подтверждает то, что структурно вода



состоит из димерно-тетраэдрических ассоциатов, имеющих наиболее близкую длину волны к длине волны резонансного поглощения воды СВЧ-излучения.

Таблица 1

Значения амплитуд колебаний, резонансных частот и длин волн от температуры воды.

T, °K	Молекула H <sub>2</sub> O, R = 2,319 Å			(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> , R = 4,638 Å			(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> R = 3,34 Å		
	a, Å	$\nu, 10^{10}$ Гц	$\lambda$ , см	a, Å	$\nu, 10^{10}$ Гц	$\lambda$ , см	a, Å	$\nu, 10^{10}$ Гц	$\lambda$ , см
293	1,172	8,381	0,357	2,93	2,378	1,262	1.054	4.671	0,642
313	3,756	2,702	1,1	6,76	1,065	2,817	5,258	0.964	3,112
333	8,658	1,21	2,479	16,65	0,446	6,72	12,387	0,4242	7,072
353	15,814	0,682	4,397	30,558	0,250	12	22,309	0,242	12,39

1. Френкель И.Я. Кинетическая теория жидкостей. М.:Л, Изд. АН СССР, 1945. 253-260 с.
2. North A.M. The collision theory of chemical reaction in liquids. Methuen, London, Wiley, New York, 1964. 117-121 с.

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОК СПЛАВОВ ГРУППЫ ЖЕЛЕЗА

Горьковенко А.Н.<sup>1</sup>, Панченко П.А.<sup>1\*</sup>, Кулеш Н.А.<sup>1</sup>, Васьковский В.О.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [pollyshenko@gmail.com](mailto:pollyshenko@gmail.com)

## INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ANNEALING ON HYSTERESIS PROPERTIES OF POLYCRYSTALLINE FILMS OF IRON-GROUP ALLOYS

Gorkovenko A.N.<sup>1</sup>, Panchenko P.A.<sup>1\*</sup>, Kulesh N.A.<sup>1</sup>, Vas'kovskiy V.O.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Comparative study of hysteresis properties was performed on Fe, Co, Ni, Fe<sub>11</sub>Ni<sub>89</sub>, Fe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub>, Co<sub>30</sub>Ni<sub>70</sub> polycrystalline films obtained by magnetron sputtering before and after magnetic field annealing. Qualitative model explaining the specific features of experimental angular dependencies of coercivity was proposed.

Функциональные плёночные среды, предназначенные для использования в устройствах магнитомикроэлектроники и спинтроники, как правило, имеют сложную слоистую структуру, включающую, в том числе, слои ферромагнитных 3d-металлов и их сплавов [1]. Одним из важных свойств таких слоёв является

магнитный гистерезис, который влияет на устойчивость и воспроизводимость магнитных состояний плёночных структур. Данная работа посвящена исследованию гистерезисных свойств плёнок базисных элементов группы железа (Fe, Co, Ni) и некоторых их сплавов, обладающих высокой анизотропией магнитосопротивления.

Образцы для исследования были получены на стеклянных подложках методом магнетронного распыления в присутствии однородного технологического магнитного поля параллельного плоскости подложек. Они имели трёхслойную структуру – стекло/Ta/M/Ta, в которой основные магнитные слои ( $M = \text{Fe, Co, Ni, Fe}_{11}\text{Ni}_{89}, \text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}, \text{Co}_{30}\text{Ni}_{70}$ ) толщиной 40 нм были защищены вспомогательными слоями Ta толщиной 5 нм. В ходе эксперимента образцы последовательно отжигались при температурах 200 и 400 °С. Отжиги продолжительностью 1 час проводились в вакууме в магнитном поле, которое ориентировалось относительно геометрии образцов так же, как технологическое поле. Величиной, характеризующей магнитный гистерезис, выступала коэрцитивная сила  $H_c$ , которая определялась из магнитооптических петель гистерезиса, измеренных под различными углами ( $\phi$ ) к оси приложения технологического поля.

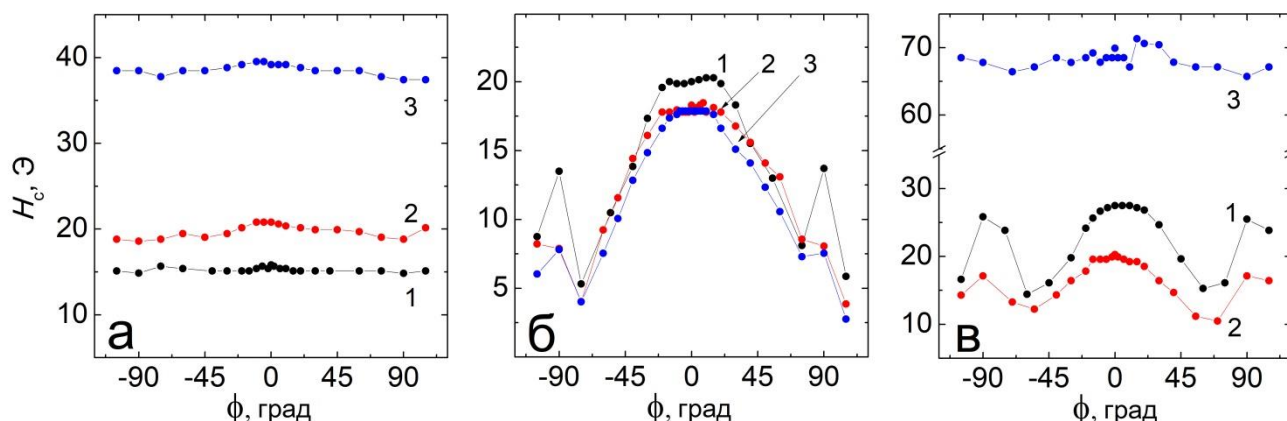


Рис. 1. Зависимости коэрцитивной силы от угла между внешним магнитным полем и осью приложения технологического магнитного поля для плёнок разного состава (а – Fe; б – Co; в – Ni) в исходном состоянии (кривые 1) и после термомагнитной обработки при 200 °С (кривые 2) и 400 °С (кривые 3)

Анализ полученных результатов показал, что уровень магнитного гистерезиса, вид зависимостей  $H_c(\phi)$  и их трансформация при термомагнитной обработке весьма разнообразны (см. Рис.1) и отражают различия в структурном состоянии, характере и величине магнитной анизотропии плёнок разного состава. В работе дана модельная интерпретация установленных закономерностей.

*Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России 3.6121.2017/8.9.*

1. Xu Y., Awschalom D.D., Nitta J., Handbook of Spintronics, Editors: N.-Y. Springer Reference (2016).

## МЕХАНИЗМЫ ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ [ZnO/SiO<sub>2</sub>]<sub>25</sub>

Бассараб В.В., Жилова О.В., Каширин М.А., Макагонов В.А., Панков С.Ю.\*,  
Фошин В.А.

Воронежский Государственный Технический Университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [srgpank@mail.ru](mailto:srgpank@mail.ru)

## CONDUCTIVITY MECHANISMS IN [ZnO/SiO<sub>2</sub>]<sub>25</sub> THIN-FILM STRUCTURES

Bassarab V.V., Foshin V.A., Kashirin M.A., Makagonov V.A.,  
Pankov S.Yu.\*, Zhilova O.V.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

[ZnO/SiO<sub>2</sub>]<sub>25</sub> thin-film structures were obtained by ion-beam sputtering. Hopping mechanism of conductivity with a variable length of hops over localized states near the Fermi level as the temperature rises from 77 to 300 K.

Тонкие пленки [ZnO/SiO<sub>2</sub>]<sub>25</sub> были получены методом ионно-лучевого напыления путем послойного осаждения слоев ZnO и SiO<sub>2</sub>. Для получения различных толщин слоев ZnO в ходе единого процесса напыления между мишенью и держателем подложки был установлен V-образный экран. Количество бислоев ZnO/SiO<sub>2</sub> составляло 25, толщина пленки изменялась от 190 до 240 нм.

Результаты рентгеноструктурного фазового анализа показали наличие нанокристаллической фазы оксида цинка, других фаз обнаружено не было. Полученные образцы обладали высокой прозрачностью в видимом диапазоне света и, как и пленки чистого ZnO, имели n-тип проводимости.

Анализ температурных зависимостей электросопротивления показал, что в области температур 77 – 300 К удельная электрическая проводимость линейна в координатах  $\ln\sigma \sim f(1/T^{1/4})$ , что указывает на прыжковый механизм проводимости носителей заряда с переменной длиной прыжка по локализованным состояниям, лежащим в узкой полосе энергий вблизи уровня Ферми. Тогда, согласно [1], выражение для электрической проводимости имеет следующий вид:

$$\sigma = e^2 \cdot R^2 \cdot v_{ph} \cdot g(E_F) \cdot \exp\left(-\frac{B}{T}\right)^{1/4}, \quad (1)$$

где

$$B = \frac{16}{a^3 \cdot k \cdot g(E_F)} \quad (2)$$

$e$  – заряд электрона,  $R$  – среднее расстояние прыжка,  $v_{ph}$  – фактор спектра фононов взаимодействия,  $T$  – абсолютная температура,  $g(E_F)$  – плотность состояний на уровне Ферми,  $a$  – радиус локализации волновой функции электрона,  $k$  – постоянная Больцмана.

Из перестроенных зависимостей  $\ln\sigma \sim f(1/T^{1/4})$  были определены значения параметра  $B$  в уравнении (1) для исследованных пленок. Тогда, согласно [1], применяя выражения (1) и (2), можно провести оценку значения плотности состояний на уровне Ферми  $g(E_F)$  (рисунок 1).

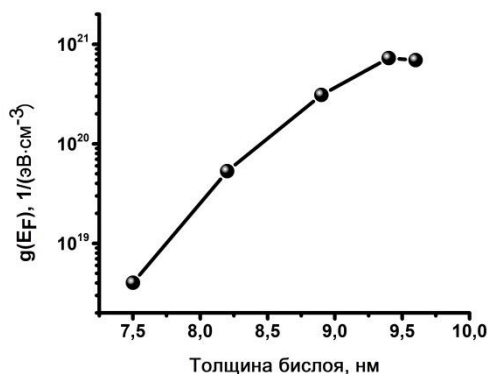


Рис.1. Зависимость плотности состояний на уровне Ферми  $g(E_F)$  от толщины бислоя ZnO/SiO<sub>2</sub>

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках проектной части государственного задания (3.1867.2017/4.6).*

1. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах М.: Мир, (1982).

## ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ СПЕКАНИЯ И ПРИМЕСИ МАРГАНЦА НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ КЕРАМИК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Панков В.А.\*, Чуркин В.Ю., Звонарев С.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [pankovvitaliy1997@gmail.com](mailto:pankovvitaliy1997@gmail.com)

## EFFECT OF MEDIUM OF SINTERING AND MANGANESE IMPURITIES ON PHOTOLUMINESCENCE OF ALUMINA CERAMIC

Pankov V.A.\*, Churkin V.Y., Zvonarev S.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Alumina samples were synthesized at medium of air and vacuum with various concentration manganese impurities. The spectra of photoluminescence were measured.

Актуальность применения оксида алюминия обусловлено структурными особенностями его модификаций, которые, в свою очередь, определяют дисперсность и состояние поверхности оксида. Его физические и химические свойства обеспечивают разнообразное применение данного материала в отраслях промышленности и научных исследованиях. Например, оптические свойства оксида алюминия позволяют на его основе изготавливать люминофоры [1], лазеры (в виде кристаллов) и детекторы ионизирующих излучений [2]. Допирование керамики  $Al_2O_3$  примесями марганца изменяет его люминесцентные свойства за счет создания как новых дефектов, так модификации собственных дефектов исходной матрицы. С целью понимания их природы и механизмов свечения необходимы комплексные исследования спектров импульсной катодо- (ИКЛ), фото- (ФЛ) и термолюминесценции (ТЛ). Исследование спектров ИКЛ и кривых ТЛ проведено в наших предыдущих работах. Поэтому целью работы является определение методом ФЛ характеристик полос эмиссии, регистрируемых по данным ИКЛ и ТЛ, керамики  $Al_2O_3:Mn$ .

Получение керамики на основе оксида алюминия с примесью марганца происходило в несколько этапов. На первом этапе получены исходные пористые матрицы в виде компактов методом холодного статического прессования (312 МПа) высокочистого (99,5%) коммерческого нанопорошка оксида алюминия, полученного алкоголятным методом, с последующим термическим отпуском (450 °С, 2 часа). Затем пористые матрицы  $Al_2O_3$  в течении 30 минут пропитывались раствором марганца разной концентрации от 0,001 до 18,77 wt. %. Заключительным этапом синтеза стало спекание пропитанных образцов в вакууме и на воздухе при 1500 °С.

Для исследования спектров ФЛ использовался спектрометр Perkin Elmer LS-55. Полосы эмиссии регистрировались в режиме флюоресценции с фильтрами перед ФЭУ 290 и 350 нм.

Согласно литературным данным примесь марганца имеет полосы возбуждения люминесценции при 275 нм (R-линия  $Mn^{4+}$ ) [3] и 325 (Mn<sup>2+</sup>-линия) [4]. На спектрах ФЛ керамических образцов  $Al_2O_3:Mn$  после возбуждения длиной волны 205 нм, показано наличие полос люминесценции с максимумами при 470 и 520, а при 325 – 670, 685 нм.

Установлено, что увеличение концентрации примеси приводит к снижению интенсивности полос (670-676) и (685-693) нм (R, R1, R2 линия), т.е. наблюдается концентрационное тушение люминесценции примесных центров. Показано что в образцах, синтезированных на воздухе эффект тушения наиболее заметен. Зафиксирован максимум интенсивности для полосы эмиссии 480 нм, соответствующей  $F^+$ -центру, при малой концентрации марганца 0,01-0,1 wt. %.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).*

1. K. Drdlíková, R. Klement, D. Drdlíka, T. Spusta, D. Galusekb, K. Maca. Journal of the European Ceramic Society, 37 (7), 2695–2703 (2017).
2. Dianguang Liu. Ceramics International, 39, 4765–4769 (2013).
3. I.V. Gasenkova, N.I. Mukhurov, S.P. Zhvavyi, E.E. Kolesnik, A .P. Stupak. Journal of Luminescence 185 (2017).
4. Anton I. Kostyuko, Aleksey V. Zhuzhgo, Vasily V. Kaichev, Alexander A. Rastorguev, Vladimir N. Snytnikov, aleriy N. Snytnikov. Optical Materials 75 (2018) 757-763.

## LUMINESCENT THIN FILMS OF GADOLINIUM OXIDE DOPED WITH ERBIUM AND EUROPIUM IONS

Kuznetsova Yu.A.<sup>1</sup>, Zatsepin A.F.<sup>1</sup>, Parulin R.A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [parulinr@gmail.com](mailto:parulinr@gmail.com)

We studied the optical properties of thin film gadolinium oxide doped with erbium and europium ions. The experiment showed the existence of the UV-visible energy transfer from defective  $Gd^{3+}$  ions to activators, which can be widely used in multilayer energy conversion devices.

Thin film rare earth oxides are of great interest today for applications in multilayer devices operating with energy storage and conversion. Gadolinium oxide has a specific importance as matrix due to its high dielectric constant and refractive index, wide band gap and possibility to introduce various donor-acceptor pairs [1]. Our previous research have shown that intrinsic defects in nanostructured modification of  $Gd_2O_3$  provide a new channel for UV-visible energy conversion [2, 3]. The main goal of this work is to determine how defects behave in thin films and what is the difference between the optical properties of a thin film and nanostructured  $Gd_2O_3$ .

The samples of thin films were synthesized in Institute of Physics and Technology, Ural Federal University. The films were deposited on quartz glass substrate (a high-purity optical glass of type IV). As activators for  $Gd_2O_3$  matrix, the  $Er^{3+}$  and  $Eu^{3+}$  ions were chosen due to their bright green and red emission commonly used in optoelectronic devices. Optical absorption and photoluminescence spectra were recorded on PE Lambda 35 and PE LS 55 spectrophotometers.

Selective absorption band with maximum at 240 nm observed for  $Gd_2O_3$  thin film (Fig. 1(a)) corresponds to the transition in  $Gd^{3+}$  ion. We found a similar feature for the case of  $Gd_2O_3$  nanoparticles and established that such optically active lattice cations are defective and located near oxygen vacancies [2]. This means that the

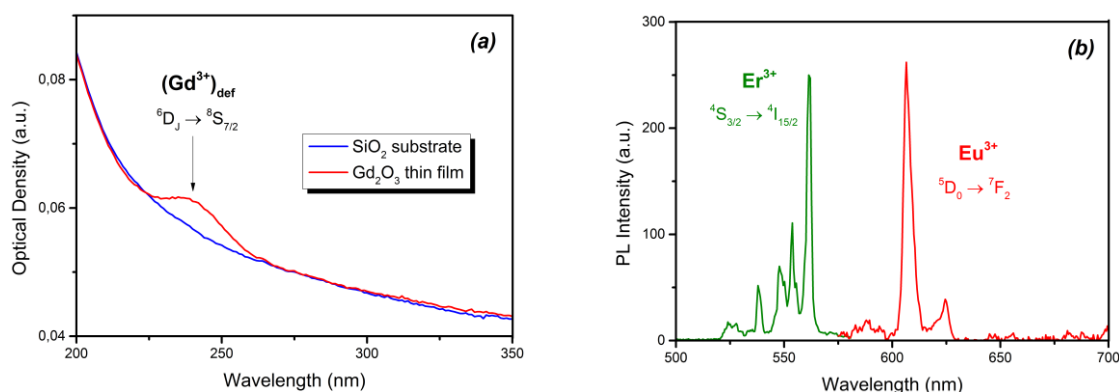


Fig. 1. (a) Optical absorption of  $Gd_2O_3$  thin film on  $SiO_2$  substrate; (b) Photoluminescence of  $Gd_2O_3:Er$  and  $Gd_2O_3:Eu$  thin films.

channel of UV-visible energy transfer from defective  $Gd^{3+}$  ions to activators can also be implemented in films, by analogy with nanoparticles. Photoluminescence spectra of films with  $Er^{3+}$  and  $Eu^{3+}$  activators confirm this assumption (Fig. 1(b)). Intense green and red luminescence of  $Er^{3+}$  and  $Eu^{3+}$  at excitation of  $Gd^{3+}$  ions (240 nm) indicates the energy transfer from defective cations of  $Gd_2O_3$  to rare-earth acceptors. This effect can be used in multilayers energy conversion devices (for example, in tandem solar cells).

1. Liu G. K., Chen X. Y., Handbook of the Physics and Chemistry of Rare Earth (2007).
2. Zatsepin D. A. et al., Appl. Surf. Sci., 436, 697 (2018).
3. Zatsepin A. F., Appl. Mat. Today, 12, 34 (2018).

## ELECTRON BEAM DOMAIN PATTERNING IN THIN PLATES OF MAGNESIUM DOPED LITHIUM NIOBATE

Pashnina E.A.<sup>\*</sup>, Chezganov D.S., Vlasov E.O., Gimadeeva L.V.,  
Greshnyakov E.D., Chuvakova M.A., Shur V. Ya.

School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University,  
Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [helen.pashnina@gmail.com](mailto:helen.pashnina@gmail.com)

The electron beam domain patterning has been studied in the thin crystalline plates of MgO-doped lithium niobate covered by artificial dielectric layer. The creation of the through periodic domain structures with vertical domain walls and a period down to 2  $\mu\text{m}$  was demonstrated in the thin plates.

We have studied the electron beam (e-beam) domain patterning in Z-cut optical grade plates of MgO-doped congruent lithium niobate (MgOLN) single crystals of two thicknesses: (1) 1-mm-thick, as purchased, and (2) 7- $\mu\text{m}$ -thick produced by polishing. The irradiated Z- polar surface was covered by 2.5- $\mu\text{m}$ -thick AZ nLOF 2020 photoresist layer. The 100-nm-thick solid copper electrode was deposited on the opposite surface and grounded during irradiation. The dual-beam Auriga Crossbeam Workstation (Carl Zeiss NTS) equipped with electron beam lithography system Elphy Multibeam (Raith GmbH) was used for e-beam irradiation [1]. The static domain structures at the surface were imaged non-destructively by piezoresponse force microscopy and scanning electron microscopy (SEM) in channeling-contrast backscattered electron mode after chemical remove of the resist layer and electrode. The confocal Raman microscopy (CRM) was used for domain imaging in the bulk.

The dot e-beam irradiation of LN crystals resulted in formation of the hexagonal isolated domains which is typical for switching in effective screening conditions [2]. We have found out the linear dose dependence of the switched area in both samples, while the domain area in the thin sample was about 2.5 times larger than in the thick one. The obtained behavior was attributed to external screening of the depolarization field by injected electrons, which are considered as an analog of the switching current in external circuit for traditional application of electric field by electrodes. Essential increase of the switched domain area for thin sample can be attributed to more effective external screening compared to the thick one. It was shown that the switched domain area is weakly dependent on the electron energy and the pattern period. The experimental facts were attributed to the equal values of screening charge at the same doses and various accelerating voltages and negligible electrostatic interaction between approaching neutral domain walls, respectively. The CRM domain imaging in the bulk showed that the domains with vertical walls grew through the thin sample which resulted in essential decrease of the domain wall interaction and uniform domain size distribution within the pattern.



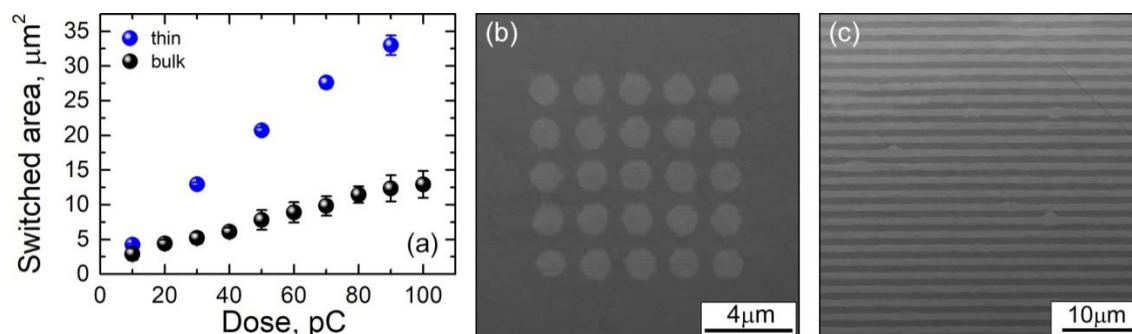


Fig. 1 (a) The dose dependence of the switched domain area for 7- $\mu\text{m}$ -thick and 1-mm-thick plates. The channeling contrast SEM images of (b) 2D domain array and (c) 1D stripe domain grating with 2- $\mu\text{m}$ -period.

The obtained study allowed revealing the optimal parameters for periodical poling with short periods, which have been used for creation of through 1D and 2D periodical domain structures with the neutral walls and period down to 2  $\mu\text{m}$ .

*The equipment of the Ural Center for Shared Use “Modern nanotechnology” Ural Federal University was used. The research was made possible by the Russian Science Foundation (grant № 17-72-10152).*

1. Vlasov E.O., Chezganov D.S., Pashnina E.A., et al., *Ferroelectrics* (in press).
2. Shur V.Ya., *J. Mater. Sci.*, 41, 199 (2006).

## ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОНА НА ГРАНИЦЕ НАНОКОМПОЗИТА ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ОБЪЕМА НАНОЧАСТИЦ

Потапова И.И., Яцышен В.В.

Волгоградский Государственный Университет, Волгоград, Россия

\*E-mail: [ipotapova28@mail.ru](mailto:ipotapova28@mail.ru)

## DEPENDENCE OF THE MAIN PARAMETERS OF THE SURFACE PLASMON ON THE BOUNDARY OF THE NANOCOMPOSITE ON THE RELATIVE VOLUME OF NANOPARTICLES

I.I. Potapova\*, V.V. Yatsishen

Volgograd State University, Volgograd, Russia

**Abstract.** This paper presents the results of calculations of the dependence of the main parameters of the surface plasmon at the boundary of the nanocomposite — the longitudinal and surface frequencies — on the filling parameter

ПП образуют важное направление в исследовании наноматериалов и несут полезную информацию о свойствах их границы. Особый интерес представляют наноконпозиты, в виде наночастиц в диэлектрической матрице.

Считаем, что наночастицы имеют форму шариков с радиусом в несколько нанометров. Распределение их в матрице случайно, но однородно. Диэлектрическую проницаемость металла наночастиц, найдем из модели Друде

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_{\infty} - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \quad (1)$$

здесь  $\omega_p$ -плазменная частота,  $\varepsilon_{\infty}$ -диэлектрическая проницаемость при  $\omega \rightarrow \infty$ .

Диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon_2$  нанокомпозита вычислим из модели Максвелла-Гарнета

$$\frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_d}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_d} = f \frac{\varepsilon(\omega) - \varepsilon_d}{\varepsilon(\omega) + 2\varepsilon_d} \quad (2)$$

Здесь  $f$ -относительный объем наночастиц в нанокомпозите,  $\varepsilon_d$ -диэлектрическая проницаемость матрицы композита  $\varepsilon(\omega)$ -диэлектрическая проницаемость наночастиц. Для расчета использованы значения  $f=0.8, \varepsilon_d=2.56$ . Данные для диэлектрической проницаемости наночастиц серебра взяты из работы [1]

Из дисперсионного уравнения для ПП определим частоту ПП  $\omega_{sx}$ ,

$$k_{\parallel}^2 = k_0^2 \cdot \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \quad (3)$$

при скорости света  $c \rightarrow \infty$  [ 2 ]

Здесь  $k_{\parallel}$ -постоянная распространения ПП,  $k_0 = \omega/c$ -волновое число в вакууме,  $\varepsilon_1$ -диэлектрическая проницаемость среды, граничащей с нанокомпозитом. Будем считать, что это вакуум и  $\varepsilon_1 = 1$ .

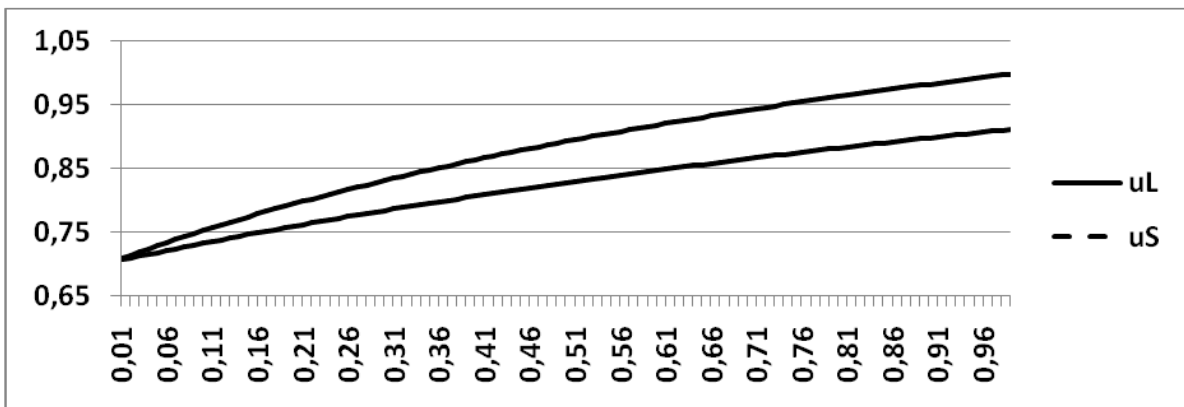


Рис. 1. Зависимость приведенных продольной частоты  $u_L$  и частоты ПП  $u_S$  от величины параметра  $f$  - относительного объема наночастиц в нанокомпозите.

Продольная частота ПП  $\omega_{Lx0}$  нанокомпозита, определяется из условия:

$$\varepsilon_2(\omega_{Lx0}) = 0 \quad (4)$$

На рисунке 1 представлены результаты расчета приведенных продольной частоты и частоты ПП от величины параметра заполнения  $f$ -относительного объема частиц в нанокомпозите. Определим относительные частоты:

$$u_L = \frac{\omega_{Lx0}}{\omega_{L0}}, \quad u_S = \frac{\omega_{Sx}}{\omega_{L0}} \quad (5)$$

здесь  $\omega_{L0}$ -продольная частота частицы серебра. Из графика видно, с увеличением параметра заполнения  $f$  относительные частоты также растут, уже при

$f=0,96$  продольные частоты нанокompозита и серебряных наночастиц практически совпадают.

Следовательно, изменяя параметр заполнения можно управлять параметрами ПП на границе нанокompозита.

1. Johnson P.B., Christy R.W. Optical constant of the noble metals //Phys.Rev.B, V.6.P.4370-4379(1972).
2. Агранович В.М., Миллс Д.Л./Ред. Поверхностные поляритоны. Электромагнитные волны на поверхностях и границах раздела сред./Ред. М.:Наука,525с.(1985)

## ПОСТОЯННЫЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЗАТУХАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОНОВ НА ГРАНИЦЕ НАНОКОМПОЗИТА

Потапова И.И. \*, Яцышен В.В.

Волгоградский Государственный Университет, Волгоград, Россия

\*E-mail: [ipotapova28@mail.ru](mailto:ipotapova28@mail.ru)

## WAVE PROPAGATION AND DISSIPATION PARAMETERS OF SURFACE PLASMONS ON THE BORDER OF NANOCOMPOSITE

I.I. Potapova \*, V.V. Yatsishen

Volgograd State University, Volgograd, Russia

Abstract. This paper presents the results of calculating the propagation parameters of surface plasmons (SP) for a nanocomposite formed of silver nanoparticles placed in a dielectric matrix with a dielectric constant  $\epsilon_d$ .

Поверхностные плазмоны на границе конденсированных сред – это коллективные возбуждения, которые могут распространяться только вдоль границы материала и экспоненциально убывают при удалении внутрь материала [1]. Особый интерес представляет возбуждение ПП на границе наноматериалов. Поверхностные поляритоны и плазмоны могут возбуждаться в метаматериалах, исследование которых составляет сейчас особое направление в физике конденсированных сред [2-3].

Относительный объем наночастиц -  $f$ . Рассмотрим границу раздела вакуум ( $z<0$ )–нанокompозит ( $z>0$ ). Дисперсионное уравнение для ПП будет иметь вид:

$$k_{\parallel}^2 = k_0^2 \cdot \frac{\epsilon_1 \epsilon_x}{\epsilon_1 + \epsilon_x} \quad (1)$$

Здесь  $\epsilon_x$  – диэлектрическая проницаемость нанокompозита,  $\epsilon_1 = 1$  – диэлектрическая проницаемость вакуума,  $k_0 = \omega/c$  – волновое число в вакууме. Магнитное поле ПП в вакууме представляется в виде

$$H_{1y} = H_0 \exp(\kappa_1 z) \cdot \exp i(k_{\parallel} x - \omega t) \quad (2)$$

Здесь  $\kappa_1$  – постоянная затухания ПП в вакууме ( $z<0$ ),  $\omega$  – частота. Магнитное поле ПП в нанокompозите имеет вид

$$H_{2y} = H_0 \exp(-\kappa_2 z) \cdot \exp(i(k_{\parallel} x - \omega t)) \quad (3)$$

$\kappa_2$ - постоянная затухания ПП в нанокompозите ( $z > 0$ ).

На рисунке 1 представлены зависимости параметров ПП- $\kappa_1 = n_1 z$ ,  $\kappa_2 = n_2 z$  от относительной частоты  $u = \omega/\omega_{L0}$ , здесь  $\omega_{L0}$ -продольная частота частицы серебра, диэлектрическая проницаемость которой:

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_{\infty} \cdot \left(1 - \frac{\omega_{L0}^2}{\omega^2}\right) \quad (4)$$

Здесь  $\varepsilon_{\infty} = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \varepsilon(\omega)$ . На этом же рисунке отображена частотная зависимость удельного параметра распространения ПП  $n_{\parallel} = k_{\parallel}/k_0$ .

Из данного графика видно, что при увеличении частоты приведенный параметр распространения  $n_{\parallel}$  стремится к 1, в то время как параметр затухания ПП в вакууме  $\kappa_1$  уменьшается, а  $\kappa_2$ - в нанокompозите-возрастает. Это означает, что ПП в большей мере находится в вакууме над поверхностью нанокompозита и меньше проникает вглубь его.

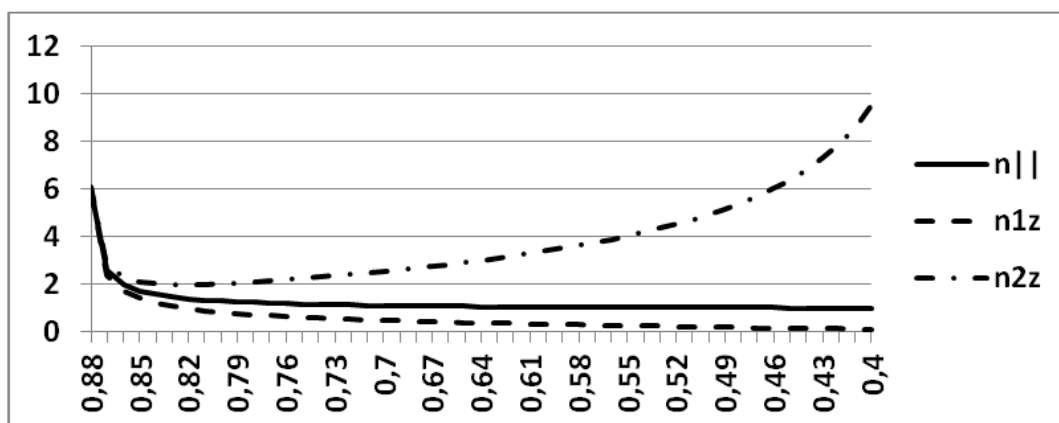


Рис. 1. Зависимость параметров ПП на границе нанокompозита от относительной частоты

1. Агранович В.М., Миллс Д.Л./Ред. Поверхностные поляритоны. Электромагнитные волны на поверхностях и границах раздела сред./Ред. М.: Наука, 525с. (1985).
2. Aleksandrov Y.M., Yatsishen V.V. Surface Polaritons with Negative Group Velocity in Structure with Transition Layer // JOURNAL OF NANO-AND ELECTRONIC PHYSICS. Vol.8. No 1. P.01013-1-01013-3 (2016).
3. Aleksandrov Y.M., Yatsishen V.V. Surface Polaritons with Negative Group Velocity in Structure with Transition Layer // JOURNAL OF NANO-AND ELECTRONIC PHYSICS. Vol.9. No 3. P.03039-1-03039-4 (2017).

## КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $\text{Cu}_x\text{ZrSe}_2$

Постников М.С.<sup>1,2\*</sup>, Шкварин А.С.<sup>2</sup>, Меренцов А.И.<sup>1</sup>, Титов А.А.<sup>2</sup>,  
Шкварина Е.Г.<sup>2</sup>, Упоров С.А.<sup>3</sup>, Титов А.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет. г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mithanya0403@gmail.com](mailto:mithanya0403@gmail.com)

### CRYSTAL STRUCTURE AND PHYSICAL PROPERTIES OF $\text{Cu}_x\text{ZrSe}_2$

Postnikov M.S.<sup>1,2\*</sup>, Shkvarin A.S.<sup>2</sup>, Merentsov A.I.<sup>1</sup>, Titov A.A.<sup>2</sup>, Shkvarina E.G.<sup>2</sup>,  
Uporov S.A.<sup>3</sup>, Titov A.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>IMET UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Samples of the  $\text{Cu}_x\text{ZrSe}_2$  system were obtained in the interval  $x = 0-0.3$ . The properties of the crystal structure and such physical properties as magnetic susceptibility and electrical conductivity were investigated.

Слоистые дихалькогениды переходных металлов являются объектов изучения уже много лет. Система  $\text{Cu}_x\text{ZrSe}_2$  привлекает интерес как аналог системы  $\text{Cu}_x\text{TeSe}_2$ , в которой наблюдается состояние с волной зарядовой плотности и сверхпроводимость. Синтез образцов  $\text{Cu}_x\text{ZrSe}_2$  (при  $0.05 \leq x \leq 0.3$ ) производился при комнатной температуре твердофазным методом с использованием металлической меди и матрицы  $\text{ZrSe}_2$ . Согласно результатам рентгеноструктурного анализа система  $\text{Cu}_x\text{ZrSe}_2$  во всем исследованном интервале индексируется в группе P-3m1, тригональной сингонии. В этом концентрационном интервале в основном заполняются тетраэдрические позиции что говорит о доминировании связи интеркалант-халькоген, в отличии от соединения с титаном, где доминирует связь интеркалант-переходный металл и заполняются исключительно октаэдрические позиции

Как независимый метод изучения локального окружения атомов меди используют метод рентгеновской абсорбционной спектроскопии (XAS). Cu L2.3 спектры для составов  $\text{Cu}_{0.1}\text{ZrSe}_2$  и  $\text{Cu}_{0.3}\text{ZrSe}_2$  имеют одинаковую форму и энергетическое положение. Для состава  $\text{Cu}_{0.2}\text{ZrSe}_2$  происходит изменение формы линии, один из пиков уширяется, меняется соотношение интенсивностей этого пика по отношению к остальным, а также меняется его энергетическое положение. Анализ спектров показал, что это обусловлено вкладом двух типов меди – в окто и тетра окружении, что хорошо согласуется со структурными данными.

Температурная зависимость электропроводности образцов измерена в интервале температур 10–100 К. Вблизи концентрации 0.2 характер зависимости

меняется с активационного на металлический. Это хорошо согласуется с выводом о ковалентном характере химической связи меди с решёткой, сделанном на основе анализа кристаллической структуры. Так же полученная зависимость сопротивления для  $ZrSe_2$  хорошо согласуется с литературой данными. [1]

Температурная зависимость магнитной восприимчивости всех составов  $Cu_xZrSe_2$  описывается как восприимчивость паулевского типа, что позволяет рассчитать плотность состояний на уровне Ферми. Падение плотности состояний при интеркаляции меди может быть обеспечено только выходом уровня Ферми в области щели между  $Se4p$ -валентной зоной и  $Zr4d$ -зоной проводимости

При интеркаляции  $ZrSe_2$  медью заполнение окта-позиций в области  $0 < x < 0,2$  можно связать с термической активацией меди из тетра-позиций, где атом меди участвует в ковалентной связи с селеном, в окта-позиции, где его связь с решёткой имеет ионный характер. Подтверждением этому является практически линейный рост заполнения окта-позиций.

1. S.G. Patel, M.K. Agarwal, N.M. Batra, et al, Bull. Mater. Sci. 21 213–217 (1998).

## УПРАВЛЕНИЕ ШИРИНОЙ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРКАЛИРОВАНИЯ МЕДИ В $ZrSe_2$

Постников М.С.<sup>1,2\*</sup>, Шкварин А.С.<sup>2</sup>, Меренцов А.И.<sup>1</sup>, Титов А.А.<sup>2</sup>,  
Шкварина Е.Г.<sup>2</sup>, Ярмошенко Ю.М.<sup>2</sup>, Титов А.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет. г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mithanya0403@gmail.com](mailto:mithanya0403@gmail.com)

## CONTROL OF THE BAND GAP BY INTERCALATING COPPER IN $ZrSe_2$

Postnikov M.S.<sup>1,2\*</sup>, Shkvarin A.S.<sup>2</sup>, Merentsov A.I.<sup>1</sup>, Titov A.A.<sup>2</sup>, Shkvarina E.G.<sup>2</sup>,  
Yarmoshenko Yu.M.<sup>2</sup>, Titov A.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The  $Cu_xZrSe_2$  intercalation single crystals have been synthesized and studied in a concentration range of  $x = 0-0.3$ , in which the semiconductor-metal transition was observed. The evolution of the electronic structure of  $Cu_xZrSe_2$  as a function of the copper content has been studied experimentally using the XPS and XAS methods.

Кристаллическая структура  $ZrSe_2$  образована последовательностью слоёв  $Se-Zr-Se$ , с сильной ковалентной связью между атомами. Между собой такие слои разделены щелью и связаны слабой связью типа ван-дер-Ваальсовой.  $ZrSe_2$  является полупроводником с шириной щели около 0.8 эВ. Дополнительный интерес

к системе  $\text{Cu}_x\text{ZrSe}_2$  вызван тем, что медь очень подвижна, а это дает возможность производить интеркаляцию при температурах вплоть до комнатной, что невозможно для других систем. Интеркалирование меди выполнено путём твердофазного синтеза с использованием металлической дисперсной меди и предварительно приготовленного порошка  $\text{ZrSe}_2$ .

Спектры остовных уровней (XPS) дают информацию о зарядовом состоянии атома, а также об изменении зарядового состояния в зависимости от количества интеркалированной меди[1]. Спектры XPS чувствительны к появлению дополнительных фаз или неэквивалентных кристаллографических положений. Из эксперимента видно, что значения энергии связи всех исследованных уровней ( $\text{Se}3d$ ,  $\text{Zr}3d$ ,  $\text{Zr}3p$ ) а также спектров валентных полос возрастают одинаково по мере увеличения концентрации интеркалированных атомов меди. Энергия связей как функция  $X$  во всех случаях меняется одинаково для всех оболочек, это означает, что сдвигается уровень Ферми.

Первопринципные расчеты были выполнены с целью получить теоретическое описание плотности состояний вблизи уровня Ферми и подтвердить этот вывод[2]. Было показано, что  $\text{ZrSe}_2$  является прямозонным полупроводником, причем интеркаляция меди, приводящая к уменьшению щели, оставляет прямозонный характер щели.

Интеркаляция атомов меди приводит к переходу полупроводник-металл вследствие уменьшения ширины запрещенной зоны  $\text{Zr}4d / \text{Se}4p$ . Возможность постепенного изменения ширины прямого зазора и управления переходом металл-полупроводник делает интеркалированный медью  $\text{ZrSe}_2$  перспективным материалом для будущих электронных и оптических устройств.

1. M. Zangrando, M. Finazzi, G. Paolucci, et al, Rev. Sci. Instrum. 72 1313 (2001).
2. A.S.Shkvarin, A.I.Merentsov, Yu.M.Yarmoshenko, M.S.Postnikov, E.G.Shkvarina, A.A.Titov, I.Pis, S.Nappini, F.Bondino, A.N.Titov, J. Phys. Chem. C 123 410 (2019)

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА В ОБЪЕКТЕ, ЛОКАЛЬНО НАМАГНИЧИВАЕМОМ ТРЕХПОЛЮСНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТОМ

Костин В.Н.<sup>1,2\*</sup>, Василенко О.Н.<sup>1,2</sup>, Бызов А.В.<sup>2</sup>, Петухова А.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kostin@imp.uran.ru](mailto:kostin@imp.uran.ru)

## SPATIAL MAGNETIC FLUX DISTRIBUTION IN AN OBJECT MAGNETIZED BY THREE-POLE ELECTROMAGNET LOCALLY

Kostin V.N.<sup>1,2</sup>, Vasilenko O.N.<sup>1,2</sup>, Byzov A.V.<sup>2</sup>, Petukhova A.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The induction distributions in the tested object magnetized by a three-pole electromagnet both with a series and with simultaneous switching on of the field in mutually perpendicular directions are obtained.

К настоящему времени появились хорошие возможности приборной реализации методов магнитного контроля, которые обусловлены быстрым совершенствованием компьютерных технологий сбора и обработки измерительной информации, а также достоинствами и доступностью электронных компонентов нового поколения.

Для измерения магнитных свойств массивных объектов зачастую используются приставные преобразователи. Так П-образный электромагнит со встроенным в него датчиком магнитного потока является измерительным преобразователем, а показания такого прибора в основном определяются свойствами тех объемов контролируемого объекта, которые находятся под полюсами и в непосредственной близости от них[1].

Благодаря конструкции и форме такого электромагнита измеренные магнитные свойства строго зависимы от направления, которое локализовано в таких методах от полюса к полюсу, что значительно затрудняет контроль объектов, обладающих магнитной анизотропией[2].

Для оценки анизотропных магнитных свойств изделий был смоделирован приставной преобразователь, представляющий собой трехполюсный электромагнит(триполь), плечи которого расположены под углом 90° друг к другу. Поэтому он позволяет намагничивать деталь и проводить замеры в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Для определения потенциальной возможности использования подобной конструкции преобразователя потребовалось 3D-моделирование с использованием



программного комплекса ANSYS[3], необходимое для исследования топографии поля и потока в объекте, намагничиваемом триполюсом.

Пространственное распределение плотности магнитного потока в объекте, намагничиваемом трехполюсным электромагнитом, представляется в виде распределения магнитной индукции в объеме модели, представляющей собой замкнутый магнитный контур из триполюса, объекта контроля и воздуха вокруг. Материал магнитопровода – Армко-железо, материалы объекта контроля – Ст3, Ст20, Ст40х, динамная сталь (кривые намагничивания сталей задавались программно). Магнитодвижущая сила (МДС) равнялась 1800 ампер-виткам.

Таким образом, по результатам моделирования определена принципиальная возможность использования трехполюсного электромагнита для локального измерения магнитных анизотропных характеристик вещества в составной магнитной цепи.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3). При проведении работ был использован суперкомпьютер «Уран» ИММ УрО РАН.*

1. Костин В.Н., Василенко О.Н., Бызов А.В. Дефектоскопия, 9, 47 (2018).
2. Щербинин В.Е., Горкунов Э.С., Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля, УрО РАН (1996).
3. Parallel calculations at the Ural Branch, Russian Academy of Sciences. Launching programs from the ANSYS. URL package: <http://www.parallel.uran.ru/node/264>.

## ВЛИЯНИЕ АТОМНОГО НОМЕРА РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА НА МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В $R(\text{Co}_{0.88}\text{Fe}_{0.12})_2$

Аникин М.С. \*, Потапов Е.В., Тарасов Е.Н., Зинин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maskim.anikin@urfu.ru](mailto:maskim.anikin@urfu.ru)

## EFFECT OF RARE-EARTH ELEMENT NUMBER ON MAGNETICALY EFFECT OF $R(\text{Co}_{0.88}\text{Fe}_{0.12})_2$

Anikin M.S. \*, Potapov E.V., Tarasov E.N., Zinin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, we carried out a comparative analysis of the temperature dependences of the adiabatic temperature change ( $\Delta T_{ad}$ ), determined directly, of  $R(\text{Co}_{0.88}\text{Fe}_{0.12})_2$  compounds (Fig. 1A). And the dependence  $\Delta S_m(T)$  was obtained for  $Tb(\text{Co}_{0.88}\text{Fe}_{0.12})_2$  compound, which supplements the results of work [2] (Fig. 1B).

Ранее при исследовании магнитотепловых свойств квазибинарных соединений  $R(\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$  с тяжелыми R было установлено, что частичное замещение Co

на Fe приводит к возникновению значительного по величине магнитокалорического эффекта (МКЭ) в широком диапазоне температур ниже температур Кюри ( $T_C$ ) [1]. Позже в работе [2] было показано, что ширина пика изотермического изменения энтропии ( $\Delta S_m$ ) на половине высоты максимума ( $\Delta T_{FWHM}$ ) зависит не только от концентрации железа ( $x$ ), но и от атомного номера редкоземельного металла. В работе [2] параметры МКЭ были определены только косвенным методом из магнитных измерений и отсутствуют данные по квазибинарным соединениям с Tb.

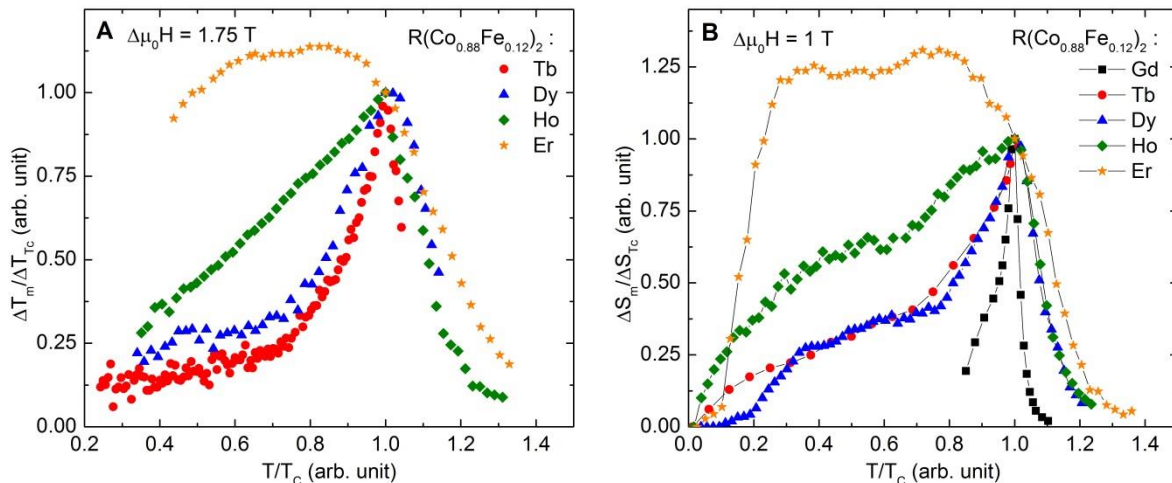


Рис. 1. Зависимости  $\Delta T_{ad}$  (A) и  $\Delta S_m$  (B), приведенные к значению  $\Delta T_{ad}$  и  $\Delta S_m$  в температуре Кюри, от температуры, приведенной к  $T_C$ .

В данной работе были исследованы температурные зависимости адиабатического изменения температуры ( $\Delta T_{ad}$ ), определенного прямым способом, соединений  $R(\text{Co}_{0.88}\text{Fe}_{0.12})_2$ , где  $R = \text{Tb}, \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}$  (рис. 1A), и получена зависимость  $\Delta S_m(T)$  для соединения  $\text{Tb}(\text{Co}_{0.88}\text{Fe}_{0.12})_2$  (рис. 1B).

Из рис. 1 следует, что зависимости  $\Delta S_m(T)$  и  $\Delta T_{ad}(T)$  подобны. Данные зависимости можно объяснить в рамках модели слабой магнитной подрешетки Белова [3], принимая во внимание, что энергия межподрешеточного обменного взаимодействия зависит от атомного номера R, уменьшаясь от Gd к Er [4]. Поэтому степень магнитного разупорядочения подсистемы R-атомов при одной и той же температуре будет наибольшая для составов с Er, что соответствует большим значениям  $\Delta S_m$  и  $\Delta T_{ad}$  при температурах ниже  $T_C$ .

*Работа выполнена в рамках государственного контракта № 3.6121.2017/8.*

1. Anikin M., Tarasov E. et al., J. Magn. Magn. Mater. 418, 181 (2016).
2. Anikin M., Tarasov E. et al., Met. Sci. Heat Treat. 60, 522 (2018).
3. Белов К.П., Успехи физ. наук. 166, 669 (1996).
4. Belorizky E., Fremy M.E et al., J. Appl. Phys. 61, 3971 (1987).

## ANGULAR DISTRIBUTION OF IONS GENERATED BY NANOSECOND SURFACE FLASHOVER OF POLYMERS

Morozov P.A.<sup>1\*</sup>, Punanov I.F.<sup>1</sup>, Glazachev V.A.<sup>2</sup>, Krylov O.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Electrophysics, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [pav99369565@yandex.ru](mailto:pav99369565@yandex.ru)

In this work we measured angular distributions of ion part of plasma beams generated by surface flashover of PTFE, PMMA, and polyethylene. We used nanosecond pulse generator with stored energy of 2 J, output voltage of 90 kV, and current pulse duration of 30 ns. The discharge unit has a linear electrode geometry with a 20-mm gap. The ion current of the plasma flow was registered by a Faraday cup positioned in two mutually perpendicular planes. We used permanent magnets to separate plasma electrons and suppress the secondary electron emission in Faraday cup caused by collisions of ions with collector. Magnetic field was transverse to the plasma flow motion. Faraday cup moved along arc with 60 cm radius (distance from discharge) by steps 15 degrees. The angular distributions of ion charge for all materials have an axial asymmetry which is typical for the spatial distribution of particulate mass [1]. The angular distributions of average ion velocity are also axially asymmetric but not similar. The directional patterns of ion velocities in the plane perpendicular to the sample surface and in which a discharge path lies are almost the same for all three materials, whereas the patterns in the plane normal to the discharge path differ noticeably. We show that for PTFE samples the average ion velocity demonstrates a slow linear decrease from 110 to 100 km/s as the angle changes from 0 to 75 degrees, respectively. By contrast, the ion velocities for PMMA and polyethylene in the normal direction are lower than for the others growing almost linearly from 150 km/s for the normal direction to 180 km/s for angle of 60 degrees. Besides, angular distribution of ions flow hydrocarbons in the initial moments of time is more widely than at maximum. This may be due to the fact that light particles (hydrogen) come off earlier than there is a rupture of C–C bonds inside the chain.

*This work was supported by Russian Foundation for Basic Research, project 18-08-00185*

1. Spanjers G.G., Lotspeich J.S., McFall K.A., Spores R.A. *Journal of Propulsion and Power*, vol. 14, No. 4, pp. 554–559 (1998).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРБИТАЛЬНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ МОНОСЛОЯ ЧЕРНОГО ФОСФОРА

Пушкарев Г.В.<sup>1\*</sup>, Прищенко Д.А.<sup>1</sup>, Мазуренко В.Г.<sup>1</sup>, Руденко А.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт Молекул и Материалов, Неймеген, Нидерланды

\*E-mail: [puskarev.g.v@gmail.com](mailto:puskarev.g.v@gmail.com)

## MODELING OF BLACK PHOSPHORUS MONOLAYER ORBITAL SUSCEPTIBILITY

Pushkarev G.V.<sup>1\*</sup>, Prishenko D.A.<sup>1</sup>, Mazurenko V.G.<sup>1</sup>, Rudenko A.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute for Molecules and Materials, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands

Results of first principle calculation of orbital susceptibility for black phosphorus monolayer using tight binding model hamiltonian and perturbation theory.

Двумерные материалы привлекают широкий круг исследователей благодаря своим уникальным свойствам, но экспериментальное получение таких материалов затруднено, поскольку синтез таких материалов, как правило, стоит больших затрат. Первопринципные методы позволяют изучать свойства данных объектов для дальнейшего возможного получения их в ходе эксперимента.

Монослой черного фосфора, представляет собой одну из многих двумерных физических систем, получаемую экспериментально. Как и графен, данная система обладает уникальными свойствами, что обуславливает интерес к её изучению[1]. Наиболее интересно выяснить основные магнитные свойства системы, поскольку зная их, можно более четко определить область применения данного материала. Одним из таких свойств является отклик системы на магнитное поле, который задается магнитной восприимчивостью.

В качестве одного из методов исследования свойств материалов выступает метод сильной связи (*tight binding approximation*). В работе [2], используя теорию возмущений, в рамках метод сильной связи была получена наиболее общая формула для орбитальной восприимчивости  $\chi_{orb}$ :

$$\chi_{orb}(\mu, T) = -\frac{\mu_0 e^2}{12\hbar^2} \frac{Im}{\pi S} \int_{-\infty}^{+\infty} n_F(E) \text{Tr}(U_k - 4V_k) dE \quad (1)$$

Где,  $n_F(E)$ - функция распределения Ферми-Дирака,  $\mu$ - химический потенциал системы,  $T$ - температура,  $Im$ - мнимая часть, а  $\text{Tr}$ - оператор следа матрицы.  $U_k$  и  $V_k$  представляют собой матрицы полученные соответствующим образом:

$$U_k = gh^{xx}gh^{yy} - gh^{xy}gh^{xy} \quad (2)$$

$$V_k = gh^xgh^xgh^ygh^y - gh^xgh^ygh^xgh^y \quad (3)$$

Здесь,  $g$  -матрицы соответствующие операторам функции Грина, а  $h^{ij}$ - матрицы гамильтониана системы продифференцированные по соответствующим компонентам  $i$  и  $j$ , векторов обратной решетки  $\vec{k}$ .

На рисунке 1 представлена полученная в ходе моделирования орбитальная восприимчивость как функция допирования при различных значениях параметров входящих в модель. Можно сделать вывод, что вблизи уровня ферми данная система демонстрирует парамагнитный характер с отчетливо наблюдаемым плато.

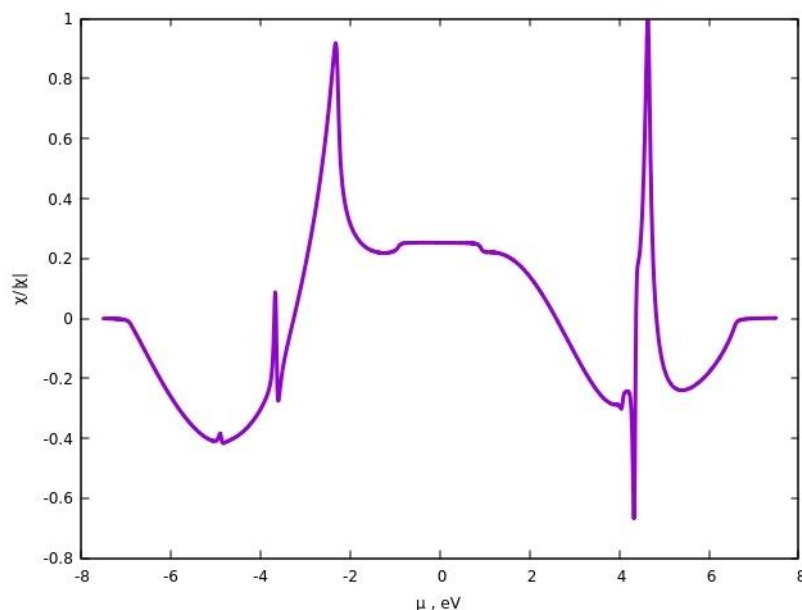


Рис. 1. Орбитальная восприимчивость монослоя черного фосфора как функция допирования.

*Работа выполнена при поддержке гранта № 17-72-20041 Российского Научного Фонда.*

1. Rudenko A. N., Shengjun Yuan, and Katsnelson M. I., Phys. Rev. B 93, 199906 (2016)
2. Arnaud R., Frédéric P., Phys. Rev. B 91, 085120 (2015).

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ГЕТЕРОГЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИИ И ДЕСОРБЦИИ МОЛЕКУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИИ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТНО-ИОНИЗАЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИЙ**

Раджабов А.Ш., Халматов А.С., Усманов Д.Т., Расулев У.Х.

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий им. У.А. Арифова Академии Наук Республики Узбекистанг, Ташкент

E-mail: [a.radjabov0217@gmail.com](mailto:a.radjabov0217@gmail.com)

**STUDY OF THE KINETICS OF HETEROGENEOUS CHEMICAL REACTIONS AND DESORPTION OF THE MOLECULES OF ORGANIC COMPOUNDS BY THE METHOD THERMODESORPTION SURFACE-IONIZATION MASS-SPECTROMETRY**

Radjabov A.Sh., Khalmatov A.C., Usmanov D.T., Rasulev U.Kh.

Institute of Ion-plasm and laser technologies named after U.A. Arifov Academy of science of Uzbekistan, Tashkent

The results of the work on the application of the laws of thermal desorption surface-ionization spectrometry in mass spectrometry for the study of the kinetics of heterogeneous processes occurring during the adsorption of molecules of organic compounds on the heated surface of a solid are presented.

Исследование закономерностей кинетики гетерогенных процессов в термодесорбционной поверхностно-ионизационной (ТДПИ) спектрометрии органических соединений показали, что по ТДПИ спектрам можно определять теплоты испарения веществ, но определение кинетических характеристик гетерогенных процессов на горячей поверхности твердого тела является очень трудной, и возможно только в частных случаях.

Анализ показало, что метод ТДПИ спектрометрии можно применять в масс-спектрометрии. Тогда получим возможность не только исследовать кинетических характеристик испарения веществ, но и кинетических характеристик гетерогенных процессов, происходящих при адсорбции молекул органических соединений на нагретой поверхность твердого тела. В данной работе разработан модель закономерностей процессов в этой системы.

Как известно, при адсорбции молекул на поверхность поверхностно-ионизационного эмиттера, подвергаются к гетерогенным химическим реакциям – де-гидрогенизации и диссоциации, в следствии чего может образоваться (M-H), (M-nH), (M-R) и (M-R-2nH) виды частиц [2], и десорбируясь с поверхности эмиттера могут ионизироваться путем поверхностной ионизации (где M – молекула, H – атомы водорода, отщепляющийся или присоединяемые; n – их число; R – отщепляющийся радикал). При этом, их поверхностно-ионизации ток равен

$$I_i = K_i(Q_{i0} - Q_i) - eK_i E_i n,$$

где  $K_i$  – скорость десорбции продуктов гетерогенных химических реакции,  $Q_{i0}$  – поной заряд ТДПИ спектра продуктов гетерогенных химических реакции,  $E_i$  – их ионизационной эффективность [1],  $Q_i$  – заряд десорбированный до какой та температуры испарителя,  $n$  – концентрация молекул веществ на испарителе;  $e$  – заряд электрона.

1. Rasulev U.Kh., Iskhakova S.S., et al., Inter. Jour. of Ion Mob. Spec. 4 (2), 121 (2001).
2. Rasulev U.Kh., Zandberg E.Ya., Progress in Surface Science, 28(3/4), 181, (1988).

## **О КИНЕТИКЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТНО-ИОНИЗАЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИИ**

Раджабов А.Ш., Халматов А.С., Усманов Д.Т., Расулев У.Х.

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий им. У.А. Арифова Академии  
Наук Республики Узбекистанг, Ташкент

E-mail: [a.radjabov0217@gmail.com](mailto:a.radjabov0217@gmail.com)

## **KINETICS OF HETEROGENEOUS PROCESSES IN THERMOLDESORPTION SURFACE-IONIZATION SPECTROMETRY OF ORGANIC COMPOUNDS**

Radjabov A.Sh., Khalmatov A.C., Usmanov D.T., Rasulev U.Kh.

Institute of Ion-plasm and laser technologies named after U.A. Arifov Academy of science  
of Uzbekistan, Tashkent

The work is devoted to the development of a mathematical model of the kinetics of heterogeneous processes in thermodesorption surface-ionization spectrometry of organic compounds. Expressions of determination of sublimation heat of substances on thermodesorption surface-ionization spectra are received.

Термодесорбционная поверхностно-ионизационная (ТДПИ) спектрометрия является высокочувствительным и экспертным метод обнаружения и анализа физиологически активных органических соединений в атмосфере воздуха [1]. К настоящему времени методом ТДПИ спектрометрии исследованы боле 50 видов этих веществ. Созданы их эталанное спектры, с помощью которого выполняются их идентификация и количественная обработка.

Несмотря на достигающиеся практические результаты в области ТДПИ спектрометрии физиологически активных веществ, вопрос о кинетической теории гетерогенных процессов в ТДПИ спектрометрии остается открытым. Целью данной работы является, разработка математической модели кинетике гетерогенных процессов в ТДПИ спектрометрий. Результаты моделирования показали, что

температуры максимума, формы и интенсивности ТДПИ спектров органических веществ зависит от кинетики гетерогенных процессов, происходящих при адсорбции молекул веществ на нагретой поверхности поверхностно-ионизационного эмиттера. Результаты моделирования экспериментально подтвердились. На основе результатов исследования, для определения теплоты сублимации веществ в атмосфере воздуха по ТДПИ спектрам впервые получен выражения

$$kT_{des}^{\max} \ln \left[ \frac{Q_0}{I_{sum}^{\max}} \frac{kT_{des}^{\max}}{\hbar} \right] = q + \frac{k^3 T_{des}^{\max 4}}{rq \hbar} \exp \left[ -\frac{q}{kT_{des}^{\max}} \right],$$

где  $I_{sum}^{\max}$  – и  $T_{des}^{\max}$  – ток и температура максимума спектра,  $Q_0$  – полный заряд площади спектра,  $q$  – теплота сублимации,  $\hbar$  – и  $k$  – постоянные Планка и Больцмана. Используя данное выражения вычислено теплоты сублимации морфина, и получен следующие значение  $q = 1.182 \text{ эв}$ .

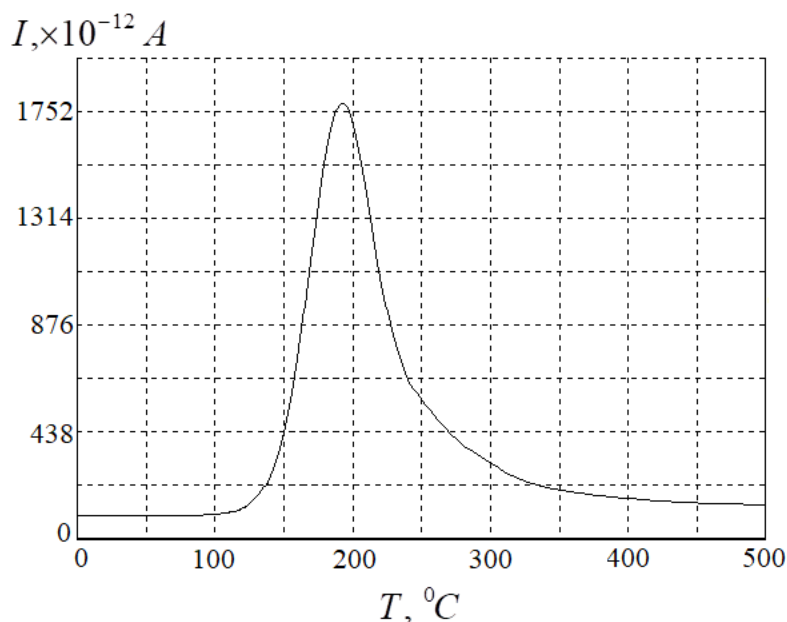


Рис.1. ТДПИ спектр морфина [1]

1. Rasulev U.Kh., Iskhakova S.S., et al., Inter. Jour. of Ion Mob. Spec. 4 (2), 121 (2001).



## МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$ , $x \leq 0.16$

Аникин М.С. \*, Рагозина М.В., Уржумцев А.Н., Сёмкин М.А., Селезнева Н.В.,  
Тарасов Е.Н., Зинин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maskim.anikin@urfu.ru](mailto:maskim.anikin@urfu.ru)

## MAGNETOCALORIC EFFECT OF $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$ , $X \leq 0.16$

Anikin M.S. \*, Ragozina M.V., Urzhumtsev A.N., Semkin M.A., Selezneva N.V.,  
Tarasov E.N., Zinin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this work the results of direct measurements of adiabatic temperature change  $\Delta T_{ad}$  of  $Nd(Co_{1-x}Ni_x)_2$  ( $x = 0.04$  и  $0.16$ ) are presented. The obtained magnetocaloric parameters are comparable with some similar compounds with heavy rare earth metals [1].

Ранее при исследовании квазибинарных соединений  $R(Co - Fe)_2$  с тяжелыми R было обнаружено, что частичное замещение Co на Fe приводит к возникновению значительного по величине магнитокалорического эффекта (МКЭ) в широком диапазоне температур, включая температуру Кюри ( $T_C$ ) [1]. Некоторые соединений  $R(Co - Fe)_2$  были предложены как потенциальные материалы в качестве рабочих тел магнитных охладителей.

В данной работе исследованы параметры МКЭ прямым способом в соединениях с легким редкоземельным металлом Nd –  $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$  и проведено их сравнение с аналогичными параметрами в соединениях с тяжелыми R.

Соединения с  $x = 0.04$ ,  $0.16$  были выплавлены в дуговой печи в атмосфере гелия с последующей гомогенизацией. Рентгеноструктурный анализ показал, что все образцы однофазны и принадлежат к кубической фазе Лавеса C15 с пространственной группой  $Fd - 3m$ . Значения параметра кристаллической решетки ( $a$ ) равно  $7.319(1) \text{ \AA}$  и  $7.336(1) \text{ \AA}$  соответственно для  $x = 0.04$  и  $0.16$ .

Измерение  $\Delta T_{ad}$  проводилось на установке MagEq MMS SV3 в магнитном поле 1.75 Тл. На рис. 1 представлены измеренные зависимости  $\Delta T_{ad}(T)$ . По максимумам зависимостей  $\Delta T_{ad}(T)$  была определена  $T_C$ , составившая 130 К и 218 К соответственно для  $x = 0.04$  и  $0.16$ , что коррелирует с данными [2].

Зависимости  $\Delta T_{ad}(T)$   $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$  имеют форму симметричного пика и значения ширины пика  $\Delta T_{ad}(T)$  на половине высоты максимума ( $\Delta T_{FWHM}$ ), равные 29 К и 63 К соответственно для  $x = 0.04$  и  $0.16$  (рис. 1). Эти параметры сравнимы с аналогичным параметром для  $Dy(Co_{0.88}Fe_{0.12})_2$ ,  $Tb(Co_{0.96}Fe_{0.04})_2$  и Gd и в несколько раз меньше, чем для  $Ho(Co_{0.88}Fe_{0.12})_2$  и  $Er(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$ , измеренных нами ранее [1]. Максимальные значения  $\Delta T_{ad}$  равны 0.75 К и 0.79 К соответственно для  $x = 0.04$  и  $0.16$  и сравнимы с максимальными значениями  $\Delta T_{ad}$  соединений  $Dy(Co_{0.88}Fe_{0.12})_2$  и  $Ho(Co_{0.88}Fe_{0.12})_2$  и в 5 раз меньше, чем для Gd.

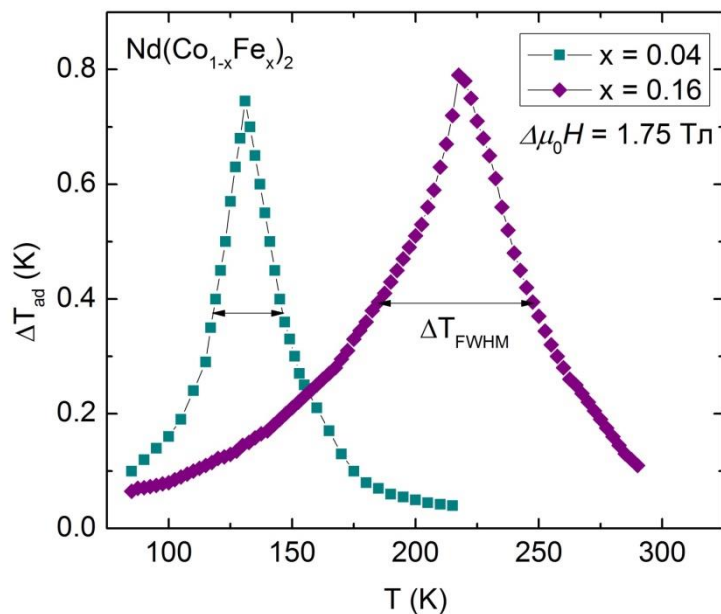


Рис. 1. Температурная зависимость  $\Delta T_{ad}(T)$   $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$ .

Исследованные соединения  $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$  не имеют платоподобной зависимости  $\Delta T_{ad}(T)$ , однако по магнитокалорическим параметрам они близки к некоторым родственным составам с тяжелыми R.

*Работа выполнена в рамках государственного контракта № 3.6121.2017/8.*

1. Anikin M., Tarasov E. et al., J. Magn. Magn. Mater. 418, 181 (2016).
2. Hu C. C., Shi C. C. et al., J. Appl. Phys. 112, 063902 (2012).

## ЭПР МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АНИОН-ДЕФИЦИТНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПОСЛЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ

Рамазанова Г. Р.<sup>\*</sup>, Ананченко Д.В., Никифоров С.В., Конев С.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Ramazanova\\_Guzallia@mail.ru](mailto:Ramazanova_Guzallia@mail.ru)

## ESR OF ANION-DEFICIENT ALUMINA SINGLE CRYSTAL AFTER UV IRRADIATION

Ramazanova G.R.<sup>\*</sup>, Ananchenko D.V., Nikiforov S.V., Konev S.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. ESR-spectrum of  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C single crystals after UV irradiation features the resonance absorption lines with  $g = 2.008$  and  $1.963$ . ESR absorption line with  $g = 2.008$  is a superposition of three components with  $g = 2.019$ ,  $g = 2.002$  and  $g = 1.988$ , which indicates the identity of radiation-induced ESR in the samples of  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C irradiated by UV and pulsed electron beam.

Монокристаллы  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C широко применяются в качестве материала для люминесцентных детекторов ионизирующего излучения [1]. Развитие радиационных технологий приводит к необходимости регистрации высоких поглощенных доз (>10 Гр). Одной из важных проблем для разработки высокодозных люминесцентных детекторов является образование радиационно-индуцированных дефектов, оказывающих влияние на дозиметрические свойства материала. Ранее было обнаружено, что облучение высокодозным импульсным электронным пучком (130 keV) приводит к образованию в  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C парамагнитных дефектов [2]. Известным способом изменения зарядового состояния собственных и примесных дефектов в  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C является воздействие светом УФ-диапазона [3]. Целью данной работы является изучение спектров ЭПР монокристаллов  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C после УФ-облучения, что является важным для выяснения природы радиационно-индуцированных дефектов в исследуемом материале.

Образцы  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C облучали УФ светом ксеноновой лампы при T=300°C. Спектры ЭПР регистрировались при комнатной температуре на спектрометре Bruker ELEXSYS 580.

В ходе эксперимента установлено, что УФ-облучение  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C приводит к появлению в спектре ЭПР двух линий поглощения с  $g$ -фактором 2.008 и 1.963 (Рис. 1а). ЭПР спектр  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C, облученного УФ, был разложен нами на производные функции Гауссиана (Рис. 1б). В результате разложения установлено, что линия поглощения с  $g = 2.008$  содержит три компоненты с  $g = 2.019$  (1),  $g = 2.002$  (2), и  $g = 1.988$  (3). Данные компоненты практически идентичны полученным ранее для  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C, облученного импульсным электронным пучком ( $g = 2.016$ ,  $g = 2.002$  и  $g = 1.987$ ) [4]. Первая из них может быть отнесена к центру дырочной природы, вторая – к электронному центру, в то время как компонента

с  $g = 1.988$  может быть связана с примесью ионов  $\text{Cr}^{3+}$  [5]. Линия поглощения с  $g = 1.963$  ((4) на Рис. 1b) является элементарной, и, вероятно, имеет примесную природу, поскольку ее интенсивность существенно варьируется от образца к образцу.

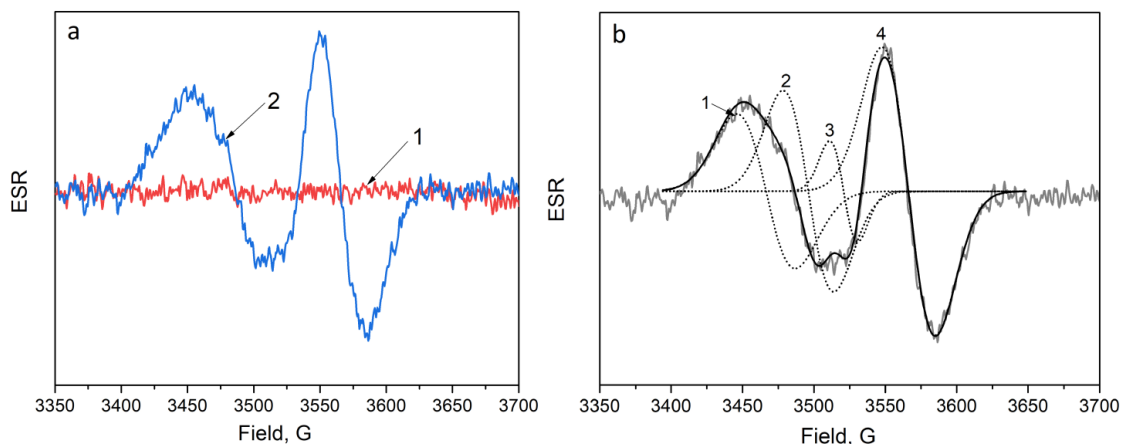


Рис. 1. (а) ЭПР исходного (1) и облученного УФ (2)  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ ; (б) разложение спектра ЭПР на компоненты:  $g = 2.019$  (1),  $g = 2.002$  (2),  $g = 1.988$  (3),  $g = 1.963$  (4)

В работе также обсуждаются механизмы изменения зарядового состояния парамагнитных центров при освобождении электронов из глубоких ловушек в  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$  в процессе ступенчатого отжига.

1. Кортков В.С., Мильман И.И., Никифоров С.В. Известия ТПУ, 303, 35 (2000).
2. Kortov V.S. et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B 407, 191 (2017).
3. Weinstein I.A. et. al., Radiat. Prot. Dosim., 100, 159 (2002)
4. Ananchenko D.V. et. al., Opt. Mater. (In press)
5. De Biasi, R. S., Rodrigues, D. C. S., J. Mater. Sci., 16, 968 (1981)

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАДИНАМИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАРЬЕРА НУКЛЕАЦИИ МЕТАСТАБИЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Розанов Е.О.<sup>1\*</sup>, Проценко С.П.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук,  
Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yvecme10@gmail.com](mailto:yvecme10@gmail.com)

## USING METADYNAMICS FOR CALCULATING NUCLEATION ENERGY BARRIER OF METASTABLE LIQUID

Rozanov E.O.<sup>1\*</sup>, Protsenko S.P.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Thermal Physics Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

A supercooled Lennard-Jones substance is investigated with the help of metadynamics, which has been shown to produce reliable results in measuring free energy faster than Monte-Carlo methods. To drive the system from the metastable phase, as well as to show which path system chooses for crystallization, local Q6 Steinhardt parameter and potential energy of the system are chosen as collective variables.

Переохлажденная жидкость находится в метастабильном состоянии, из которого она может кристаллизоваться при преодолении ею барьера свободной энергии. Однако, это преодоление является редким событием, и исследование барьера с помощью простой молекулярной динамики крайне неэффективно. Метод метадинамики [1] позволяет вывести систему из метастабильного состояния путем добавления гауссианов энергии, зависящих от заранее выбранных параметров порядка.

Исследование проводилось над системой из 6912 частиц леннард-джонсовского вещества при постоянном давлении 250 бар (температура плавления при таком давлении  $T_m = 89.95$  К). Переохлаждение исследовалось при постоянных температурах  $0.7 T_m$ ,  $0.75 T_m$  и  $0.8 T_m$ . В качестве переменных порядка были выбраны потенциальная энергия системы и параметр Стейнхардта Q6 [2] вокруг случайно выбранного атома в сфере, включающей в себя 350 атомов. Выбор параметров метадинамики (высота и ширина гауссианов, частота их добавления) был сделан так, чтобы обеспечить точность определения барьера в пределах  $2 kT$ .

В результате моделирования были определены величины  $11.9 kT$ ,  $22.8 kT$  и  $31.1 kT$  для температур  $0.7 T_m$ ,  $0.75 T_m$  и  $0.8 T_m$  соответственно с учетом погрешности выше. При увеличении переохлаждения барьер свободной энергии уменьшается, и жидкости проще перейти в кристаллическое состояние.

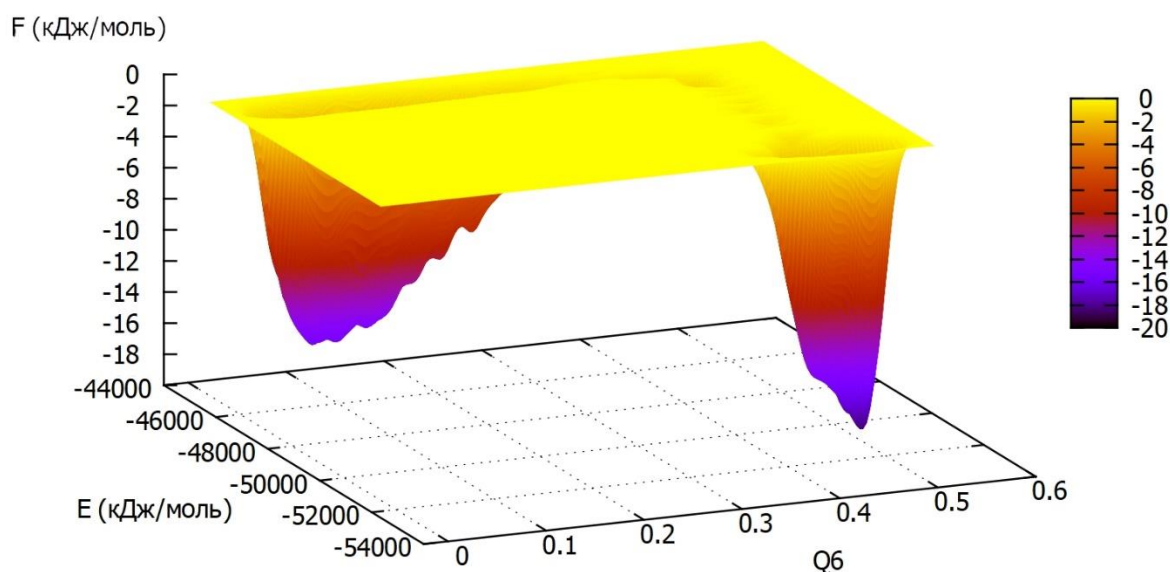


Рис. 1 – Ландшафт свободной энергии в зависимости от выбранных параметров порядка для температуры  $0.75 T_m$ . Левая яма соответствует метастабильному жидкому состоянию, а правая – кристаллу

1. Laio A. and Parrinello M. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 99, 12562 (2002).
2. Steinhardt P.J. et al. Phys. Rev. B, 28, 784 (1983).

## SURFACE MODIFICATION OF STEEL INDUCTOR AS AN APPROACH TO ENHANCE ITS DURABILITY IN HIGH PULSED MAGNETIC FIELDS

Russkikh P.A.<sup>\*1,2</sup>, Spirin A.V.<sup>1</sup>, Boltachev G.Sh.<sup>1</sup>, Paranin S.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Electrophysics UB of RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [russkikh\\_p@inbox.ru](mailto:russkikh_p@inbox.ru)

Abstract. The work concerns both a theoretical analysis of magnetic and thermal effects in conductor with inhomogeneous initial conductivity and realization of this approach on steel, oriented on inductors production, by steel surface modification. Monotonically changing specific resistance of steel was suggested to be realized via steel pack chromizing.

The relevance of the research is due to the use of high-field coils in the technology of magnetic pulse welding of metals. Consideration and reduction of the ohmic heating of the current-carrying layer of the inductor and the thermal stresses and strains associated with it is of key importance for increasing inductor durability.

A promising approach is the realization of an inductor material with initial inhomogeneous resistivity in the current-carrying layer. Here, an analysis of the stress state

of the surface layer of a cylindrical inductor made of medium-carbon steel with an internal diameter of 10 mm was carried out taking material heating into account and the parameters of the surface modification of two types (see Fig. 1a), which allows well reducing the influence of thermal effects (Fig. 1b), have been determined: the degree of resistance increase on the surface ( $\gamma_{00}$ ) and the depth of modification ( $\delta_M$ ). We used magnetic field pulse as one half-period (15  $\mu$ s) of damped sinusoid with amplitude 50 T. It was concluded that more efficient thermal unloading of the inductor surface is achieved using type I modification. At both modification types the reasonable values of the modification parameters are:  $\gamma_{00} > 1.2$ ,  $\delta_M \sim 0.2$ –0.3 mm. Practically, the approach was applied on steels of three grades: 30KhGSA, 40Kh, and U8A, which were subjected to pack chromizing at 1000°C in Ar for 20 to 100 h, using chromium pack (wt.%): 5Cr+0.5NH<sub>4</sub>Cl+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (bal.).

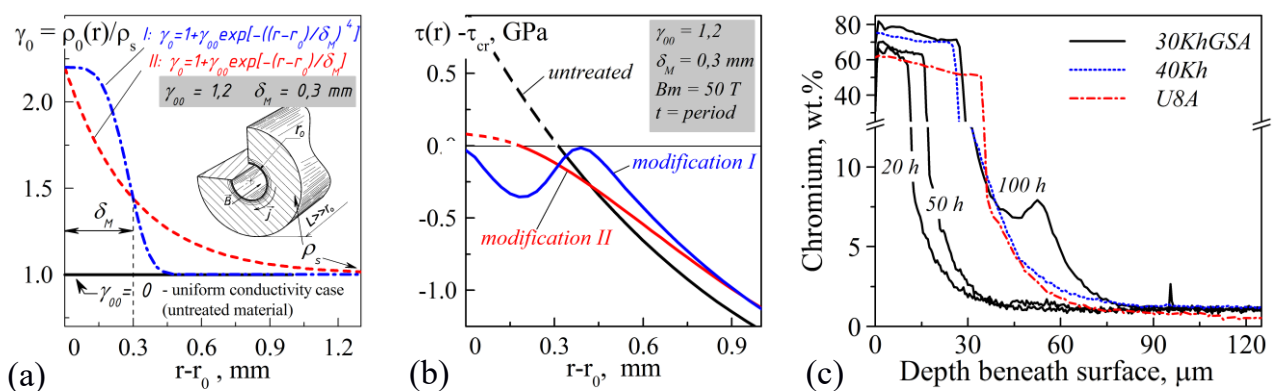


Fig. 1. (a) – model profiles of initial resistivity  $\rho_0(r)$ , inset – modeled concentrator; (b) – mechanical stresses intensity  $\tau(r)$  as compared to yield stress  $\tau_{cr}$ ; (c) – chromium profiles at different process duration.

Modified surface consists of the external “Cr-C” carbidic layer with thickness 10 to 40  $\mu$ m depending on conditions and steel grade (Fig. 1c). The diffuse layer located beneath the external coating is characterized with an exponential decrease in chromium concentration and resistivity, as a consequence. It meets the resistivity distribution shape being modeled. This layer is likely a chromium-rich ferrite (or martensite after quench) with maximum concentration of chromium at about 10 wt. %. After chromizing for 100 h, the diffuse layers of 56, 70, and 94  $\mu$ m in thickness were obtained for the steels 40Kh, 30KhGSA and U8A, respectively. Thus, to increase the diffuse layer thickness and eliminate the formation of the external carbidic layer for successful steel application further optimization of chromizing procedure is needed.

*This work was performed as part of state task No. 0389-2015-0025 and supported in part by RAS Program Project No.18-2-2-8.*

**МАГНЕТИЗМ АМОΡФНЫХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ Dy - Co**

Аданакова О.А. <sup>1\*</sup>, Кудюков Е.В. <sup>1</sup>, Балымов К.Г. <sup>1</sup>, Степанова Е.А. <sup>1</sup>,  
Русалина А.С. <sup>1</sup>, Васьковский В.О. <sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [olga.adanakova@urfu.ru](mailto:olga.adanakova@urfu.ru)

**MAGNETISM OF Dy - Co SYSTEM AMORPHOUS FILMS**

Adanakova O.A. <sup>1\*</sup>, Kudyukov E.V. <sup>1</sup>, Balymov K.G. <sup>1</sup>, Stepanova E.A. <sup>1</sup>,  
Rusalina A.S. <sup>1</sup>, Vas'kovskiy V.O. <sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Annotation. In this work, we investigated the temperature behavior of the magnetic properties of  $Dy_x Co_{100-x}$  ( $x = 9-100$  at.%) films. The values of the atomic magnetic moments were determined, the type of magnetic structure was analyzed.

Ориентация на спиновую электронику является одной из актуальных тенденций в физике тонкопленочных магнитных материалов [1]. При этом повышенный интерес вызывают среды со сложной магнитной структурой и, в частности, обладающие свойством магнитной хиральности. Естественными претендентами на роль таких сред выступают редкоземельные металлы (Dy, Ho, Er), в которых при низких температурах реализуется геликоидальное магнитное упорядочение. Определенный потенциал в этом отношении имеют и аморфные системы, включающие наряду с редкоземельными элементами металлы группы железа, обеспечивающие расширение температурной области магнитного упорядочения. Настоящая работа посвящена исследованию магнитных свойств пленок системы Dy-Co широкого спектра составов, полученных методом высокочастотного ионного распыления.

Пленочные образцы типа подложка/ $Dy_x Co_{100-x}$ /Ti, где  $9 \leq x \leq 100$  ат.%, были получены с использованием мозаичных мишеней Dy-Co в присутствии технологического магнитного поля, ориентированного в плоскости подложек, которыми являлись покровные стекла Corning. Номинальная толщина слоев  $Dy_x Co_{100-x}$  составляла 110 нм. Поверхностный слой Ti толщиной 3 нм выполнял функцию защиты основного слоя от окисления. Для магнитных измерений использовалась установка MPMS XL-7, которая позволяла варьировать температуру в интервале 5-350 К и напряженность магнитного поля в интервале  $\pm 70$  кЭ.

На рис. 1 для иллюстрации основных тенденций в концентрационном изменении магнитных свойств пленок представлены температурные зависимости намагниченности  $M(T)$ , измеренные в магнитном поле напряженностью 100 Э



вдоль оси приложения технологического поля. Эти зависимости, а также петли гистерезиса, измеренные при различных температурах, и данные по магнетизму пленок La-Co, представленные в [2], использованы для анализа магнитной структуры пленочной системы Dy-Co.

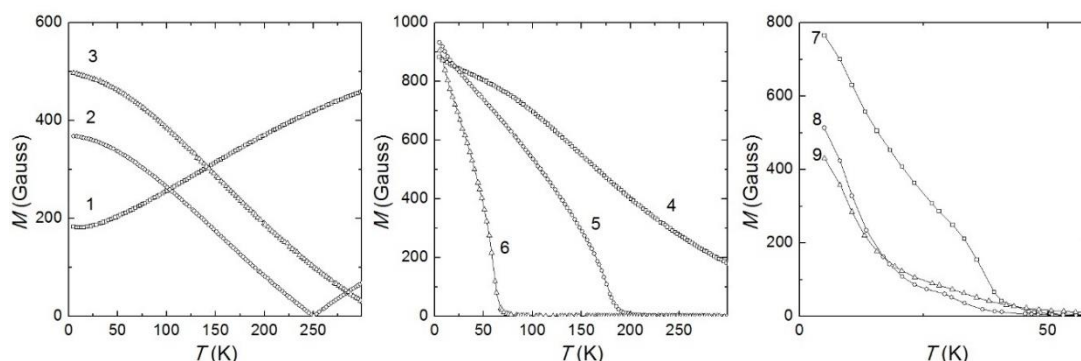


Рис. 1. Температурные зависимости намагниченности пленок Dy-Co с разной концентрацией редкоземельного элемента: 1 – 9,1; 2 – 15,2; 3 – 17,1; 4 – 25,5; 5 – 34,9; 6 – 46; 7 – 59; 8 – 69,9; 9 – 83,9 ат. %.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 18-72-10044.*

1. Nguyen Van Dau F., Nature Materials, 6, 813 (2007).
2. Васильковский В.О., Аданаква О.А. и др., ФТТ, 57,1125 (2015).

## КОМПОЗИТНЫЙ НАНОЛЮМИНОФОР С НАСТРАИВАЕМОЙ ЦВЕТНОСТЬЮ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ

Савченко С.С.\* , Корелин И.А., Ильин Д.О., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [s.s.savchenko@urfu.ru](mailto:s.s.savchenko@urfu.ru)

## COMPOSITE COLOR-TUNABLE NANOPHOSPHOR FOR UV RADIATION CONVERSION

Savchenko S.S.\* , Korelin I.A., Ilin D.O., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Two-component nanophosphors based on sponge-like alumina and InP/ZnS quantum dots were synthesized and their luminescent properties under UV excitation were investigated. The structures allow one to tune emission chromaticity by nanocrystal size and to create white light sources.

Современные технологические приемы формирования низкоразмерного состояния и наномасштабирования структурных особенностей в люминесцентных материалах позволяют повышать их квантовый выход и настраивать требуемые оптические свойства. Перспективными представителями таких наноразмерных

люминофоров многоцелевого назначения являются квантовые точки (КТ), спектр свечения которых при неизменном химическом составе может легко варьироваться за счет изменения геометрических параметров. В частности, коллоидные нанокристаллы фосфида индия в оболочке из сульфида цинка перекрывают спектральный диапазон от зеленого излучения до ближнего ИК. Для иммобилизации КТ при создании композиционных оптически активных структур целесообразно использовать подложку, обладающую развитой поверхностью и собственной люминесценцией в коротковолновой области видимого спектра. Указанным задачам хорошо соответствует наноструктурированный анодированный оксид алюминия (АОА). В этой связи работа посвящена синтезу и исследованию фотолюминесцентных свойств композиционного материала, синтезированного на основе губчатого АОА и нанокристаллов InP/ZnS.

Для получения подложки из губчатого  $Al_2O_3$  использовался листовой алюминий марки А5. Анодное окисление проводилось с использованием стандартной двухэлектродной ячейки в растворе фтороводородистой кислоты в этиленгликоле за одну стадию при постоянном напряжении 150 В. В результате были синтезированы круглые мембраны АОА радиусом 2.5 см и толщиной 10-20 мкм. Образцы коллоидных КТ InP/ZnS характеризовались структурой ядро/оболочка (производитель ФГУП «НИИ прикладной акустики», Дубна) и различными средними размерами частиц в ансамблях, которые определяли по положению первой экситонной полосы поглощения. Осаждение нанокристаллов осуществлялось погружением мембран АОА в соответствующий раствор с последующей ультразвуковой обработкой.

Исследование фотолюминесцентных свойств при УФ возбуждении проводилось с помощью люминесцентного спектрометра Perkin Elmer LS55 при комнатной температуре. Показано, что синтезированный губчатый АОА характеризуется широкой полосой свечения в диапазоне 380–550 нм. Исследуемые КТ обладают узкими полосами эмиссии с максимумами от 500 до 600 нм в зависимости от размера и сохраняют свои люминесцентные свойства после иммобилизации на поверхности АОА. Продемонстрировано, что полученные композиты с аддитивным смешением излучений компонентов позволяют конструировать люминофоры с различной насыщенностью и цветностью излучения, а также создавать источники белого света с различной цветовой температурой.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00664.*

1. Savchenko S.S., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., Opt Mater Express, 7, 354 (2017).
2. Ilin D.O., Martemyanov N.A., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A. Optics InfoBase Conference Papers, Part F107-NOMA 2018, NoW1J.3 (2018).
3. Savchenko S.S., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., J. Physics: Conference Series, 741, 012151 (2016).
4. Ильин Д.О., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А. Патент РФ на изобретение № 2655354 от 25.05.2018.

## СРАВНЕНИЕ ДВУХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В МАГНИТНОМ МЕТОДЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГИХ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Щапова Е.А.<sup>1\*</sup>, Сташков А.Н.<sup>1</sup>, Царькова Т.П.<sup>1</sup>, Сажина Е.Ю.<sup>1</sup>, Кочнев А.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [katyuhazhul@mail.ru](mailto:katyuhazhul@mail.ru)

## THE COMPARISON OF TWO DATA PROCESSING TECHNIQUES OF MAGNETIC METHOD FOR ELASTIC COMPRESSIVE STRESS DETERMINATION

Schapova E.A.<sup>1\*</sup>, Stashkov A.N.<sup>1</sup>, Tsar'kova T.P.<sup>1</sup>, Sazhina E.Y.<sup>1</sup>, Kochnev A.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The field dependences of the measurement coil signals,  $U \sim(H)$ , on the sample of St3 mild steel have been experimentally obtained under elastic compression. For each load, corresponding to the irreversible translations of  $90^\circ$  domain walls maximum fields were determined by two techniques. The magnetoelastic fields  $H_\sigma$  and mechanical stresses  $\sigma_i^{\text{calc}}$  were calculated. The results obtained by two different techniques were found to be in a good agreement.

В работах [1,2] сообщалось о новых способах обработки экспериментальных данных для контроля внутренних механических напряжений в малоуглеродистых сталях. Способы основаны на экспериментальном определении магнитоупругого поля  $H_\sigma$ , связанного с необратимым смещением  $90^\circ$ -градусных доменных границ при перемагничивании ферромагнетика, и расчете величин механических напряжений  $\sigma_i^{\text{расч}}$ . В формулу для расчета  $\sigma_i^{\text{расч}}$  кроме поля  $H_\sigma$  входят константа магнитострикции насыщения  $\lambda_{100}$  и намагниченность насыщения  $M_s$  [1]. Так как величина  $\lambda_{100}$  не определялась экспериментально для малоуглеродистой стали Ст3, а была взята для технически чистого железа [3], то возможны некоторые расхождения между величинами  $\sigma_i^{\text{расч}}$  и действующими напряжениями  $\sigma_i$  в материале. Целью настоящей работы является построение градуировочных зависимостей между найденными значениями полей  $H_\sigma$  и действующими напряжениями  $\sigma_i$ , а также сравнение результатов, полученных при помощи обработки двумя способами – с помощью аппроксимации экспериментальных кривых [1] и с помощью вычитания экспериментальных кривых [2].

Эксперимент проводился на образце из малоуглеродистой стали Ст3. Размер образца составлял  $2 \times 3 \times 300$  мм<sup>3</sup>. Образец предварительно отжигался для снятия внутренних механических напряжений. Для измерения сигнала,

пропорционального обратимой проницаемости,  $U(H)$ , на образце размещалась катушка с двумя обмотками – возбуждающей и измерительной. Образец помещался в соленоид. К образцу прикладывалась упругая сжимающая нагрузка, величина которой контролировалась динамометром. На каждой ступени нагружения фиксировались кривые  $U(H)$ . Амплитуда переменного магнитного поля была много меньше максимального поля соленоида.

Экспериментально полученные зависимости,  $U(H)$ , при действии упругой сжимающей нагрузки были математически обработаны с помощью двух разных способов. Оба подхода позволяют разделить вклад 90- и 180-градусных доменных границ в процессы перемагничивания. Показано, что средние значения полей максимумов,  $H_{cp}$ , полученные двумя методами, хорошо коррелируют с величиной приложенных напряжений. А результаты, полученные с помощью двух этих подходов, достаточно близки. Были подтверждены результаты, полученные ранее в работе [2]. Установлены достоинства и недостатки каждого метода.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № г.р. АААА-А18-118020690196-3).*

1. Кулеев В.Г., Сташков А.Н., Царькова Т.П., Ничипурук А.П., Дефектоскопия, 10, 37-41 (2018).
2. Сташков А.Н., Кулеев В.Г., Щапова Е.А., Ничипурук А.П., Дефектоскопия, 12, 37-42 (2018).

## **ESTIMATION OF TEMPERATURE AND THERMAL PRESSURES IN THERMALIZED AREAS OF DENSE CASCADES OF ATOMIC DISPLACEMENTS IN THE COURSE OF ION BOMBARDEMENT**

Shalomov K.V.<sup>1,2\*</sup>, Ovchinnikov V.V.<sup>1,2</sup>, Cholakh S.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [icsartf@gmail.com](mailto:icsartf@gmail.com)

The glow of the various substances surface under the influence of beams of accelerated ions in the optical wavelength range was observed by many authors. None of the theoretical models proposed so far, which can be arbitrarily divided into thermodynamic, molecular, detachment, and collisional [1], can explain all the features of the type of emission under consideration and describe its spectrum.

In this regard, to explain the presence of a continuous spectrum, we can assume that we are dealing with some equilibrium (in other words, thermal) or, at least, quasi-equilibrium radiation. This may be, for example, the radiation of “thermal spikes”, formed in the case of irradiation with low and medium energy ions (from 1 to 100 keV),

directly near the surface of solids [2], as a result of the evolution of dense cascades of atomic collisions.

This means that the radiation from thermal spikes formed in areas of unbranched cascades of atomic displacements located at the above-mentioned energies at a depth, not exceeding the depth of penetration of visible radiation into metals (which has the order of  $\lambda / 2$ ,  $\lambda$  is the radiation wavelength) and heated, according to molecular dynamic estimates, to several thousand Kelvin degrees [2,3] can be experimentally observed and studied its features.

In order to test this hypothesis, we analyzed the spectral composition of the luminescence of the surface of pure metals (Fe, Zr, W, Ta) in the course of bombardment with  $\text{Ar}^+$  and  $\text{Xe}^+$  ions with energies  $E = 5\text{--}20$  keV. It was supposed to compare the change in experimental and calculated on the basis of the theory temperature values in the region of thermal spikes with variations in the energy and mass of accelerated ions, in order to obtain information about the nature of the analyzed processes.

Assuming that a quasi-equilibrium state is reached in the region of thermalized dense cascades of atomic displacements (thermal spikes), their temperature for various metals was estimated in [2] depending on the irradiation parameters

In this work, we confirmed the results [2] of an experimental determination of the temperature of thermal spikes in pure metals: Fe, W, and Zr in the case of their irradiation with  $\text{Ar}^+$  ions. In addition, assuming the thermal nature of the emission of targets in the process of ion bombardment, based on the analysis of the emission spectra, using the Wien displacement law:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \quad (1),$$

where  $b$  is the Wien constant, the temperatures of thermal spikes in Fe, W, Zr and pure Ta were obtained, when they were irradiated not only with  $\text{Ar}^+$ , but also with  $\text{Xe}^+$  ions.

Thermal pressures in the areas of thermal spikes are estimated to reach values from several units to several tens of GPa.

1. Pleshivtsev N.V., Bazhin A.I. University book, 392 (1988)
2. Ovchinnikov V.V. et al., PZhTF, 38, 1, 86 – 94 (2012)
3. Dremov V.V. et al., Journal of Alloys and Compounds, 444-445, 197-2001 (2007).

## КВАНТОВЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ И КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ТОНКИХ ПЛЁНОК АЛЮМИНИЯ

Седов Е.А.<sup>1\*</sup>, Голоколенов И.А.<sup>1,2</sup>, Завьялов В.В.<sup>2</sup>, Арутюнов К.Ю.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Национальный исследовательский институт Высшая школа экономики,  
Москва, Россия

<sup>2)</sup> Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, г. Москва, Россия

\*E-mail: [esedov@hse.ru](mailto:esedov@hse.ru)

## QUANTUMS SIZE EFFECT AND CRITICAL TEMPERATURE OF THIN ALUMINUM FILMS

Sedov E. A.<sup>1\*</sup>, Golokolenov I.A.<sup>1,2</sup>, Zavialov V.V.<sup>2</sup> and Arutyunov K. Yu.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

<sup>2)</sup> P. L. Kapitza Institute for Physical Problems RAS, Moscow, Russia

New effects appear in superconductors with the reduction of their size, for example, changing of critical temperature  $T_c$ . Despite the number of existing works, there is still no generally accepted conception about the nature of this effect. It is clear, this is mechanism influenced by many factors, one of them is quantum size effect. We present the result of the investigation of aluminum films and demonstrate the presence of quantum-confinement process that was not considered earlier.

Ещё в 60-х годах прошлого века было показано, что, уменьшая размеры сверхпроводящей структуры, например, толщины тонкой плёнки, её критическая температура изменяется. В свинце, ниобии, ртути она уменьшается, в то время как в алюминии, индии и олове она увеличивается [1]. Тем не менее, общепризнанной теории, объясняющей данное явление до сих пор нет. В 70-х годах, во время пика исследований по данной тематике, В. Л. Гинзбург предположил, что температура перехода достаточно чистой, монокристаллической плёнки сверхпроводника будет точно такой же, как и в объёмном теле [2]. Однако, данное предположение так и не было проверено, и вопрос о природе этого эффекта всё ещё остаётся открытым.

Для исследования был выбран алюминий, в связи с тем, что зависимость  $T_c$  пленки от ее толщины весьма предсказуема, и увеличивается с уменьшением размеров. Несмотря на некоторое количество работ по изучению этой зависимости в алюминии, не всегда удаётся точно установить соответствие с теорией. Это связано с тем, что характеристики варьируются от образца к образцу, изготовленных даже в одной партии. В нашем случае, были изготовлены поликристаллические плёнки, размеры кристаллитов в которых сопоставимы с толщиной плёнки. Плёнки были изготовлены методом электронно-лучевого напыления на монокристаллическую пластинку арсенида.

В рамках модели БКШ критическая температура сверхпроводящего перехода экспоненциально зависит от плотности электронных состояний на уровне Ферми  $N(E_F)$  и константы электрон-фононного взаимодействия  $V$ :

$$T_c \sim \exp\left\{-\frac{1}{N(E_F)V}\right\}$$

В работе [3] показано, что за счет КРЭ в тонких сверхпроводящих пленках оба параметра  $N(E_F)$  и  $V$  немонотонным образом меняются с толщиной образца.

Такое поведение является следствием теории резонанса формы [3]. Предположительно, эффект, оказываемый разупорядоченностью кристаллитов, а также поверхностью или подложкой, не имеет доминирующей роли конкретно в нашем случае, так как плёнки алюминия имеют высокое качество, а их толщины выходят далеко за пределы сверхтонких объектов, в которых поверхностные явления начинают играть решающую роль.

В результате проделанного исследования была получена экспериментальная и теоретическая зависимость  $T_c$  от толщины плёнок. Полученные данные соотносятся с предыдущими исследованиями [4], тем не менее это не является конечной целью нашего эксперимента. Следующим шагом запланировано изучение эпитаксиальных алюминиевых плёнок, в которых наблюдение размерной зависимости  $T_c$  будет свидетельствовать в пользу наблюдения истинного КРЭ.

*Авторы выражают благодарность совместному Российско-Греческому проекту RFMEFI61717X0001 и No. T4DPQ-00031.*

1. A. M. Toxen. Phys. Rev. – 1961 – 123 – 2.
2. V. L. Ginzburg. Journ. Experimental Theoret. Phys. (U.S.S.R.) – 1964 – 47 – 2318-2320.
3. A. A. Shanenko, M. D. Croitoru, F. M. Peeters. Phys. Rev. B – 2008 – 8 – 054505.
4. Arutyunov K. Yu. Et al. Phys. Status Solidi RPL – 2018 – 1800317.

## ТЕРМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $\text{La}_2\text{NiO}_4$ ДОПИРОВАННОГО $\text{Co}$

Семенова И.В.<sup>1\*</sup>, Никонов А.В.<sup>2</sup>, Павздерин Н.Б.<sup>2</sup>,  
Хрустов В.Р.<sup>2</sup>, Гырдасова О.И.<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [iridium2s@mail.ru](mailto:iridium2s@mail.ru)

**THERMAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF Co-DOPED  $\text{La}_2\text{NiO}_4$**   
Semenova I.V.<sup>1\*</sup>, Nikonov A.V.<sup>2</sup>, Pavzderin N.B.<sup>2</sup>, Khrustov V.R.<sup>2</sup>, Gyrdasova O.I.<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Institute of Solid-State Chemistry, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

The Ruddlesden–Popper materials are candidates for use as cathodes in solid-oxide fuel cells. The compositions  $\text{La}_2\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  ( $0 \leq x \leq 0,3$ ) have been studied to determine the effect of Co doping on sintering kinetics, TEC and conductivity. It is shown that the cobalt content increase shifts the shrinkage curves into the high-temperature region. The Co doping results in a decrease in the conductivity of  $\text{La}_2\text{NiO}_4$  in the temperature range under study.

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) – перспективные электрохимические источники тока, к преимуществам которых можно отнести высокий теоретический КПД и экологичность. В настоящее время значительные усилия направлены на снижение рабочей температуры ТОТЭ ниже  $800^\circ\text{C}$ . Это позволит увеличить срок эксплуатации ТОТЭ и использовать металлические токовые коллекторы, что удешевит их производство. Однако снижение температуры приводит к увеличению внутреннего сопротивления ТОТЭ, так как проводимость твердых электролитов и электродные реакции являются термоактивационными процессами. Особенно это важно для реакции восстановления кислорода на катоде ТОТЭ. Поэтому актуальной остается задача разработки катодного материала, который должен удовлетворять ряду жестких требований: стабильность свойств; химическая совместимость с другими компонентам топливного элемента; высокая смешанная ион-электронная проводимость; близкий к электролиту коэффициент термического расширения (КТР); высокая каталитическая активность к реакции восстановления кислорода.

В последнее время материалы со структурой Раддлсдена-Поппера ( $\text{A}_{n+1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1}$ , где  $n = 1, 2, 3$ ), состоящие из  $n$  слоев перовскита  $\text{ABO}_3$ , зажатых между двумя слоями каменной соли АО, рассматриваются в качестве катодных материалов. Эти материалы характеризуются повышенной химической



стабильностью, умеренным КТР и высокими значениями коэффициента диффузии кислорода, что объясняется способностью вместить большое количество промежуточного кислорода слоями каменной соли. Кроме того, предполагается, что возможно создать большое количество кислородных вакансий в подрешетке перовскита при надлежащей стратегии легирования.

Цель данной работы – исследовать влияние частичной замены кобальтом В-катиона на кинетику спекания, КТР и проводимость состава  $\text{La}_2\text{NiO}_4$ .

Составы  $\text{La}_2\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  ( $0 \leq x \leq 0,3$ ) были изготовлены методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. В качестве реактивов были использованы  $\text{La}_2\text{O}_3$  (х.ч.),  $\text{NiO}$  (ч.д.а) и  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  (х.ч.). Стехиометрические смеси реагентов растворяли в 0,1 N растворе  $\text{HNO}_3$ . В качестве горючего вещества использовали этиленгликоль  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  (х.ч.). Средний размер частиц синтезированных порошков, отожжённых при  $1100^\circ\text{C}$ , составлял 0,3 мкм.

Кинетику спекания и КТР исследуемых материалов определяли с помощью dilatометра Dil 402С. Проводимость составов исследовали 4-зондовым методом на постоянном токе с помощью Solartron SI-1260/1287.

Показано, что увеличение содержания кобальта сдвигает кривые усадки в высокотемпературную область. Допирование никелата лантана Со приводит к незначительному увеличению КТР. Введение кобальта в состав  $\text{La}_2\text{NiO}_4$  уменьшает проводимость составов во всей исследуемой температурной области.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗЕРНОГРАНИЧНОЙ ДИФФУЗИИ Xe В UO<sub>2</sub>

Шекунов Г.С., Некрасов К.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [grishechka1997@gmail.com](mailto:grishechka1997@gmail.com)

## GRAIN BOUNDARY DIFFUSION SIMULATION OF Xe IN UO<sub>2</sub>

Shekunov G.S., Nekrasov K.A.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Annotation. A model of UO<sub>2</sub> crystalline based on CSL theory with different grain boundary  $\Sigma 5$ ,  $\Sigma 13$ ,  $\Sigma 19$  and screw  $\langle 1\ 1\ 0 \rangle$  and edge dislocations  $[1\ 0\ 0]$ ,  $[1\ 1\ 0]$  and  $[1\ 1\ 1]$  is suggested. Diffusion coefficient and activation energy of Xe is obtained.

В работе проведено молекулярно-динамическое моделирование диффузии ксенона вдоль дислокаций и границ зёрен в кристалле UO<sub>2</sub>. Рассмотрены краевые и винтовые дислокации с векторами Бюргерса  $[100]$ ,  $[110]$ ,  $[111]$ . Границы зёрен характеризовались разориентациями кристаллографических плоскостей  $\Sigma 5$ ,  $\Sigma 13$  и  $\Sigma 19$ . Для создания модельных границ зерна использовали методику совпадающих узлов решётки [1, 2]. Взаимодействие частиц описывали парными потенциалами [3, 4]. Необходимую производительность вычислений обеспечивали распараллеливанием критичных расчётов на графических процессорах.

В результате моделирования получены зависимости коэффициентов диффузии ксенона в диапазоне температур от 2000 К до 3000 К, определены соответствующие энергии активации диффузии.

1. Galvin C., Cooper M., Fossati P., Stanek P., Grimes R., Andersson. J., Phys.: Condensed matter, 28, 405002 (2016).
2. Arima T., Yoshida K., Idemitsu K., Inagaki Y., Sato I., Material science and engineering 9, 012003 (2010).
3. Поташников С.И., Боярченко А.С., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я., Альтернативная энергетика и экология, 8, (2007).
4. Seitov D.D., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya., Gupta S.K., Akilbekov A.T., AIP Conference Proceedings 1886, 020018 (2017).

## **ВЛИЯНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДОБАВОК НА ОПТИЧЕСКИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ**

Шевелёв В.С.\*, Ищенко А.В., Шульгин Б.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [svs30114@gmail.com](mailto:svs30114@gmail.com)

## **THE EFFECT OF FLUORESCENT ADDITIVES ON OPTICAL AND LUMINESCENT PROPERTIES OF ORGANIC POLYMERS**

Shevelev V.S.\*, Ishchenko A.V., Shulgin B.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work the energy absorption, transmission and conversion processes in organic matrix-phosphor filler structure of nanocomposite materials are studied. Spectra for X-ray excited luminescence for samples with and without filler are presented. Epoxy resin based samples characterize with a more intense luminescence.

Создание нанокompозитных материалов является перспективным направлением развития сцинтилляционных детекторов за счет более высокой эффективности поглощения энергии ионизирующего излучения (ИИ) в сравнении с традиционно используемыми органическими соединениями, а также более простой технологии производства [1]. Повышенная эффективность поглощения энергии падающего ИИ обусловлена присутствием в органической матрице неорганического наноразмерного наполнителя с высоким значением эффективного атомного номера. В предыдущих работах были приведены результаты исследований наноразмерных неорганических наполнителей [2], [3]. Одной из основных задач является исследование процессов поглощения, преобразования и передачи энергии между органической матрицей и вторичной добавкой.

В данной работе представлены результаты исследований для двух типов органических матриц – эпоксидной смолы и полиуретана. В качестве вторичной люминесцентной добавки использовался 1,4-Ди-(5-фенил-2-оксазолил)бензол (РОРОР). В НОЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» был подготовлен набор образцов с разными органическими матрицами и разными концентрациями РОРОР. В ходе работы определены оптические и люминесцентные характеристики синтезированных образцов. В частности, измерены спектры рентгенолюминесценции (РЛ) для образцов без наполнителей и люминесцентной добавки на основе полиуретана (PO@BLANK) и эпоксидной смолы (ER@BLANK), а также для образцов с концентрацией РОРОР, равной 0,01 масс.% в соответствующих матрицах – PO@0\_01@NONE, ER@0\_01@NONE.

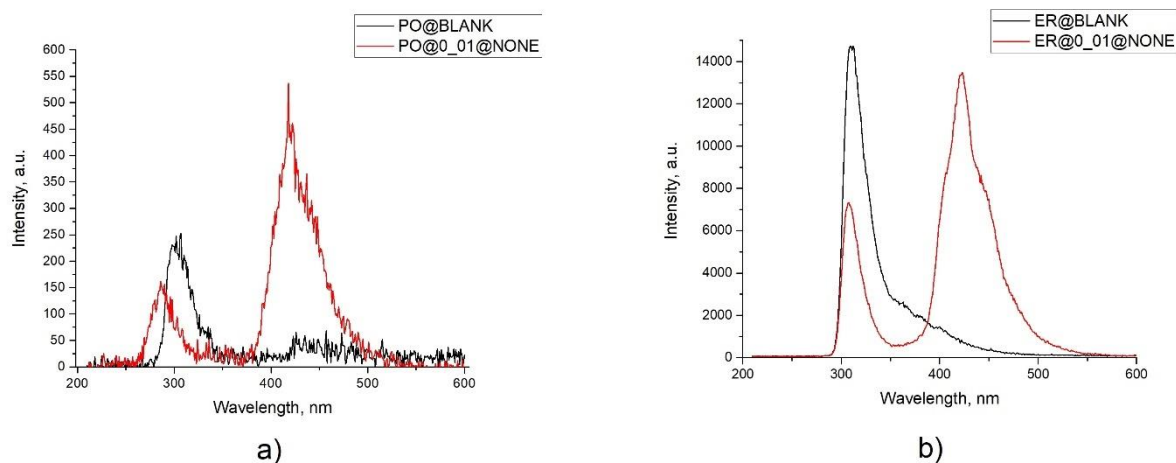


Рис. 1. Спектры РЛ образцов на основе полиуретана (а) и эпоксидной смолы (б)

В результате исследований обнаружено, что органические матрицы без наполнителей обладают собственными полосами люминесценции с максимумом в 300 нм для PO@BLANK и несимметричный пик с максимумом в 311 нм для ER@BLANK (рис. 1). При этом интенсивность свечения эпоксидной смолы в 60 раз превосходит по интенсивности свечение полиуретана.

У образцов с добавкой РОРОП наблюдается соответствующая несимметричная полоса [4] с максимумом в 420 нм. Полосы люминесценции органических матриц остаются, но становятся менее интенсивными, также наблюдается смещение максимума этих полос в область меньших длин волн, особенно этот эффект заметен для образца PO@0\_01@NONE. Данный эффект связан с тем, что РОРОП имеет полосу поглощения в этой области с максимумом в 360 нм, при этом интенсивность поглощения спадает при движении в более коротковолновую область спектра, вследствие чего наблюдается сдвиг максимума полосы свечения органических матриц в коротковолновую область. Полоса свечения РОРОП ярче для образца на основе эпоксидной смолы, это связано с более интенсивным свечением данного типа матрицы в области поглощения РОРОП.

Для более детального исследования процессов поглощения и передачи энергии в структуре люминесцентная добавка - органическая матрица будут представлены результаты исследований спектров оптического поглощения и фотолюминесценции для образцов с разными концентрациями люминесцентных добавок.

1. Wayne Cooke D. et al., Patent No.:US 7 525 094 B2. 2009.
2. Shevelev V.S., Ishchenko A.V., Platonov V.V., Shulgin B.V., AIP Conf. Proc., 1886, 020081 (2017)
3. Shevelev V.S., Ishchenko A.V., Platonov V.V., Sokovnin, S.Y., Il'ves V.G., Shulgin B.V., AIP Conf. Proc., 2015, 020096 (2018)
4. Гринёв Б.В., Сенчишин В.Г., Пластмассовые сцинтилляторы, Акта (2003).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭФФЕКТА ЯНА-ТЕЛЛЕРА В УПРУГИХ СВОЙСТВАХ КРИСТАЛЛА ZnSe:Ni МЕТОДОМ АККУСТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Шутов И.С., Харитонов К.И., Сарычев М.Н.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [m.n.sarychev@urfu.ru](mailto:m.n.sarychev@urfu.ru)

## THE STUDY OF MANIFESTATIONS OF THE JAHN-TELLER EFFECT IN THE ELASTIC PROPERTIES OF CRYSTALS ZnSe:Ni BY ACOUSTIC SPECTROSCOPY

Shutov I.S., Haritonov K.I., Sarychev M.N.\*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article is devoted to the method of the evaluation of the relaxation contribution to the total elastic moduli for crystals with Jahn–Teller (JT) impurities applied to the analysis of the experimentally measured ultrasound velocity and attenuation in ZnSe:Ni.

В ходе ультразвуковых измерений были сняты зависимости амплитуды и скорости звуковой волны, проходящей через образец от температуры в диапазоне 4-120К. Измерительная установка построена по схеме с фазовым детектированием с помощью автоподстройки частоты что позволяет, используя выражение 1, перейти к скоростям ультразвуковых волн.

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{\Delta v}{v_0} \quad (1)$$

Ультразвуковые колебания генерировались с помощью пьезопреобразователей на частотах 25-167 МГц. Данные были получены как для продольных колебаний, так и для поперечных, распространяющихся вдоль оси [110] с с поляризацией [110] и [001].

Во всех измеряемых модах были обнаружены аномалии величины поглощения и скорости звука, связанные с релаксационным вкладом Ян-Теллеровских центров примеси ионов Ni<sup>2+</sup>, присутствующих в виде примеси замещения цинка с концентрацией 3.7\*10<sup>19</sup> см<sup>-3</sup>. Зависимости частоты и ослабления амплитуды ультразвуковой волны для поперечной колебательной моды [001] приведены на рисунке 1.

В ходе обработки экспериментальных данных в соответствии с [1,2] были получены температурные зависимости от температуры времен релаксации, адиабатического и изотермического упругих модулей.

*Авторы выражают благодарность профессору В.В. Гудкову за предоставленную помощь. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00432.*

1. H. Köppel, D.R. Yarkony, H. Barentzen., The Jahn-Teller Effect Fundamentals and Implications for Physics and Chemistry, Springer (2005).
2. N.S. Averkiev, I.B. Bersuker, V.V. Gudkov, et al., J. Phys. Soc. Jpn., 86, 114604 (2017).

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА И ПЛАВЛЕНИЯ МИКРОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ЗОЛОТА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ**

Амдур А.М.<sup>1\*</sup>, Шваб Е.А.<sup>1</sup>, Федоров С.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский государственный горный университет, Россия

<sup>2)</sup> Институт металлургии, УрО РАН, Россия

\*E-mail: [engineer-ektb@rambler.ru](mailto:engineer-ektb@rambler.ru)

## **COMPUTER MODELING OF HEATING AND MELTING THE FINE PARTICLES OF GOLD IN DIFFERENT ENVIRONMENTS**

Amdur A.M.<sup>1\*</sup>, Shwab E.A.<sup>1</sup>, Fedorov S.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural State Mining University, Russia

<sup>2)</sup> Institute of metallurgy, UrB RAS, Russia

The movement of gold droplets in porous materials when heated is possible at the temperature difference at the ends of the drop. The simulation of heating of such particles in different media is carried out. It is found that the temperature difference at the opposite ends of the particle during the heating process is observed throughout the heating period in all media, strongly depends on the thermal characteristics of the medium and affects the speed of the particle.

При нагреве золотосодержащих материалов до температур, превышающих температуру плавления золота, капельки благородного металла в нем начинают двигаться по порам под действием термокапиллярного эффекта. Такой эффект возможен только при разнице температур на торцах капли. Экспериментально определить перепад температуры при нагреве теплопроводных частиц микронного размера крайне затруднительно. Поэтому задачу нагрева тела таких размеров, помещенного в среду с определенными свойствами, решали с помощью пакета Matlab.

Моделирование нагрева осуществлялось со всех четырех сторон путем задания температуры на границах среды по параболическому уравнению (нестационарный случай). Фиксировалась как разность температур на торцах капли, так и направления тепловых потоков, и температурные поля. Температура на границах среды 1300°C, форма ее - квадрат со стороной 100 мкм. Радиус частицы золота 12 мкм. Граничные условия среды задавались уравнением Дирихле. Выбрано 4 среды: пирит, кварц, силикатное стекло, кальцит.

Установлено наличие градиента температуры в микрокапельках золота в течение всего периода нагрева во всех средах. Абсолютная величина градиента температур на торцах капель золота будет значительно больше при нагреве в средах, у которых теплоемкость и теплопроводность ближе к значениям, характерным для золота. Разница температур ( $\Delta T$ ) в таких средах достигает  $40^\circ\text{C}$ . Однако, даже при  $\Delta T = 1^\circ\text{C}$  скорость движения капли будет заметной –  $11 \text{ мм/с}$ .

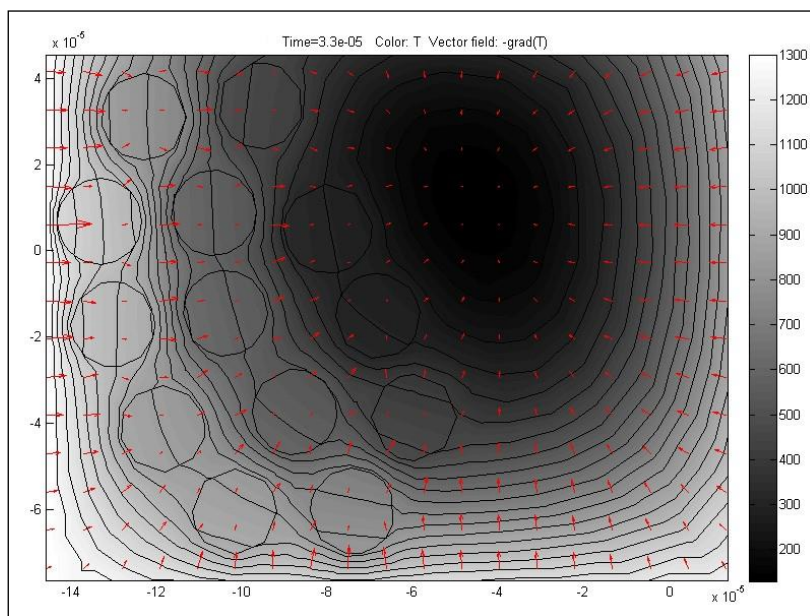


Рис. 1. Модель нагрева сферических капель золота в сульфидной среде (пирит), линии - изотермы, стрелки - тепловые потоки, шкала – температура.

Проведено моделирование нагрева нескольких капель золота (расстояние между ними не более  $10 \text{ мкм}$ ), рис. 1. Зафиксирована разность температур по сечению у всех частиц.

Таким образом, установлено, что разность температур по сечению частицы золота существует на протяжении всего времени нагрева.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-29-24081\18.*

## КОРРЕКТИРОВКА КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИОННОГО ТОРМОЖЕНИЯ БОРА

Слудная М.А.<sup>1\*</sup>, Макаров Д.Н.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им М.В. Ломоносова,  
Архангельск, Россия

\*E-mail: [marinasludnaya@gmail.com](mailto:marinasludnaya@gmail.com)

## CORRECTION OF THE CLASSICAL THEORY OF IONIC INHIBITION OF BOHR

Sludnaya M.A.<sup>1\*</sup>, Makarov D.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after MV Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Annotation. Refinements are given to the classical theory of N. Bohr ion energy losses. It is shown that these refinements can make a significant contribution to the energy loss of ions as they pass through matter.

В настоящее время для расчёта потерь энергии ионов используется теория Бете-Блоха [1]. Эта теория учитывает квантовую природу взаимодействия иона с атомами среды. Несмотря на это классическая теория потерь энергии Н. Бора также часто используется в теории потерь энергии в случае, когда существует классический предел. Другими словами, когда  $\frac{Ze^2}{\hbar v} \ll 1$ , где  $Ze$  - заряд иона в среде,  $v$  - его скорость. Подход, предложенный Н. Бором по расчёту потерь энергии [2], основан на разбиении областей параметра удара, при столкновениях быстрых заряженных частиц с осциллятором (в этой модели осциллятор является атомом), на 2 области. Первая область это область при малых параметрах удара, где электрон можно рассматривать как свободный и вторая область - область больших параметров удара, где применим дипольный подход.  $\omega/v \ll 1$ ,  $Z/v^2 \ll 1$ , ( $\omega$  - частота осциллятора) эти две области "сшиваются" и получается известная формула Бора, не зависящая от параметра сшивки. В таком подходе, есть не совсем корректное применение тех идей, которые были в неё вложены. В области малых параметров удара электрон может не рассеиваться свободно на ионе, т.к. он может находиться далеко от иона и в таком случае нужно применять дипольный подход. Квантово-механическое рассмотрение такого столкновения представлено в работе [3]. Это не было учтено в теории Бора, что приведёт к некоторой поправке к теории Бора. Такая работа была проведена и показано, что эффективное торможение (в атомных единицах) будет

$$\kappa = 4\pi \left( \frac{Z}{v} \right)^2 \left( \ln \left( \frac{2e^{-\gamma} v^3}{Z\omega} \right) + 1 - \ln(4) \right). \quad (1)$$



Формула (1) отличается от теории Н. Бора на  $1 - \ln(4) \approx -0.3862$ , что является существенной поправкой к теории торможения Бора. Такой подход может быть использован для нахождения поправки Баркаса [4], которая и в настоящее время является лишь приближительной.

1. J. F. Ziegler, Ref. Appl. Phys., Vol. 85, P. 1249-1272 (1999).
2. Бор Н. Избранные труды. Москва. Наука. Т. 1, 1970.
3. Матвеев В.И., Макаров Д.Н., Письма в ЖЭТФ, Т. 94, С. 3 (2011).
4. Barkas W.H., Dyer J.W., Heckman H.H., Phys. Rev. Letters, V. 11, P.26 (1963).

## РАЗДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВ ПРИ ИСПАРЕНИИ ИЗ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

Мелких А.В.\* , Скворцов Д.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [melkikh2008@rambler.ru](mailto:melkikh2008@rambler.ru)

## SEPARATION OF SUBSTANCES DURING EVAPORATION FROM THREE-COMPONENT MIXTURE AND OPTIMIZATION OF THIS PROCESS

Melkikh A. V., Skvortsov D. V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The problem of substances separation during evaporation of three-component mixture is considered. The system of equations for the conservation of components in the two-component mixture, assuming an isothermal environment and a good mixing of the solution, is solved analytically. The dependence of the separation coefficient of the mixture on the height of the liquid layer remaining in the evaporation process is obtained.

Разделение веществ используется для выделения чистых компонентов во многих технологиях, помимо этого содержание смеси компонентов (включая изотопы) может быть индикатором скорости испарения, а также параметром смеси и окружающей среды. Например, содержание изотопов водорода используется в качестве индикатора изменений климата в прошлом (см., например, [1, 2]). Однако закономерности процесса разделения трех и многокомпонентных растворов при испарении веществ остаются в значительной степени неясными. Неизвестно, при каких условиях становится эффективным разделение веществ путем испарения. Также представляет интерес, какие начальные условия могут обеспечить наибольший коэффициент разделения.

В настоящей работе рассмотрим трехкомпонентную смесь с условием хорошего перемешивания, в противном случае разделение смеси будет мало. Необходимо отметить, что данное условие налагается вследствие наблюдения в

трехкомпонентных смесях газов в гравитационном поле явления, называемого «аномальной гравитационной неустойчивостью» (см., например, [3]).

Уравнения для трех компонентов будут

$$\frac{d}{dt}(hn) = -\frac{1}{4}n_1\langle v_1 \rangle e^{-\frac{E_1}{kT}} - \frac{1}{4}n_2\langle v_2 \rangle e^{-\frac{E_2}{kT}} - \frac{1}{4}n_3\langle v_3 \rangle e^{-\frac{E_3}{kT}}, \quad (1)$$

$$\frac{d(hn_1)}{dt} = -\frac{1}{4}n_1\langle v_1 \rangle e^{-\frac{E_1}{kT}}, \quad (2)$$

$$\frac{d(hn_2)}{dt} = -\frac{1}{4}n_2\langle v_2 \rangle e^{-\frac{E_2}{kT}}, \quad (3)$$

где  $h$  – высота смеси;  $n_{1..3}$  – концентрация первого, второго и третьего компонентов соответственно;  $v_{1..3}$  – средние скорости первого, второго и третьего компонентов соответственно.

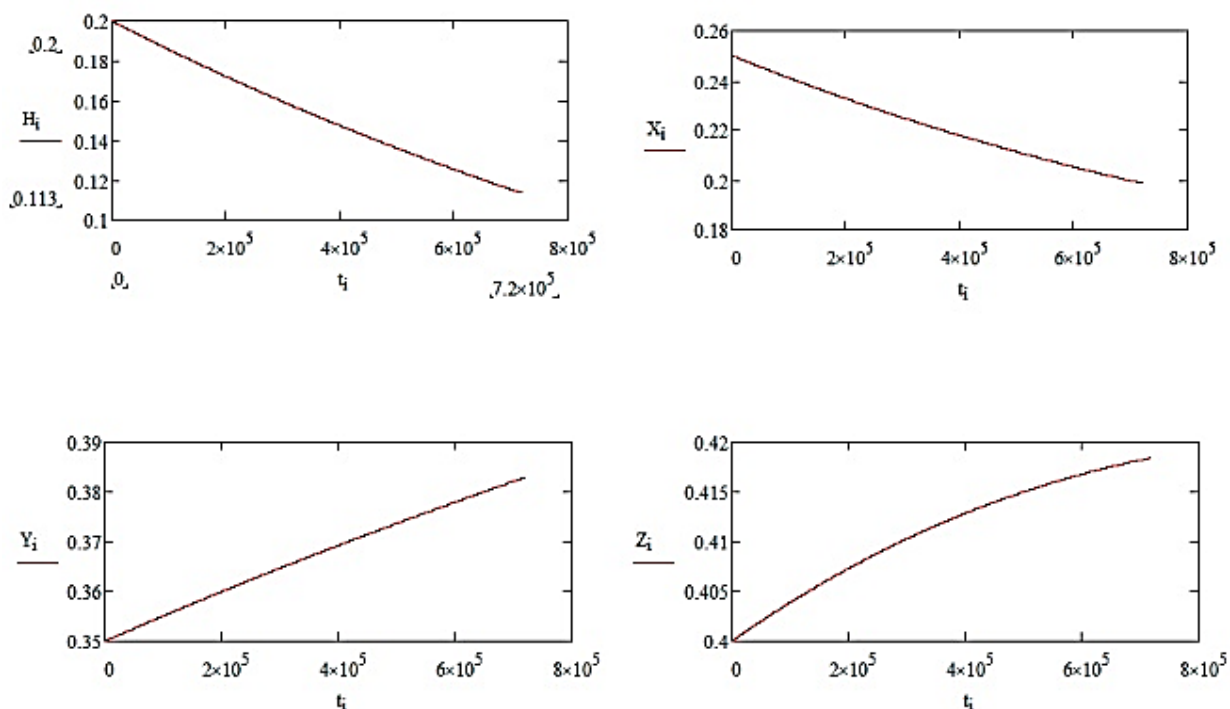


Рис.1 Зависимости высоты и концентраций компонентов от времени.

Решим эти уравнения численно используя САПР MathCad. Начальные концентрации компонент равны 0,25, 0,35 и 0,4 соответственно. Начальная высота модели равна 0,02 м (высота стакана). Время проведения расчётов принято 8 суток исходя из заметного изменения уровня воды в стакане при нормальных условиях за этот же срок. После расчёта получены значения изменения высоты поверхности, изменения концентраций каждого компонента во времени.

Итогом проведенной работы являются зависимости высоты и концентраций при испарении трехкомпонентных смесей. Показано, что модель испарения тройной системы может быть решена численно в любом случае, при условии хорошего перемешивания.

1. Huang, Y.; Shuman, B.; Wang, Y.; Webb, T. *Geology*. 30, 1103 (2002).
2. Huang, Y.; Shuman, B.; Wang, Y.; Webb, T. *J Paleolimnol*. 31, 363–375 (2004).
3. Kosov, V.N.; Seleznev, V.D.; Zhavrin, Y.I. *Tech Phys*. 42, 1236–1237 (1997).

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СОБСТВЕННЫХ И ПРИМЕСНЫХ ЦЕНТРОВ КЕРАМИКИ $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Mg}^{2+}$

Смирнов Н.О.<sup>1</sup>, Валиев Д.Т.<sup>2</sup>, Звонарев С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

\*E-mail: [nikolai\\_sm1996@mail.ru](mailto:nikolai_sm1996@mail.ru)

## LUMINESCENCE OF INTRINSIC AND IMPURITY CENTERS IN Mg-DOPED ALUMINUM OXIDE CERAMICS

Smirnov N.O.<sup>1</sup>, Valiev D.T.<sup>2</sup>, Zvonarev S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Annotation. Alumina samples doped with different concentration of magnesium were annealed at various temperatures. The spectra of pulse cathodoluminescence were measured. The luminescence decay kinetics was recorded in the main bands of the PCL for all ceramic samples.

Магний широко используется в качестве допанта исходной матрицы оксида алюминия при создании люминесцентных материалов [1]. При этом особое внимание уделяется индуцированным дефектам, способствующим возникновению люминесценции в подобных керамиках [2]. В большей степени интенсивность собственных полос люминесценции матрицы, примесных центров, а также возможно новых агрегатных и кластерных центров должна зависеть от концентрации примеси и связанных с ней механизмов концентрационного тушения и конкурирующих эффектов.

Керамика на основе оксида алюминия, допированная магнием, была синтезирована путем высокотемпературного отжига компактов в вакууме при давлении 0.013 Па в высокотемпературной вакуумной электропечи СНВЭ 9/18 при изменении температуры от 1500 до 1700 °С в течение двух часов. Компакты, полученные методом холодного статического прессования (давление 0.7 ГПа) порошка  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с размером частиц 10 – 150 нм, были предварительно пропитаны в растворе нитрата примеси при варьировании концентрации от 0.01 до 6.85 вес. %. Длительность пропитки составляла 1 час, при которой обеспечивалось равномерное распределение примеси по всему объему образца. С целью повышения

механической прочности перед процессом пропитки образцы отжигались при температуре 450 °С в течение 2-х часов. Для создания группы образцов керамики с большей концентрацией собственных дефектов часть образцов были термически окрашены при спекании в вакууме в присутствии углерода при использовании высокочистых графитовых стержней (20 г). Углерод является хорошей восстановительной средой и способствует получению кислородо-дефицитных образцов керамики.

Для возбуждения образцов использовали малогабаритный сильноточный ускоритель электронов, входящий в состав импульсного оптического спектрометра со следующими характеристиками: средняя энергия электронов 250 кэВ, длительность электронного импульса на полувысоте 10–15 нс. Регистрация спектров ИКЛ осуществлялась с помощью волоконного спектрометра AvaSpec 2048 (350–1100 нм). Кинетика затухания регистрировалась с помощью монохроматора МДР-3, фотоэлектронного умножителя 84-6 с помощью осциллографа LeCROY 6030A.

В спектрах ИКЛ керамики  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Mg}^{2+}$  с низкой концентрацией допанта регистрируются полосы люминесценции с максимумами при 400 и 693 нм, аналогично беспримесной керамике. Рост концентрации магния приводит к формированию в спектре ИКЛ дополнительной полосы с максимумом при 520 нм, связанной с люминесценцией ионов магния. Показано, что интенсивность данной полосы выше при высокотемпературном отжиге на воздухе, и при этом снижается при росте температуры спекания в диапазоне 1500–1700 °С. У образцов, спеченных в вакууме в присутствии углерода полоса при 520 нм исчезает, но начинают формироваться две новые полосы люминесценции с максимумами при 750 и 950 нм. Кинетика затухания люминесценции регистрировалась в основных полосах ИКЛ для всех образцов керамики. В работе обсуждается природа центров свечения при радиационно-индуцированном воздействии.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).*

1. N.M. Trindade, L.G. Jacobsohn. J. Lumin., 204, 598 (2018).
2. S.S. Raj, S.K. Gupta, V. Grover, K.P. Muthe, V. Natarajan, A.K. Tyagi. J. Molec. Struct. **1089**, 81 (2015).

## ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ, ДОПИРОВАННОЙ МАГНИЕМ

Смирнов Н.О.<sup>1\*</sup>, Фролов Е.И.<sup>2</sup>, Звонарев С.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

\*E-mail: [nikolai\\_sm1996@mail.ru](mailto:nikolai_sm1996@mail.ru)

## PHOTOLUMINESCENT PROPERTIES OF ALUMOOXIDE CERAMICS DOPED WITH MAGNESIUM

Smirnov N.O.<sup>1\*</sup>, Frolov E.I.<sup>2</sup>, Zvonarev S.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Samara State Technical University, Samara, Russia

Annotation. Samples of alumina ceramics doped with magnesium were made. The dependence of photoluminescent properties on synthesis parameters of samples was analyzed.

В настоящее время известно большое количество областей науки и техники, где используется керамика на основе оксида алюминия (III). Параметры синтезированной керамики зависят от условий их синтеза. Для управления свойствами получаемых материалов на основе  $Al_2O_3$  используется допирование, которое позволяет, изменять физические свойства керамики, в частности, модифицировать люминесцентные характеристики. Допирование образцов в текущей работе происходит путём введения примесей в структуру оксида алюминия с использованием процесса пропитки образца в растворе допанта и последующего высокотемпературного отжига. Целью данной работы является изучение влияния параметров и режимов синтеза  $Al_2O_3$  с примесью магния на изменение люминесцентных свойств материала.

Образцы цилиндрической формы были изготовлены методом холодного прессования на механическом прессе при давлении 0,42 ГПа из порошка  $\alpha-Al_2O_3$ . Сушка полученных компактов проходила в воздушной среде при температуре 450 °С. Допирование выполнялось путём пропитки образцов в растворе шестиводного нитрата магния (содержание магния в растворе варьировалось от 0,001 до 6,85 масс. %) при комнатной температуре в течение 30 минут. После допирования проводился отжиг образцов в течение 2-х часов при различных температурах: 1500 °С, 1600 °С, 1700 °С в вакууме.

Получение спектров фотолюминесценции (ФЛ) выполнено на спектрометре LS-55 для синтезированных образцов при различных параметрах изготовления. Спектры измерены в режиме флюоресценции. Получены спектры эмиссии при длинах волн возбуждения: 215 нм, 240 нм, 255 нм, 325 нм, 485 нм, – а также спектры возбуждения при длинах волн эмиссии: 640 нм, 770 нм.

На рисунке 1а представлены нормированные спектры ФЛ керамики, допированной магнием с концентрацией в растворе 1 масс. % ( $\omega(\text{Mg}) = 1\%$ ) и отожженной в вакууме при температуре 1600 °С. Спектры измерены при различных длинах волн возбуждения. Полосы эмиссии в диапазоне 400–500 нм соответствуют F-центрам оксида алюминия. При возбуждении в полосу  $\lambda_{\text{ex}} = 325$  нм начинает доминировать полоса с максимумом при 640 нм, которая не регистрируется в беспримесной керамике. В этой связи можно предположить, что за данный центр ответственны ионы магния. С целью оценки влияния допанта на люминесценцию в данной полосе измерена зависимость интенсивности эмиссии при 640 нм от концентрации ионов магния в растворе допанта (Рис. 1б). Максимум интенсивности эмиссии достигается при концентрации ионов магния  $\omega(\text{Mg}) = 1\%$ .

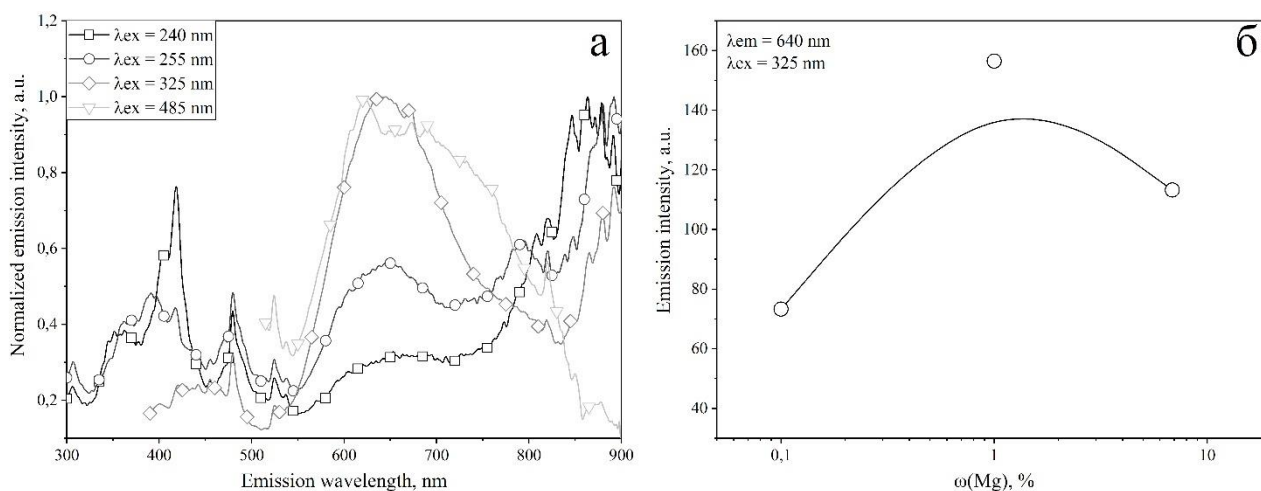


Рис. 1. ФЛ образцов керамики  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Mg}$

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).*

## РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ДЕФЕКТЫ В КРИСТАЛЛАХ SrMgF<sub>4</sub>, ОБЛУЧЕННЫХ БЫСТРЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Софронова А.Ю.\*, Пустоваров В.А.

Уральский Федеральный университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [an.sofronova2070@yandex.ru](mailto:an.sofronova2070@yandex.ru)

## RADIATION-INDUCED DEFECTS IN SRMGF<sub>4</sub> CRYSTALS IRRADIATED BY FAST ELECTRONS

Sofronova A.Y.\*, Pustovarov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The studies of the absorption, photoluminescence, X-ray excited luminescence and TL gloves in temperature range of 8-500 K in SrMgF<sub>4</sub> single crystal irradiated with fast electrons were carried out. The nature of induced defects is discussed.

Кристаллы SrMgF<sub>4</sub> проявляют сегнетоэлектрические свойства с точкой Кюри 420 К и характеризуются наличием в структуре большого числа неэквивалентных позиций кристаллообразующих атомов, что позволяет в широких пределах управлять спектрально-люминесцентными свойствами при внедрении примесей или создании дефектов [1]. Монокристаллы SrMgF<sub>4</sub> оптического качества были выращены методом Бриджмена из сырья марки ОСЧ в Институте геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск. Проведенный XRD анализ подтверждает наличие разупорядоченной кристаллической решетки с моноклинной сингонией.

Целью данной работы было исследование в широком температурном диапазоне оптических и люминесцентных свойств SrMgF<sub>4</sub>, облученных быстрыми электронами разным флюенсом на ускорителе УЭРЛ-10-10С2 (E= 10 МэВ). Облучение образцов и выполнение измерений проводилось на кафедре Экспериментальной физики ФТИ УрФУ. Исследованы спектры поглощения, фотолуминесценции (ФЛ), возбуждения ФЛ, рентгенолюминесценции (РЛ) и термостимулированной люминесценции (ТЛ) в диапазоне температур 8–500 К с применением UXL-500D, DDS-400 газоразрядных ламп, рентгеновского аппарата УРС-0.02 и криогенной станции с замкнутым циклом.

Некоторые основные результаты представлены на рис. 1. Спектры ФЛ характеризуются широкими полосами 470, 530 и 630 нм, имеют разную температурную зависимость и связаны с дефектами, наведенными электронным пучком. Низкотемпературная полоса 630 нм тушится выше 70 К. Спектры возбуждения ФЛ коррелируют со спектром поглощения. В спектрах РЛ при T= 12 К доминируют широкие перекрывающиеся полосы 300-360 нм, связанные со свечением дорадиационных дефектов или, возможно, АЛЭ [1]. Отметим исключительно высокий выход ТЛ, указывающий на высокую концентрацию мелких ловушек и высокое сечение рекомбинации зонных носителей заряда. На основе ТЛ кривой с использованием кинетики общего порядка рассчитаны параметры центров

захвата. В докладе обсуждается природа радиационно-индуцированных дефектов кристаллической структуры.

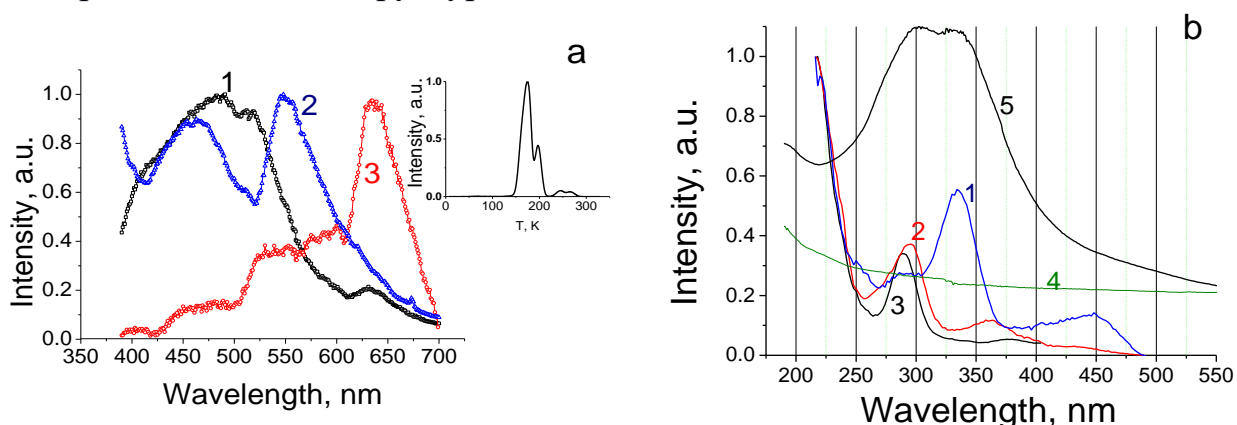


Рис. 1. а – спектры ФЛ облученного  $D=120$  kGy кристалла  $\text{SrMgF}_4$ :  $\lambda_{\text{exc}}=290$  (1), 440 (2), 340 нм (3),  $T=8$  К; на вставке - кривая термовысвечивания в полосе 360 нм; б – спектры возбуждения ФЛ для полосы 630 (1), 530 (2), 450 нм (3) и спектры поглощения кристалла  $\text{SrMgF}_4$  до (4) и после облучения (5).

1. Пустоваров В.А., Огородников И.Н., Omelkov S.I. и др., Физика твердого тела 56, 448 (2014).

## QUANTUM NANOSKYRMIONS

Sotnikov O.M.<sup>1\*</sup>, Mazurenko V.V.<sup>1</sup>, Colbois J.<sup>2</sup>, Mila F.<sup>2</sup>,  
Katsnelson M.I.<sup>3,1</sup>, Stepanov E.A.<sup>3,1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Physics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Switzerland

<sup>3</sup>) Radboud University, Institute for Molecules and Materials, Nijmegen, The Netherlands

\*E-mail: [oleg.sotn@gmail.com](mailto:oleg.sotn@gmail.com)

Recent progress in experimental techniques made observation of skyrmions with the size of a few nanometers [1] possible. On such small characteristic length scale compared to the lattice constant, quantum effects cannot be neglected. In particular, it concerns low-dimensional systems with small spin (e.g.  $S = 1/2$ ), where quantum fluctuations play a crucial role.

Here, we report on the first attempt to introduce the concept of purely quantum skyrmions based on the exact numerical solution of the quantum problem, described by Heisenberg-exchange free Hamiltonian [2]:

$$\hat{H} = \sum_{i<j} \mathbf{D}_{ij} [\hat{\mathbf{S}}_i \times \hat{\mathbf{S}}_j] - B \sum_i \hat{S}_i^z, \quad (1)$$

where  $\mathbf{D}_{ij}$  is Dzyaloshinskii-Moriya interaction,  $\hat{\mathbf{S}}_i$  denotes spin operator and  $B$  represents z-oriented magnetic field. The definition of quantum skyrmion is complicated due the fact that calculation of skyrmion charge [3] requires to know all three



components of spin at the same time which is impossible in quantum case due to uncertainty principle. On the other hand, the classical skyrmion can be presented as the superposition of enclosed spin spirals, and its structure factor should reveal intensities at the momenta that are related to period of these spirals. Therefore, the quantum skyrmion can be identified as a multiple- $q$  state of a quantum system with a special distribution of intensities in the spin structure factor comparable to the classical skyrmionic case.

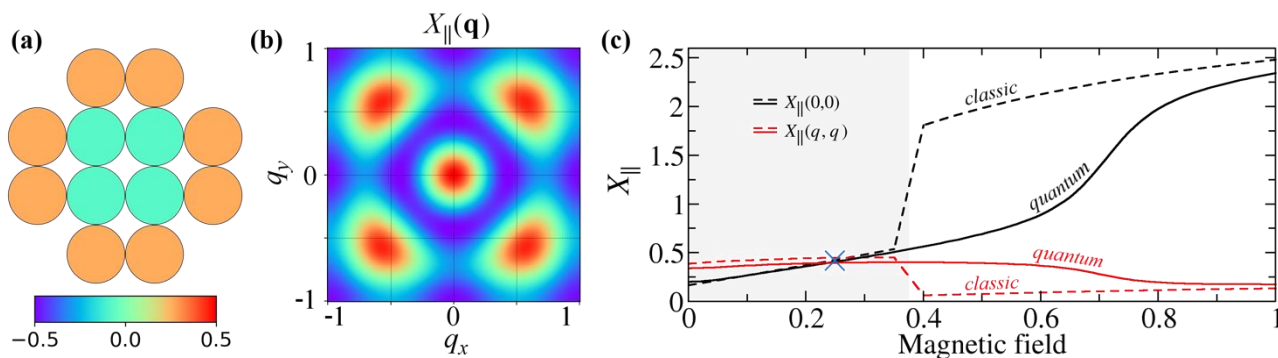


Fig. 1 (a) Schematic representation of 12-site cluster considered in this work. Color denotes  $z$  component of spin  $\langle \hat{S}_i^z \rangle$  calculated for quantum solution of Hamiltonian (1) at field  $B = 0.25 |\mathbf{D}_{ij}|$  and  $T = 0$ . (b) Spin structure factor  $X_{\parallel}$  calculated for the solution. (c) Magnetic field dependence of  $X_{\parallel}(0,0)$  and  $X_{\parallel}(q, q)$ ,  $q = 0.56\pi$ . Blue cross denotes the solution presented at (b).

Solving model (1) for 12-site spin cluster at field  $B = 0.25 |\mathbf{D}_{ij}|$  by means of ED we calculated  $z$  components of spin and structure factor  $X_{\parallel}$  (Fig. 1 (a) and (b)) which demonstrate typical skyrmionic behavior in comparison with classic solution. Figure 1 (c) shows dependence of  $X_{\parallel}$  on magnetic field for classic and quantum solutions. One can see that in quantum case skyrmion state appears even at field values for which classic one becomes polarized. Such a behavior was corroborated by analysis of skyrmion ground state structure. We also shown that quantum skyrmion is stable against temperature fluctuations since structure factor remains distinguishable up to  $T \approx 0.6 |\mathbf{D}_{ij}|$ .

*The work of M.V.V., S.O.M., and S.E.A. was supported by the Russian Science Foundation Grant 18-12-00185. The work of K.M.I. was supported by NWO via Spinoza Prize. The work of C.J. and M.F. is supported by the Swiss National Science Foundation. Details of this research were published and available at Ref. [4].*

1. Heinze S., *et al.*, Nature Physics **7**, 713 (2011).
2. Stepanov E.A., *et al.*, arXiv:1710.03044.
3. Berg B., and Lüscher M., Nuclear Physics B **190**, 412 – 424 (1981).
4. Sotnikov O.M., Mazurenko V.V., Colbois J., Mila F., Katsnelson M.I., Stepanov E.A., arXiv:1811.10823.

## ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ТЕРМОЭДС УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Соколовский Д.Н.<sup>1,2\*</sup>, Волкова Я.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский государственный медицинский университет Минздрава России,  
Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [sokolovskyd1@gmail.com](mailto:sokolovskyd1@gmail.com)

## EFFECT OF HIGH PRESSURE ON THE THERMAL EMF OF CARBON NANOTUBES

Sokolovsky D.N.<sup>1,2\*</sup>, Volkova Ya. Yu.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The objects of research were single-walled and double-walled carbon-nanotubes. The carbon nanotubes at high pressure undergo a structural phase transitions corresponding to distortion of the nanotube cross-section from circular to oval and flattened [1]. The pressure dependence of Seebeck coefficient of the carbon nanotubes indicate a number of certain features associated with changes occurring in the structure of the sample at high pressure.

Одностенные и двустенные углеродные нанотрубки при высоких давлениях, проходят через ряд преобразований формы поперечного сечения. Деформация нанотрубок малых диаметров (менее 1 нм) происходит непрерывно, в остальных случаях наблюдается гистерезис по давлению и фазовые переходы первого рода [1].

В работе были исследованы образцы одностенных и двустенных углеродных нанотрубок с диаметрами 0,8 - 1,5 нм и  $4 \pm 1$  нм, соответственно. Давление порядка 50 ГПа создавалось в камере высокого давления (КВД) с алмазными наковальнями типа «закругленный конус-плоскость». Эти алмазы являются хорошими проводниками, поэтому могут быть использованы для изучения электрических свойств образцов в КВД [2]. Температуру наковален в местах контактов измеряли двумя термопарами медь-константан. Коэффициент Зеебека  $S$  вычисляли, измеряя наведенную в образце разность потенциалов через медные ветви термопар [3]. Измерения термоЭДС проводили при постепенном увеличении давления от минимального (4 ГПа) до максимального (46 ГПа), через определенные барические интервалы. Затем давление постепенно снижали через те же интервалы до исходного значения.

Знак коэффициента Зеебека и его величина, при учете устройства экспериментальной установки и схемы подключения, свидетельствует об электронном типе носителей, что характерно для полупроводниковых материалов. Характер барических зависимостей коэффициента Зеебека углеродных нанотрубок демонстрирует частичную обратимость фазовых преобразований, происходящих в

образце под давлением. Коэффициент Зеебека  $S$  уменьшается с ростом давления во всем исследуемом диапазоне. В полученных барических зависимостях, наблюдаются определенные особенности, соответствующие фазовым преобразованиям, происходящим в образце под действием давления.

4. Zhao Z.S. et al., Journal of Superhard Materials, 34, 371 (2013).
5. Yakovlev E.N. et al., Rev. Phys. Chem. Japan, 50, 243 (1980).
6. Мельникова Н.В. и др., Физика твердого тела, 60, 490 (2018).

## СОПОСТАВИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ И МАГНИТНЫХ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Костин В.Н.<sup>1,2</sup>, Сербин Е.Д.<sup>1,2</sup>, Созонов Д.А.<sup>1\*</sup>

- <sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
  - <sup>2</sup>) Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
- \*E-mail: [dmitriji-sozonov@yandex.ru](mailto:dmitriji-sozonov@yandex.ru)

## COMPARATIVE STUDY OF ULTRASONIC AND MAGNETIC METHODS FOR ESTIMATING PLASTIC DEFORMATION OF MEDIUM CARBON STEEL

Kostin V.N.<sup>1,2</sup>, Serbin E.D.<sup>1,2</sup>, Sozonov D.A.<sup>1\*</sup>

- <sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
- <sup>2</sup>) M. N. Mikheev Institute of Metal Physics of UrB of RAS, Yekaterinburg, Russia

The group of magnetic and acoustic parameters of 30CrMnSiA steel subjected to cold rolling and subsequent flat pressing was determined. It is shown that the coercive force has a maximum at a strain of about 6% and monotonously decreases with increasing strain to 20%. It is shown that the measurement of the propagation speed of longitudinal ultrasonic waves in 30CrMnSiA steel is not optimal for determining the degree of its deformation.

В современной практике неразрушающего контроля и диагностики для обеспечения высокой информативности и достоверности результатов контроля недостаточно применения одного метода. Одним из акустических методов измерения остаточных напряжений в металлоконструкциях является метод акустоупругости. В его основе лежит упругоакустический эффект, который заключается в линейной зависимости скоростей упругих волн от напряжений [1]. Реализация способа акустоупругости возможна как традиционным ультразвуковым эхо-методом, так и с помощью электромагнитно-акустических (ЭМА) преобразователей, излучающих сдвиговые волны [2]. Однако, применение метода акустоупругости для оценки уровня напряжений осложнено по нескольким причинам: помимо напряжений на скорость ультразвука влияют многие взаимосвязанные факторы,

обусловленные в первую очередь структурой материала. Также изменение скорости ультразвуковых колебаний от степени деформации не превышает 1,5%, что предъявляет высокие требования к измерительной аппаратуре и методике [3].

Целью данного исследования было проведение сопоставительного сравнения ультразвукового и магнитного способов оценки степени пластической деформации холоднодеформированных сталей.

Для варьирования степени пластической деформации от 0 до 20 % образцы из стали 30ХГСА были подвергнуты холодной прокатке в валках и последующему плоскому прессованию для исправления формы.

В работах [4,5] было определено, что изменение скорости поперечных ультразвуковых волн на данных образцах составило 2,5 %, рэлеевских - 2,2 %, продольных - 0,8 %. Также было проведено измерение скорости распространения продольных ультразвуковых колебаний прямым совмещенным пьезоэлектрическим преобразователем (ПЭП) П111-10,0-К4х4 на дефектоскопе УД9812 "Уралец". По результатам ультразвуковых измерений изменение скорости распространения продольных волн на указанных образцах составило 1%.

Магнитные свойства вещества образцов были измерены с помощью магнитно-измерительного комплекса REMAGRAPH C – 500 производства фирмы Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH, Германия. Погрешность измерения намагниченности не превышала 3 %, погрешность измерения поля – 2 %.

Показано, что коэрцитивная сила имеет максимум при деформации порядка 6 % и монотонно уменьшается при увеличении деформации до 20 %.

Показано, что измерение скорости прохождения продольных ультразвуковых волн в стали 30ХГСА не является оптимальной для определения её степени деформации.

*Работа была выполнена в рамках государственного задания по теме "Диагностика" № АААА-А18-118020690196-3.*

1. Никитина Н.Е. Акустоупругость. Опыт практического применения, ТАЛАМ (2005).
2. Муравьев В.В. И др. Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 82, 52 (2016).
3. Муравьев В.В. и др. Скорость звука и структура сталей и сплавов, Наука (1996).
4. Kostin V.N., Serbin E.D., AIP Conference Proceedings, 2015, 020045 (2018).
5. Kostin V.N., Serbin E.D., AIP Conference Proceedings, 2053, 020005 (2018).

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ РАДИАЦИОННО-СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Сурганов О.А.<sup>\*</sup>, Байтимиров Д.Р., Жидков И.С., Рябухин О.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [oleg30400@mail.ru](mailto:oleg30400@mail.ru)

## RESEARCHING OF THE ELECTRONIC STRUCTURE AND PARAMAGNETIC PROPERTIES OF IRRADIATED POLYETHYLENE

Surganov O.A., Bajtimirov D.R., Zhidkov I.S., Ryabukhin O.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

There are signals from radiation-induced centers on the EPR spectra of irradiated polyethylene. Maximum of these signals is at the absorbed dose values of 120-140 kGy. This researching is devoted to the investigation of the origin of these paramagnetic centers.

Известно, что радиационное сшивание полиэтилена приводит к получению материала с повышенной термостойкостью, устойчивостью к растворителям, а также другим ценным свойствам, среди которых эффект памяти формы [1]. Однако при вторичной переработке такой материал плохо поддается процессу формовки. Для того, чтобы уменьшить влияние эффекта «памяти» на вторичное использование радиационно-сшитых полимеров требуется установить, насколько сильно проявляются данные свойства в зависимости от степени поглощенной дозы. Одним из методов контроля поглощенной дозы является ЭПР – спектроскопия.

Данная работа посвящена исследованию изменения облученной структуры полиэтилена по радиационно-индуцированным парамагнитным центрам (РИПЦ), возникающим в полиэтилене под воздействием ионизирующего излучения, методом ЭПР, а также химического состава методом РФЭС.

Для экспериментов использовались 32 образца от четырех разных по химическому составу необлученных полиэтиленовых трубок. Образцы были облучены на линейном ускорителе УЭЛР-10-10С электронами с энергией 10 МэВ в диапазоне поглощенных доз от 40 до 320 кГр.

Было установлено, что под воздействием электронного пучка в образцах образуются РИПЦ, концентрация которых достигает своего максимума в области поглощенных доз 120-140 кГр, после чего идет на спад. На рис. 1 приведен ЭПР-спектр одного из образцов при поглощенной дозе 42 кГр. Пик сигнала от РИПЦ наблюдается в резонансном магнитном поле порядка 3480 Гс.

Кроме того, на полученных спектрах присутствуют пики от других парамагнитных центров. Количество пиков и их интенсивности меняются от образца к образцу (даже взятых от одной трубки), что говорит о неоднородности

химического состава полиэтилена. При дальнейшем облучении ЭПР-сигналы этих парамагнитных центров во всех образцах изменяются неодинаково.

Первые исследования образцов, проведенные методом РФЭС на спектрометре РНІ 5000 VersaProbe с использованием монохроматического Al K $\alpha$  излучения показали, что в спектрах полиэтиленовых трубок уверенно регистрируются линии, соответствующие следующим химическим элементам: N, C, Si и O. Установлено, что в сигнале C 1s можно выделить две компоненты, соответствующие C – C (285 эВ) и C – O связям. В спектрах N 1s также можно выделить две различных компоненты, соответствующие связям C – N в разных структурных положениях атомов азота.

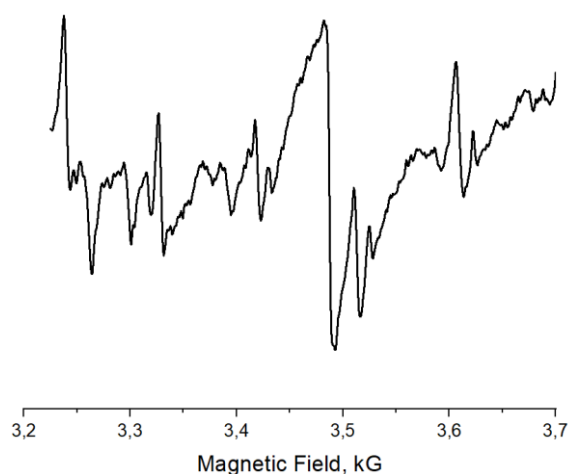


Рис. 1. ЭПР-спектр образца облученной термоустойчивой полиэтиленовой трубки ( $D = 42$  кГр).

В дальнейшем в рамках данного исследования планируется зафиксировать и изучить изменения электронной структуры полиэтилена в зависимости от поглощенной дозы.

1. Тагер А.А., Физико-химия полимеров, Химия (1968).

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ ДЕКАГОНАЛЬНЫХ ФАЗ КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА Al– Co–Ni

Сыроватко Ю.В.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, г. Днепр, Украина

E-mail: [yu.syrovatko@gmail.com](mailto:yu.syrovatko@gmail.com)

## TEMPERATURE DEPENDENCE OF DECAGONAL QUASICRYSTALS HEAT CAPACITY OF THE Al–Co–Ni ALLOYS

Syrovatko Yu. V.

Oles' Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipro, Ukraine

Annotation. The heat capacity of decagonal quasicrystals of the Al–Co–Ni alloys was calculated in this work. For the quasicrystals, the linear “excessive” heat capacity is observed which means the deviation from the 3R Dulong-Petit value.

Возможность использования квазикристаллических сплавов в составе композиционных материалов предполагает исследование стабильности квазикристаллических фаз. Основной энергетической величиной, отображающей стабильность фаз, является теплоемкость. Сплав Al–Co–Ni имеет квазикристаллическую декагональную  $Al_{69}Co_{21}Ni_{10}$  и кристаллическую  $Al_9(Co,Ni)_2$  фазы. Вследствие особенностей строения декагональной квазикристаллической фазы, можно представить ее как слоистую структуру, в которой присутствует взаимодействие между слоями. Частота колебаний  $\omega$  в данной системе отображается следующими дисперсионными законами [1]:

$$\omega^2 = u_z^2 k_z^2 + \gamma^2 \chi^4, \quad (1)$$

где  $u_z$  – скорость звуковых волн, связанная с колебаниями слоев относительно друг друга,  $\gamma$  – коэффициент, связанный с поперечной жесткостью слоев,  $k_z$  – волновой вектор,  $\chi$  – коэффициент жесткости, равный  $\chi^2 = k_x^2 + k_y^2$ . Для свободной энергии  $F$  можно получить интегральное соотношение [1]

$$F = 4T \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \ln \left[ 1 - \exp \left( -\frac{\hbar}{T} \sqrt{u_z^2 k_z^2 + \gamma^2 \chi^4} \right) \right] \frac{V}{(2\pi)^3} 2\pi \chi d\chi dk_z, \quad (2)$$

где  $T$  – температура пропитки композиционного материала,  $V$  – объем,  $\hbar$  – постоянная Планка. Вычислив интеграл [2] и используя выражение для температуры Дебая  $\theta$  и энергии  $E = F + TS$  ( $S$  – энтропия фаз), нашли выражение для теплоемкости декагональной квазикристаллической фазы

$$C_V = 3R \left[ 1 + \frac{1}{12} \frac{\theta^2}{T^2} - \frac{3}{40} \frac{\theta^3}{T^3} \right]. \quad (3)$$

Энтропию фаз находили с помощью специальной компьютерной программы [3], основанной на сканировании цифровых фотографий фаз и построении распределенных коэффициентов отражения света. Энтропия является функцией от среднеквадратичного отклонения полученной гауссианы. Согласно (3) теплоемкость

квазикристаллической декагональной фазы зависит от температуры. (рис.1). Теплоемкость же кристаллической фазы не зависит от температуры и согласно закону Дюлонга-Пти равна  $3R$ .

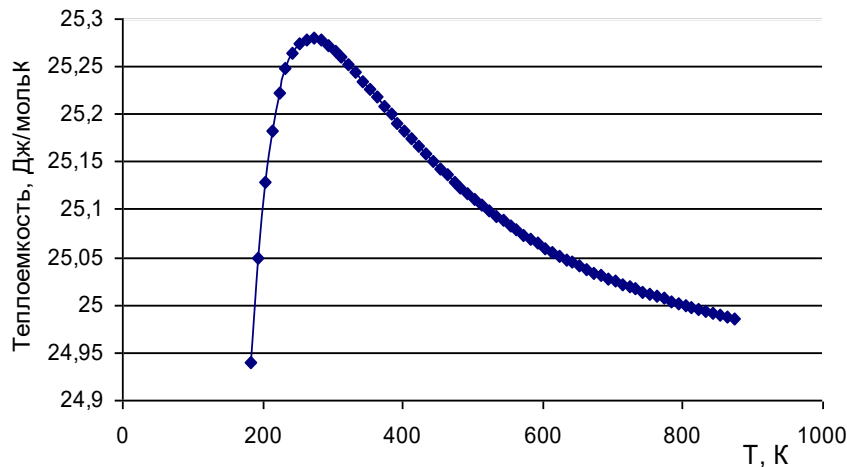


Рис. 1. Температурная зависимость теплоемкости квазикристаллической фазы сплава Al–Co–Ni.

Для вычисления количества связей  $N$  и, соответственно, степени стабильности фаз сплава Al–Co–Ni использовали равенства:  $E = N\hbar\varpi$ , где  $\varpi$  – среднегеометрическая частота колебаний атомов фазы,  $N$  – количество колеблющихся осцилляторов фазы и  $\varpi = \frac{RTe}{N_a \hbar \exp\left(\frac{S}{C}\right)}$ , где  $N_a$  – число Авогадро. Температуру Дебая квазикристал-

лической фазы вычисляли по формуле  $\theta = \frac{\hbar}{k_b} \left( \frac{6\pi^2 N_a}{V} \right)^{\frac{1}{3}} v_s$ , где  $V$  – объем моля вещества,  $v_s$  – скорость звука в веществе,  $k_b$  – константа Больцмана. После подстановки соответствующих значений теплоемкости и энтропии фаз, находили  $N$ . По полученным результатам для квазикристаллической фазы сплава Al–Co–Ni для одного моля вещества  $N = 20,7 \cdot 10^{23}$ , для кристаллической фазы  $N = 14,2 \cdot 10^{23}$ . Следовательно, наличие квазикристаллической фазы обеспечивает большую стабильность сплава Al–Co–Ni.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Статистическая физика, Наука (1976).
2. Sukhova O.V., Syrovatko Yu.V., Journal of Physics and Electronics, 26(1), 35-38 (2018).
3. Башев В.Ф., Суховая Е.В., Сыроватко Ю.В., Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов, 64, 53-57 (2012).



## РАЗРАБОТКА ШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ РЕШЕТОК

Тарасова О.С.\*, Клапанов А.В.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [author@domen.ru](mailto:author@domen.ru)

## DEVELOPMENT OF BROADBAND RADIO-ABSORBING STRUCTURES BASED ON FREQUENCY ELECTOR GRATINGS

Tarasova, O.S.\*, Klapanov A.V.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Annotation. In this work, new resistive frequency-selective grids with distributed resistive losses were obtained, where the composite was used as a resistive material.

Интерес к электромагнитным поглотителям волн связан с возникновением проблемы электромагнитной совместимости связанных электронных устройств. Эта проблема является главной причиной помех для радиочастотной идентификации. Поэтому задача разработки тонких сверхширокополосных радиопоглотителей актуальна в настоящее время.

В данной работе были получены новые резистивные частотно-избирательные решетки с распределенными резистивными потерями, где в качестве резистивного материала использовался композит  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{60}(\text{SiO}_2)_{40}$ . Выбор композита в качестве резистивного слоя обусловлен простотой изменения удельного электрического сопротивления гетерогенного покрытия, путем варьирования соотношений диэлектрической и металлической компонент. Так же композит  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{60}(\text{SiO}_2)_{40}$  обладает замечательными высокочастотными магнитными свойствами. Пленки композита  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{60}(\text{SiO}_2)_{40}$  получены методом ионно-лучевого распыления составной мишени. Мишень представляла собой металлическую пластину состава  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}$  размером 20x80x280 мм<sup>3</sup>, с определенным количеством диэлектрических навесок  $\text{SiO}_2$ .

Для исследования влияния электрических, магнитных и диэлектрических параметров на функциональные свойства резистивных частотно-избирательных решеток, было получено несколько систем образцов на полимерные подложки и ситалловые образцы свидетели, напыления производились в два этапа:

№1  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}+7$  навесок  $\text{SiO}_2$  (толщина 2,18 мкм),

№2  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}+9$  навесок  $\text{SiO}_2$  (толщина 2,1 мкм),

№3  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}+8$  навесок  $\text{SiO}_2$  (толщина 1,85 мкм),

№4  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}+6$  навесок  $\text{SiO}_2$  (толщина 1,79 мкм),

№5  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}+7$  навесок  $\text{SiO}_2$  (толщина 1,5 мкм),

№6  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}+7$  навесок  $\text{SiO}_2$  (толщина 1,6 мкм),

Частотные зависимости действительной и мнимой частей комплексной магнитной проницаемости были получены путем сравнения резонансных характеристик полуволнового коаксиального резонатора без образца и с образцом, помещенным в пучность магнитного поля стоячей волны. Диапазон измеряемых частот составлял  $0,3 \div 10$  ГГц. Для композита №1  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20} + 7$  навесок  $\text{SiO}_2$  значения мнимой части комплексной магнитной проницаемости ( $\mu''$ ) существенно выше нулевых во всем диапазоне измеренных частот. В тоже время  $\mu'$  в области частот порядка  $0,5-1,3$  ГГц испытывает значительное уменьшение.

Таким образом, использование магнитных композиционных пленок в качестве распределенного резистивного слоя, является перспективным в создании широкополосных радиопоглощающих структур на основе частотно-избирательных решеток.

## РАСЧЕТ ЛОРЕНЦОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЙ МОДЕЛИ ДВОЙНОГО СИНУС-ГОРДОНА

Терещенко А.А.<sup>1\*</sup>, Овчинников А.С.<sup>2,1</sup>, Сеницын В.Е.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alexey.tereshchenko@urfu.ru](mailto:alexey.tereshchenko@urfu.ru)

## CALCULATION OF LORENOGROGRAMS FOR SOLUTIONS OF THE MODEL OF DOUBLE SINE-GORDON

Tereshchenko A.A.<sup>1\*</sup>, Ovchinnikov A.S.<sup>2,1</sup>, Sinitsyn V.I.E.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia

A double sine-Gordon model describing the ground state of a uniaxial chiral helimagnet subjected to tensile stress is considered. The phase diagram of the solutions of this model is obtained. Lorentz diffractograms of the obtained phases are calculated.

Физические свойства одноосных хиральных гелимагнетиков, спиральный магнитный порядок в которых обусловлен антисимметричным взаимодействием Дзялошинского-Мория – одна из активно изучаемых областей современной теории магнетизма. Одной из причин повышенного интереса к геликоидальным системам и их потенциального применения в спиновой электронике является способность управления магнитной хиральностью внешними воздействиями. Так, например, совместное действие внешнего магнитного поля и механических напряжений способно приводить к значительной перестройке основного состояния магнитной солитонной решетки. К сожалению, этот эффект остается малоизученным, хотя и представляет несомненный практический интерес.

Рассмотрение задачи о деформации солитонной решетки одноосным растягивающим напряжением, приложенным перпендикулярно геликоидальной оси, выполнено в рамках феноменологической теории. В этом подходе свободная энергия магнетика включает в себя обмен Гейзенберга, антисимметричный обмен Дзялошинского-Мория, зеемановское и магнитоупругое взаимодействия, допускаемые симметрией кристалла.

Минимизация свободной энергии приводит к уравнению двойного синус-Гордона, которое ранее использовалось для анализа эффектов кристаллической анизотропии второго порядка в одноосных хиральных гелимагнетиках [1,2]. Его решение показывает существование двух пространственно-неоднородных фаз: фазы, в которой сохраняется поляризация намагниченности вдоль внешнего поля, и фазы "упакованной" структуры, в которой спины направлены под углом к внешнему полю. Наличие двух фаз объясняется возникновением (под действием деформаций упомянутого типа) оси магнитоупругой анизотропии, которая может быть направлена либо вдоль внешнего поперечного (по отношению к геликоидальной оси) поля, либо перпендикулярно к нему и геликоидальной оси. Построение фазовой диаграммы соответствующих решений в координатах "разность деформаций - внешнее магнитное поле" позволило решить задачу об управлении фазой солитонной решетки совместным действием внешнего магнитного поля и одноосного растягивающего напряжения. Также для полученных решений были рассчитаны лоренцодиаграммы, позволяющие идентифицировать найденные фазы. Полученные результаты могут служить основой для разработки спиновых клапанов на основе тонких пленок  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$ .

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-32-00769 мол а и Фонда содействия развитию теоретической физики и математики BASIS 17-11-107.*

1. Iwabuchi S. Commensurate-incommensurate phase transition in double sine-Gordon system //Progress of theoretical physics. – 1983. – V. 70. – №. 4. – P. 941-950.
2. Izyumov Y. A., PhysicsUspekhi., 27, 11 (1984).

### 3D DENDRITE SHAPE IN THE LARGE CHEMICAL PÉCLET NUMBER LIMIT IN THE CASE OF ROTATIONAL SYMMETRY

Titova E.A. \*, Alexandrov D.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [ekatitova@mail.ru](mailto:ekatitova@mail.ru)

The solution of nonlinear integrodifferential equation for the mass transport defines the shape of dendrite, growing in a supersaturated alloy. We obtained a solution of this equation in the limit of large chemical Péclet number in the case when dendrite shape is a surface of revolution.

The equation (1) describes the shape of the growing dendrite as a function of supersaturation in steady-state non-equilibrium conditions [1]:

$$\frac{Q}{m_v c_p} \left[ \frac{d_c}{\rho} K + \beta V \right] - C_{l\infty} = I_\zeta^{CH}, \quad (1)$$

$$I_\zeta^{CH} = \frac{2(1-k_v(V))}{\sqrt{1-P_C\tau_*}} \left( \frac{P_C}{2\pi} \right)^{3/2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K_{1/2} \left( \frac{P_C \sqrt{b_H}}{1-P_C\tau_*} \right) \frac{C_i(\mathbf{x}_1)}{b_H^{1/4}} \exp \left( -\frac{P_C(\zeta(\mathbf{x})-\zeta(\mathbf{x}_1))}{1-P_C\tau_*} \right) d^2 x_1 \quad (2)$$

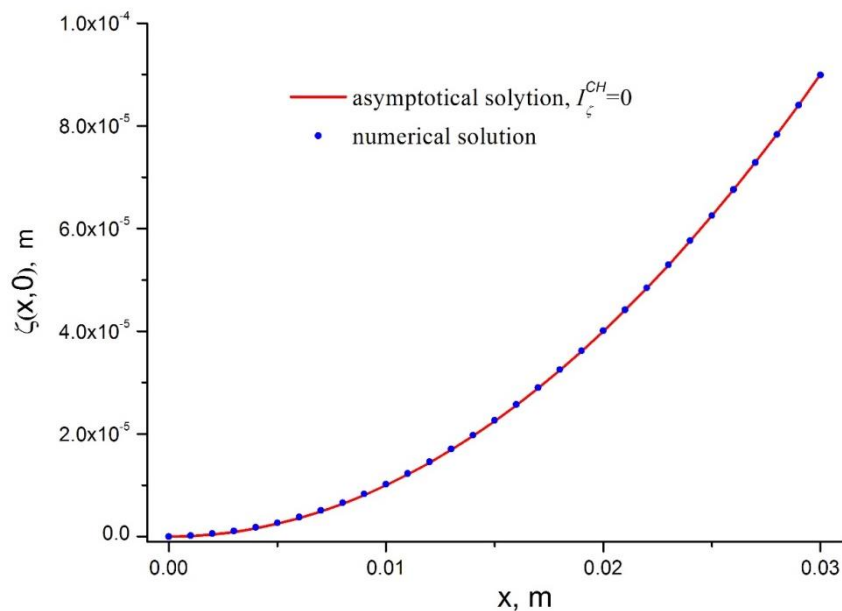
where  $\zeta$  is a moving phase transition interface,  $V$  - constant velocity of growth,

$$P_C = \frac{V}{2D} \left( \frac{V}{V_D} \right)^2 \frac{1}{\tau_*} - \text{chemical Péclet number, } V_D - \text{diffusion speed, } C_i - \text{interfacial concentration, } b_H = (1-P_C\tau_*)|\mathbf{x}-\mathbf{x}_1|^2 + (\zeta(\mathbf{x})-\zeta(\mathbf{x}_1))^2 \text{ and } K \text{ is an interfacial curvature. Retaining in the Bessel function only the leading term we get the two-dimensional Laplace-type integral that can be calculated with a saddle-point technique:}$$

$$I_\zeta^{CH} = \frac{(1-k_v(V))C_i(x_0, y_0)(1-P_C\tau_*) \exp \left( \frac{P_C S(x_0, y_0)}{1-P_C\tau_*} \right)}{\sqrt{\left( \zeta_{x_1 x_1}'' S(x_0, y_0) + (1-P_C\tau_*) \right) \left( \zeta_{y_1 y_1}'' S(x_0, y_0) + (1-P_C\tau_*) \right) - \left( \zeta_{x_1 y_1}'' S(x_0, y_0) \right)^2}} \quad (3)$$

where  $S(x_1, y_1) = \sqrt{b_H} + \zeta(x, y) - \zeta(x_1, y_1)$  and  $x_0$  is a maximum point of  $S$ . Under assumption that interface function is a surface of revolution, we can consider only the section  $y=0$ . Then eq. (3) coincides with previously obtained equation for the 2D shape [2]. Expand the function  $\zeta$  in a Taylor series in a vicinity of  $x_0$  we realized that the integral contribution  $I_\zeta^{CH}$  vanishes.

Asymptotically obtained interfacial function  $\zeta$  is a sphere. The numerical solution of equation (3) is also close to a sphere, as shown in Figure 1. This result is in a agreement with limiting case of the steady-state solidification conditions with high Péclet numbers [1].



*This work is supported by the Russian Science Foundation (grant no. 16-11-10095).*

1. Galenko P.K, Alexandrov D.V. and Titova E.A., Phil. Trans. R. Soc. A, (2017).
2. Titova E. A. AIP Conference Proceedings 2015, 020102 (2018); doi: 10.1063/1.5055175

## ATMOSPHERIC RADIOACTIVE ISOTOPE MONITORING

Tolubaeva N.N.<sup>2\*</sup>, Kidibaev M.M.<sup>1</sup>, Mamytbekov U.K.<sup>1</sup>, Mamytbekov Zh.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) National Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup>) International university of the KR, Bishkek, Kyrgyz Republic

\*E-mail: [nuraida-87@mail.ru](mailto:nuraida-87@mail.ru)

**Abstract.** The territory of Bishkek city is constantly exposed to pollution by radionuclides caused by stratospheric, tropospheric, and local atmospheric fallouts. The atmospheric mechanism of contamination transfer for different seasons of the year has been presented.

Radon makes the main contribution to the natural radioactivity of atmospheric air and the level of irradiation of the environment and humans through natural sources of radiation. Natural radon, formed in radioactive ores, constantly enters to the hydrosphere and atmosphere. The average volumetric content of radon in the atmosphere is 6·10<sup>-18</sup>% [1]. Radon is found in many materials, where it can partially diffuse into the environment. The highest content of <sup>222</sup>Rn and <sup>220</sup>Th is observed in the group layer of the atmosphere.

The content of radon in natural waters of Chui region varies widely. About 3.7 Bq/l of radon contains in ordinary drinking and river waters, in lake water - 1.11 Bq / l. A. The concentration of 0.37 Bq / l is typical for lakes and rivers, a concentration of 3.7-370 Bq / l for subterranean waters. Higher concentrations of radon are observed in the waters of some mineral resorts. Concentration of about 37 Bq / l is often determined in tap water from artesian wells. If we consider that a person consumes 0.3 liters of water per day containing 37 Bq / l of <sup>222</sup>Rn, then the estimated absorbed dose for the stomach is approximately 0.02 mGy / year, and the dose for irradiating the whole body is 100 times less. The concentration of Rn in the premises of Bishkek is 4-6 times higher than in atmospheric air. The main part of Rn is accumulated from building materials and burning coals (about 15 TBq / year). The concentration of Rn increases sharply on the periphery of the city in the heating season, where are located arrays of private houses. The average concentration of Rn for all isolated premises is 0.32 Bq / l, in the USA according to the standard is 0.15 Bq / l.

1. Darby S., Hill D., Doll R. "Radon: A likely carcinogen at all exposures." *Annals of Oncology* 12, 2001

## КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ $\text{Cr}_{0.33}\text{Nb}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$

Топорова Н.М.<sup>1\*</sup>, Шерокалова Е.М.<sup>1</sup>, Баранов Н.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [toporova.natalia1402@mail.ru](mailto:toporova.natalia1402@mail.ru)

## CRYSTAL STRUCTURE AND KINETIC PROPERTIES OF INTERCALATION COMPOUNDS $\text{Cr}_{0.33}\text{Nb}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$

Toporova N.M.<sup>1\*</sup>, Sherokalova E.M.<sup>1</sup>, Baranov N.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The  $\text{Cr}_{0.33}\text{Nb}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$  compounds have been synthesized and studied by means of X-ray diffraction and kinetic properties. It has been found that the substitution of S for Se leads to changes in space group. All compounds have metallic conductivity with an anomaly in the region of the magnetic transition.

Слоистые дихалькогениды переходных металлов IV и V групп  $\text{M}_x\text{TX}_2$  ( $X = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$ ;  $T = \text{Ti}, \text{Zr}, \text{Hf}, \text{V}, \text{Nb}, \text{Ta}$ ), обладают смешанным ионно-гомеополярным типом связи (ионно-ковалентным или ионно-ковалентным-металлическим). Направленное соотношение изменения гетеро- и гомеополярной составляющих сил связи должно приводить к направленному же изменению степени локализации, а, следовательно, к соответствующему изменению электрофизических свойств. Этого эффекта, по-видимому, можно добиться путем замещения в анионной подрешетке анионами, более или наоборот менее электроотрицательными, чем X. Для данного класса соединений обнаружены все типы магнитного упорядочения, т.к. в них возможен как прямой катион-катионный обмен, условием существования которого являются достаточно малые расстояния между атомами металла в соединениях, так и косвенное обменное (сверхобменное) взаимодействие через немагнитный ион. За счет нестехиометричности состава и/или статистического распределения вакансий в подрешетке металла наблюдаются более сложные магнитные конфигурации. В частности, установлено, что в соединении  $\text{Cr}_{0.33}\text{NbS}_2$  реализуется индуцированный полем фазовый переход от киральной гелимагнетной структуры в коллинеарное ферромагнитное состояние, происходящий через образования киральной солитонной решетки с управляемыми параметрами, что может представлять интерес для применения в устройствах спинтроники [1]. А соединение  $\text{Cr}_{0.33}\text{NbSe}_2$  обладает дальним ферромагнитным порядком [2].

В настоящей работе представлены результаты исследования кристаллической структуры и электрических свойств соединений  $\text{Cr}_{0.33}\text{Nb}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$  ( $0 \leq x \leq 1$ ).

Синтез поликристаллических образцов осуществлялся методом твердофазных реакций по одноступенчатой технологии. Структурные исследования проводилась с помощью рентгеновского дифрактометра Bruker D8 Advance в  $\text{CuK}\alpha$  излучении. Электросопротивление измерялось стандартным четырёхзондовым методом на поликристаллических компактированных образцах в интервале температур 5–300 К.

Установлено, что замещение по анионной подрешетке является неограниченным: получен ряд твердых растворов замещения. Все соединения кристаллизуются в гексагональной сингонии. При концентрации  $x \leq 0.5$  сохраняется пространственная группа  $P6_322$ , свойственная для кирального соединения  $\text{Cr}_{0.33}\text{NbS}_2$ . Атомы хрома занимают две частные позиции Cr (2b) (0 0 1/4) и Cr (2c) (1/3 2/3 1/4), атомы ниобия занимают одну частную позицию Nb (2a) (0 0 0) и общую Nb (4f) (1/3 2/ z), а атомы халькогенов находятся в позиции X(12i) (x y z). При более высоких концентрациях селена возможен переход к пространственной группе  $P6_3/mst$ . При этом атомы хрома упорядочены в цепочки  $\sqrt{3}a_0 \times \sqrt{3}a_0$ , где  $a_0$  – параметр решетки  $\text{NbX}_2$ . Все соединения обладают металлическим типом проводимости с аномалией в области магнитного перехода.

1. Togawa, Koyama T., Takayanagi K. et. al., Phys. Rev. Lett., 108, 107202 (2012)
2. Gubkin A.F. et al., J. of App. Phys., 119, 013903 (2016)

## EFFECT OF FORCED CONVECTION ON DENDRITE GROWTH KINETICS

Toropova L.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: [l.v.toropova@urfu.ru](mailto:l.v.toropova@urfu.ru)

Annotation. In this work, using currently developing model of convective transport and dendrite growth, results on theoretical modeling are presented. A stable relation for the dendrite tip velocity  $V$  and its tip diameter  $\rho$  via the selection theory and undercooling balance is discussed. It is shown that convective transport plays essential role in quantitative description of dendrite growth kinetics.

The generalized selection criterion determines a combination between  $V$  and  $\rho$  in the case of anisotropic thermo-solutal dendritic growth with allowance for the convective heat and mass transport mechanism in the case of n-fold crystalline symmetry



$$\sigma^*(\rho, P_g) = \frac{\sigma_0 \alpha_d^{\frac{5}{n}} A_n^{\frac{5}{n}} (1 + b D_T \beta_1) \left( 1 + \mu \tau_1^{\frac{n+5}{2(n-1)}} \right)^2}{\left[ 1 + v_1 \left( \alpha_d^{\frac{3}{n}} A_n^{\frac{3}{n}} \rho b + \frac{3 \alpha_d^{\frac{1}{4}} A_n^{\frac{2}{n}} P_g \beta_1 D_T}{2^{\frac{1}{4}} d_0} \right) \right]^2} + \frac{2 \sigma_0 \alpha_d^{\frac{2}{n}} A_n^{\frac{2}{n}} D_T \beta_1}{\rho}, \quad (1)$$

The second relation connecting  $V$  and  $\rho$  with the driving force of crystallization is the undercooling balance condition [1]. The total undercooling  $\Delta T = T_0 - T_\infty$  includes the following contributions at the tip of growing dendrite

$$\Delta T = \Delta T_T + \Delta T_C + \Delta T_R + \Delta T_K, \quad (2)$$

where  $T_\infty$  is the temperature far from the dendritic tip,  $\Delta T_T$  and  $\Delta T_C$  represent the thermal and solutal undercoolings, respectively,  $\Delta T_R = 2d_0 T_Q / R$  is the undercooling contribution arising due to the Gibbs-Thomson effect, and  $\Delta T_K = V / \mu_k$  stands for the kinetic contribution ( $\mu_k$  is the kinetic coefficient).

Expressions

$$\Delta T_T = T_i - T_\infty = \frac{T_Q V k_s}{\alpha_h \rho_l c_l u_* D_T}, \Delta T_C = m(C_i - C_{l\infty}) = \frac{(1 - k_0) V m C_{l\infty}}{a_m u_* - (1 - k_0) V} \quad (3)$$

demonstrate that  $\Delta T_T$  and  $\Delta T_C$  are independent of  $\rho$ . The undercooling balance condition (2) represents a relation connecting the interfacial temperature  $T_i$  at the dendritic tip and the far-field temperature  $T_\infty$  in the undercooled liquid phase.

Keeping in mind that the total undercooling  $\Delta T = T_0 - T_\infty$  is constant and combining expressions (2) and (3) one can write out the explicit function  $\rho(V)$  in the form

$$\rho(V) = \frac{4d_0 T_Q}{\Delta T - \Delta T_T(V) - \Delta T_C(V) - V / \mu_k} \quad (4)$$

Now substituting  $\rho(V)$  from (4) into (1), we come to the implicit equation for the dendritic velocity  $V$  of the form

$$\frac{\rho^2(V) V}{2d_0 D_T} \sigma^*(\rho(V), V) = 1, \quad (5)$$

where  $\sigma^*(\rho(V), V)$  is determined by the right-hand side of equation (1) after substitution of  $\rho(V)$  from expression (4). Thus, relations (4) and (5) represent the exact analytical solution if the convective heat and mass transport completely defines the stable dendritic growth.

Figure 1 shows the comparison of the model predictions for the boundary conditions of the conductive and convective types as well as the experimental data on dendrite velocities obtained for solidifying  $Ti_{45}Al_{55}$ .

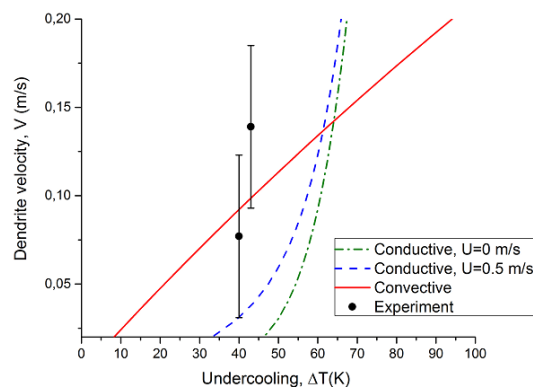


Fig. 1. Comparison of model predictions with experimental data on the dendrite growth kinetics in  $\text{Ti}_{45}\text{Al}_{55}$ .

Predictions with conductive boundary conditions in stagnant melt ( $U=0$  m/s) and under forced flow ( $U=0.5$  m/s) are taken from [2]. Predictions with convective boundary conditions are given using the present model. Experimental points are taken from Hartmann et al. [3] for the smallest flow velocity at which the low-velocity limit of dendritic growth is developed in the present model with convective boundary conditions. Error bars indicate uncertainty in experimental measurements of the crystal growth velocity by high-speed camera in droplets processed in an electromagnetic levitation facility.

*Toropova L. V. acknowledges the support from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation [grant number 1.12804.2018/12.2].*

1. Alexandrov D.V., Galenko P.K., Toropova L.V., Phil. Trans. A, 376, 20170215 (2018).
2. Galenko P.K., Danilov D.A., Reuther K., Alexandrov D.V., Rettenmayr M., Herlach D.M., J. Cryst. Growth, 457, 349–355 (2017).
3. Hartmann H., Galenko P.K., Holland-Moritz D., Kolbe M., Herlach D.M., Shuleshova O., J. Appl. Phys., 103, 073509 (2008).

### **$5d \rightarrow 4f$ LUMINESCENCE IN $\text{Sr}_9\text{Lu}(\text{PO}_4)_7$ DOPED WITH $\text{Pr}^{3+}$ IONS**

Trofimova E.S.<sup>1\*</sup>, Pustovarov V.A.<sup>1</sup> Shi Q.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Taiyuan University of Technology, 030024, Taiyuan, China

\*E-mail: [trofimova.e.s@yandex.ru](mailto:trofimova.e.s@yandex.ru)

The evolution of medical imaging techniques (computed tomography, positron emission tomography) has triggered the search for new fast scintillator materials for photon radiation detectors because it can improve the image resolution. Although most of the currently used scintillators are using fast  $5d \rightarrow 4f$  transitions in  $\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Pr}^{3+}$  has even faster  $5d \rightarrow 4f$  emission and is widely studied as a prospective scintillator material [1].

This report studies the  $5d \rightarrow 4f$  radiation transitions in  $\text{Sr}_9\text{Lu}(\text{PO}_4)_7$  doped with  $\text{Pr}^{3+}$  (concentrations of  $\text{Pr}^{3+}$  were 1 and 5 wt. %) under X-ray and UV- ranges excitation at room temperature and at 88 K. Novel  $\text{Sr}_9\text{Lu}(\text{PO}_4)_7$  phosphors has been prepared through a high temperature solid state reaction in Taiyuan University of Technology, (China). The XRD analysis indicate that the  $\text{Sr}_9\text{Lu}(\text{PO}_4)_7$  host was a single phase and that doping with a small amounts of  $\text{Pr}^{3+}$  ions did not induce any significant changes of the crystal structure [2].

Spectra of X-ray excited luminescence (XRL) in region of 250-800 nm and thermoluminescence (TL) curves in temperature interval of 88–500 K were measured at the Laboratory of Solid State Physics, Ural Federal University using the URS-55A X-ray apparatus (copper anode, 30 kV, 12 mA) as the excitation source. The photoluminescence (PL) and PL excitation spectra were measured using a 400 W deuterium gas discharge lamp (DDS-400).

Figure 1 (a) shows XRL spectra of  $\text{Sr}_9\text{Lu}(\text{PO}_4)_7$  doped with  $\text{Pr}^{3+}$  in different concentrations. There are three dominant peaks at 255, 270 and 295 nm corresponding to interconfigurational  $4f^15d^1 \rightarrow {}^3H_4$ ,  $4f^15d^1 \rightarrow {}^3H_5$  and  $4f^15d^1 \rightarrow {}^3H_6$  transitions respectively. It should be noted that the yield of  $4f^15d^1 \rightarrow {}^3H_i$  emission upon UV intra-center photoexcitation is very high. X-ray luminescence yield at  $\lambda = 265$  nm is about ten times smaller in low temperature region than in room temperature, rapidly increasing at about  $T = 265$  K. Also there is a slight red shift of the triple-peaked band at  $T = 88$  K. Peak centered at 500 nm may belong to intraconfigurational  $4f^2 \rightarrow 4f^2$  transitions:  ${}^3P_1 \rightarrow {}^3H_4$  and  ${}^3P_0 \rightarrow {}^3H_4$ . It is very small because  $5d \rightarrow 4f$  allowed emission dominates over  $f \rightarrow f$  forbidden emission. As  $4f^15d^1 \rightarrow 4f^2$  emission strongly depends on crystal field which is affected by ligands, this features may be linked to change in covalency of Lu-O bond with increasing temperature. There is another peak at about 500 nm which is very small.

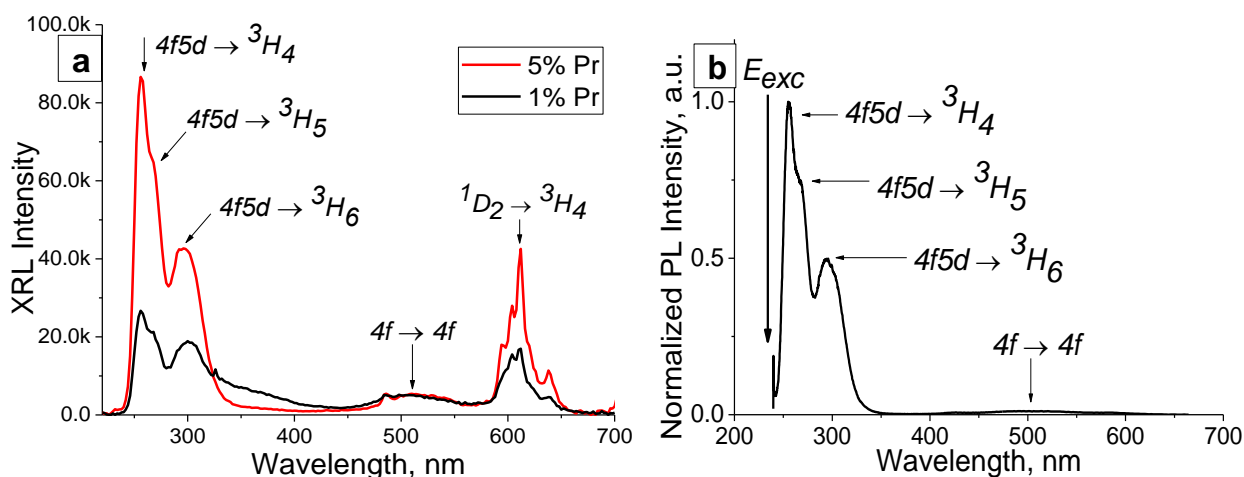


Fig. 1. a – XRL spectra of  $\text{Sr}_9\text{Lu}(\text{PO}_4)_7$  doped with  $\text{Pr}^{3+}$  (1 and 5 wt.%) at  $T = 295$  K; b – PL spectra of  $\text{Sr}_9\text{Lu}(\text{PO}_4)_7$  doped with  $\text{Pr}^{3+}$  (5%),  $\lambda_{\text{exc}} = 235$  nm,  $T = 295$  K.

The presence of defects was shown with TL measurements. TL curves contain intensity peaks 120 K and in region of 280-300 K which fits luminescence yield temperature dependence curve. On the basis of the TL curves, the parameters of carrier capture centers were calculated.

1. Korzhik M., Fedorov A., Annenkov A. et al., Nucl. Instr. Methods A, 571, 122 (2007).
2. Cui J., Wang L., Shi Q. et al., Polyhedron, 141, 284 (2018).

## SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SEMICONDUCTING CARBAZOLE THIN FILMS

Trofimova K.E.<sup>\*</sup>, Ishchenko A.V., Vokhmintsev A.S.,  
Irgashev R.A., Weinstein I.A.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

\*E-mail: [k.e.trofimova@urfu.ru](mailto:k.e.trofimova@urfu.ru)

There are an active search and synthesis of new organic compounds with special semiconducting characteristics at present. It is very perspective field of research. For example, the market for organic light-emitting diode (OLED) displays has grown rapidly and has started to challenge LCDs in all applications, especially in the small-sized display market [1]. And of cause every OLED contains organic semiconductors, what we are going to research. One of the basic parameters of semiconductor materials is a charge carrier mobility that determines a type of conductor and its electrical properties.

The main goal of this study is characteristics determination of synthesized organic compounds for designing electronic components as organics diodes and transistors.

As a first step, semiconductor films were made from various organic compounds for the further research. The deposition of 5,11-dihexyl-5,11-dihydroindolo carbazole, 5,11-dimethyl-5,11-dihydroindolo and other groups of carbazole films were performed. Those materials have different evaporation temperature that leads to using various samples syntheses methods. The organics films were synthesized by using two well-known methods such as thermo vacuum evaporation [2,3] and spin coating [4] methods. The each method requires special preparing of substrate, time processing and the other features. The examples of synthesized thin films samples are presented in Fig. 1.

The surface morphology of synthesized samples was investigated using electronic spectroscopy technique. Then semiconductor component were examined by luminescence and optical spectroscopy techniques. The results of the investigations will be described in this study.

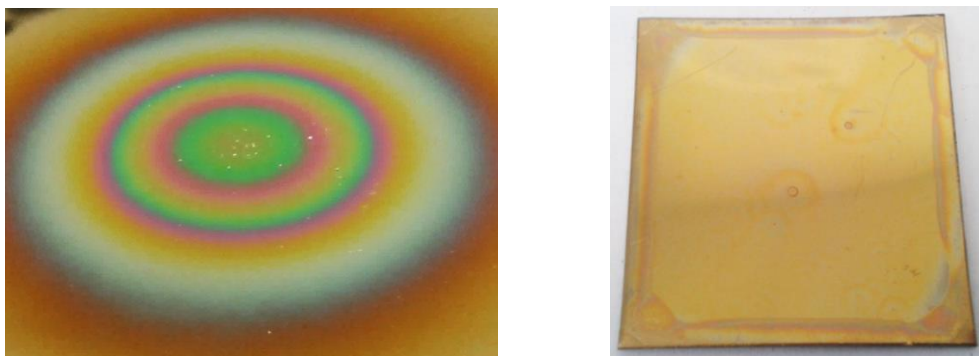


Fig.1. The films of organic compounds getting by thermo vacuum evaporation method (left) and spin coating method (right)

Finally, it is found that the semiconductor in the some synthesized samples has a hole conductivity. The charge carrier mobility was determined by measurements volt-ampere characteristics. As the result of this study we will review the semiconductor properties of organic compounds synthesized by thermo vacuum evaporation and spin coating methods.

1. Hai-Wei Chen, Jiun-Haw Lee, Bo-Yen Lin, Stanley Chen & Shin-Tson Wu. Liquid crystal display and organic light-emitting diode display: present status and future perspectives. *Nature*, V. 7, pp. 17168 (2018).
2. Günes S., Neugebauer H., Sariciftci N. S. Conjugated polymer-based organic solar cells, *Chemical reviews*, T. 107, №. 4, 1324-1338 (2007).
3. A.O. Gryaznov, E. V. Lee, A. V. Ishchenko, A. S. Vokhmintsev, I. A. Weinstein, N. A. Kazin, R. A. Irgashev, Automated installation for organic coatings deposition by vacuum thermal evaporation method. *Proceedings of the IV International Young Researchers' Conference*. V.1886, N.020089, (2017).
4. Tang S. et al. A Molecular Glass for Deep-Blue Organic Light-Emitting Diodes Comprising a 9, 9'-Spirobifluorene Core and Peripheral Carbazole Groups, *Advanced Functional Materials*, T. 17, №. 15, 2869-2877 (2016).

## ИЗМЕНЕНИЕ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

Цыкарева Ю.В.\* , Капустин С.Н.

Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
Архангельск, Россия

\*E-mail: [hare22@yandex.ru](mailto:hare22@yandex.ru)

## ALTERATION OF CARBON NANOTUBES' BAND STRUCTURE THROUGH CHEMICAL MODIFICATION

Tsykareva Yu.V.\* , Kapustin S.N.

Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk, Russia

Annotation. Carbon nanotubes are a promising material for nanoelectronics and conductive composites. The conductivity and the dead gap of a CNT are determined mainly by its chirality. The possibility of modifying these parameters by grafting functional groups is explored. Dependences of conductivity on the type, the degree of functionalization, and the temperature are given. An explanation of the dependence data is offered.

Углеродные нанотрубки (УНТ) – перспективный материал для наноэлектроники и проводящих композитов. Проводимость и ширина запрещённой зоны УНТ определяется в основном ее хиральностью. Исследована возможность модификации этих параметров путем прививки функциональных групп. Приведены зависимости проводимости от типа, степени функционализации и температуры. Предложено объяснение данным зависимостям.

В данной работе рассматривается перколяционная сеть УНТ, в которой одна треть трубок обладает металлической проводимостью, а остальные трубки являются широкозонными полупроводниками, через которые электрический ток не идет. Следовательно, для чистых трубок наблюдается чисто металлическая зависимость проводимости от температуры.

В случае гидроксильированных УНТ проводимость образца на порядок выше, чем у чистых УНТ. Вид зависимости схож с зависимостью для полупроводниковых образцов. На графике видны элементы, указывающие на наличие собственной и примесной проводимости. Это можно объяснить следующим образом: за счет присоединения -ОН групп увеличилось количество трубок с металлическим типом проводимости, а у остальных полупроводниковых трубок присоединение -ОН групп способствовало уменьшению величины запрещенной зоны за счет образования дополнительных уровней в электронной структуре. Из-за малой проводимости ток по ним не идет, но так как они подключены к перколяционной сети носители заряда с них переходят в общую сеть.

Для УНТ - NH<sub>2</sub> зависимость имеет ярко выраженный металлический характер, так как NH<sub>2</sub> более эффективный донор электронов. Резкое снижение

проводимости после 413 К связано с тем, что функциональные группы отщепляются от трубки.

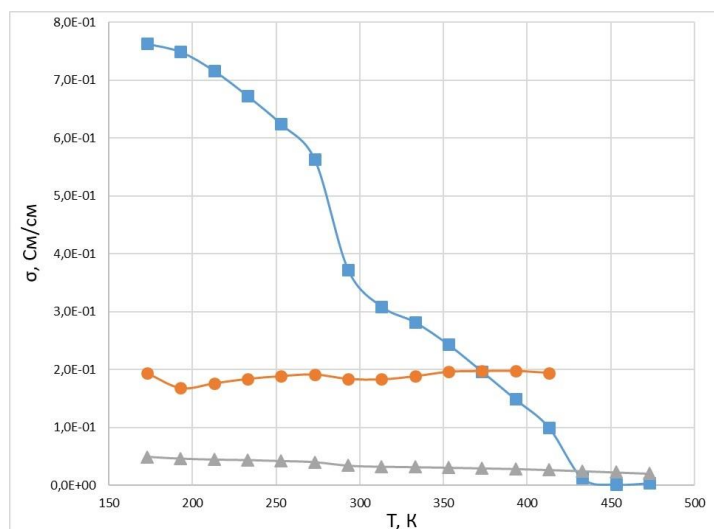


Рис. 1. Температурные зависимости электропроводности образцов различных типов УНТ от температуры: треугольники – чистые УНТ; круги – УНТ - OH; квадраты – УНТ - NH<sub>2</sub>.

Поскольку технологии синтеза трубок с заданной хиральностью не разработана, с помощью химической модификации можно скорректировать электрофизические свойства УНТ.

1. Капустин С. Н., Верещагина Ю.В. и др., Физ. вест. ВШЕНиТ САФУ,17,83-89 (2017).
2. Ketabi N., Tolhurst T.M. et al., Carbon, 123, 1-6 (2017).
3. Елецкий А. В., УФН, 167, 945–972 (1997).

## ANALYSIS OF MIGRATION MAPS OF $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{PO}_4$ ( $x = 0, 0.1$ )

Urusova N.V.<sup>1,2\*</sup>, Semkin M.A.<sup>1</sup>, Kratochvilova M.<sup>3,4,5</sup>, Volegov A.S.<sup>1</sup>,  
Pirogov A.N.<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>) Center for Correlated Electron Systems, Institute for Basic Science, Seoul, Korea

<sup>4</sup>) Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, Seoul, Korea

<sup>5</sup>) Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic

<sup>6</sup>) M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the RAS,  
Ekaterinburg, Russia

\*E-mail: [natalia.urusova@urfu.ru](mailto:natalia.urusova@urfu.ru)

$\text{LiMPO}_4$  orthophosphates ( $M = \text{Ni}, \text{Co}, \text{Fe}, \text{and Mn}$ ) show high electrochemical characteristics making them attractive for applications. Further advantages are high thermal steadiness, stability during discharge/charge cycles, and low cost of raw materials [1]. The  $\text{LiMPO}_4$  compounds crystallize in the orthorhombic olivine crystal structure (space group  $Pnma$ ). In this structure,  $\text{Li}^+$  ions occupy the edges of the one-dimensional (1D) chain of the  $\text{LiO}_6$  octahedrons located parallel to the  $b$ -axis of the unit cell. This crystal lattice leads to a strong anisotropy of the lithium-ion mobility, i.e.  $\text{Li}^+$  ions move as if in the one-dimensional space. This conclusion conforms to the theory, which includes the phenomenological maps of valence bonds and to the density functional theory. Calculations showing the  $\text{Li}^+$  ion diffusion were performed by the maximum entropy method based on powder neutron diffraction data for  $\text{Li}_x\text{FePO}_4$  measured up to 620 K [2].

The aim of this work is to determine the Li-ion migration maps basing on the X-ray diffraction data obtained on the  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{PO}_4$  ( $x = 0, 0.1$ ) single crystals.

Single crystals of the  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{PO}_4$  ( $x = 0, 0.1$ ) orthophosphates have been synthesized by a conventional solution growth method in a  $\text{LiCl}$  flux. The  $\text{LiCl}$  flux has a sufficiently low viscosity in the molten phase which is favorable for a stable growth. Detailed X-ray diffraction scans were recorded at 293 K using the Rigaku XtaLAB P200 diffractometer (X-ray source  $\text{Mo } \lambda = 0.71073 \text{ \AA}$ , 2D detector (HPAD)) at the Seoul National University. To obtain the Li-ion migration map (i.e. sets of migration paths of mobile cation within the framework) from crystallographic data, we used the Voronoi–Dirichlet approach [3] implemented into the program package TOPOS [4].

Detailed X-ray diffraction data have been obtained to study the crystal structure and to construct the Li-ion migration maps for the  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{PO}_4$  ( $x = 0, 0.1$ ) single crystals. The lattice constants, ion coordinates, anisotropic thermal coefficients, and the occupation coefficients at room temperature were determined. It was found that doping the  $\text{LiNiPO}_4$  single crystals by 10% of  $\text{Co}$  increases the lattice constants, unit cell volume, valence bonds, and the anisotropic thermal coefficients [5].



In the  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{PO}_4$  ( $x = 0, 0.1$ ) lattice, the lithium ions migrate along channels oriented in the [010] direction [5]. Doping  $\text{LiNiPO}_4$  by cobalt ions increases noticeably the amplitude of the thermal vibrations of  $\text{Li}^+$  ions in the [010] direction. Besides, the interatomic distances increase, indicating a development of the Li-ion mobility.

In the unit cell of  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{PO}_4$  ( $x = 0, 0.1$ ) 20 types of elementary voids were found, of which only two types ZA15 and ZA17 satisfy the size factor, create the infinite migration channel and build a migration map.

1. Pieczonka N.P.W., Liu Z. et al., J. Power Sources, 230, 122 (2013).
2. Nishimura S.-I., Kobayashi G. et al., Nat. Mater., 7, 707 (2008).
3. Anurova N.A., Blatov V.A., Acta Cryst., 65, 426 (2009).
4. Blatov V.A., IUCr CompComm Newslett., 7, 4 (2006).
5. Urusova N.V., Semkin M.A. et al., J. Alloys Compd., 781, 571 (2019).

## ПРОЦЕССЫ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ В ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ СИСТЕМЫ Sm-Co

Уржумцев А.Н.<sup>1\*</sup>, Москалев В.Н.<sup>2</sup>, Волегов А.С.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> ООО «ПОЗ-Прогресс», г. Верхняя Пышма, Россия

\*E-mail: [andrei.urzhumtsev@urfu.ru](mailto:andrei.urzhumtsev@urfu.ru)

## PROCESSES OF MAGNETIZATION REVERSAL IN PERMANENT MAGNETS OF THE Sm-Co-TYPE

Urzhumtsev A.N.<sup>1\*</sup>, Moskalev V.N.<sup>2</sup>, Volegov A.S.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> POZ-Progress Company, Verkhnyaya Pyshma, Russian Federation

Annotation. Permanent magnets bases of  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ -type are widely used in the energy and aerospace industries but some features of hysteresis properties could not be explained in terms of existing models up to now. The purpose of this work is to create a model of the magnetization reversal processes of the isotropic permanent magnets of the  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  system using advanced magnetometry techniques.

Редкоземельные постоянные магниты типа  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  нашли свое широкое применение еще с начала 1970-х годов. Они являются незаменимыми для электродвигателей и генераторов, а также магнитных муфт, температура эксплуатации которых превышает  $150^\circ\text{C}$ , либо требуется высокая температурная стабильность остаточной индукции в диапазоне температур от  $-50^\circ\text{C}$  до  $+100^\circ\text{C}$ . Последнее свойство особенно актуально для навигационных систем авиации, кораблей, ракет, космических станций, спутников и др. Несомненным преимуществом

является высокая коррозионная стойкость и временная стабильность данного класса магнитов.

Несмотря на тот факт, что магниты типа  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  исследуются уже более сорока лет, и в литературе хорошо описаны механизмы формирования их фазовой структуры, а также процессы перемагничивания и механизмы формирования коэрцитивной силы, которые основываются на задержке доменных стенок, остаются не до конца понятные механизмы пиннинга доменной границы на межфазных выделениях фазы типа  $\text{SmCo}_5$ . Цель настоящей работы заключается в создании модели процессов перемагничивания изотропных постоянных магнитов системы  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  с использованием передовых методик магнитометрии.

Для исследования выбраны изотропные спеченные магниты КС-25 из сплава Sm-Zr-Fe-Co-Cu. Измерение петель гистерезиса и магнитной восприимчивости проводилось на вибрационном магнитометре КВАНС – 1 и магнитоизмерительном комплексе MPMS XL – 7 (Quantum Design).

На основе зависимостей  $\chi_{\parallel}(H)$  и  $\chi_{\perp}(H)$  установлено, что существующие модели не в состоянии корректно описать механизмы магнитного гистерезиса в данных соединениях. По всей видимости существенное влияние оказывает обменное взаимодействие между ячейками фазы  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  и расположенными между ними выделениями фазы  $\text{SmCo}_5$ .

## AB-INITIO CALCULATIONS OF CO<sub>2</sub> ADSORPTION ON NONPOLAR (100) ZnO SURFACE

Usseinov A.<sup>1\*</sup>, Akilbekov A.<sup>1</sup>, Dauletbekova A.<sup>1</sup>, Geniyatova Sh.<sup>1</sup>,  
Soltanbek N.<sup>1</sup>, Nekrasov K.<sup>2</sup>, Seitov D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [useinov\\_85@mail.ru](mailto:useinov_85@mail.ru)

Annotation. In this paper, the *ab-initio* calculations of the CO<sub>2</sub> molecule adsorption on the nonpolar ZnO surface were carried out in order to find the equilibrium configuration of the adsorbed molecule, as well as we studied the effect of impurity concentration and the presence of native point defects onto binding energy of molecule. Also, the potential formation of a new molecular complex is considered. All results were compared with known experimental data.

For the development of solid-state systems for detecting bio- and gas mixtures, a deep understanding of the interaction between impurities with the active surface of the sensor at the atomic level plays a high role. In our work, a computer simulation of the carbon dioxide adsorption on nonpolar (100) ZnO surface with various configurations and location on the surface was carried out. All calculation details were taken from our previous work by calculation of hydrogen adsorption on ZnO surface and can be

finding here [1], while for carbon and oxygen atoms of CO<sub>2</sub> molecule the corresponding basis sets 6-21G\* and 6-31d1 is used.

It is shown that the tridentate configuration is most energetically favorable, which is agree with earlier work of Wang [2], but our result is inconsistent with the observed in the experiment [3], where the bidentate mode of the molecule is more favorable. It maybe that tridentate configuration probably arises in non-equilibrium conditions. On other hand, the formation of a new chemical product (for example H<sub>2</sub>CO as a result of interaction between H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> on the surface) is possible and observed result it may be attributed to new compound. The calculated formation energy for H<sub>2</sub>CO, as well as its desorption temperature, are in good agreement with the observed experimental data that are attributed to CO<sub>2</sub>. This suggests that in the experiment, most likely, it is observed H<sub>2</sub>CO.

In addition, the binding energy of a molecule weakly depends from own concentration. As it was shown, the presence of intrinsic defects on the surface (such as an oxygen vacancy) leads to a weakening of the binding energy.

1. Usseinov A.B., Kotomin E.A., Zhukovskii Yu.F., Purans J., Akilbekov A. *Thin Solid Films*, 553, 38-42, (2013).
2. Wang, Y.M. *Angew. Chem., Int. Ed.*, 46, 5624–5627, (2007).
3. Davis R., Walsh J. F., Muryn C. A., Thornton G., Dhanak V.R., Prince K. C. *Surf. Sci. Lett.*, 298, L196–L202, (1993).

## ВЛИЯНИЕ 10 МэВ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ПРИМЕСНЫХ ЦЕНТРОВ $MgAl_2O_4$

Вагапов А.Ш.<sup>1</sup>, Киряков А.Н.<sup>1</sup>, Зацепин А.Ф.<sup>1</sup>, Щапова Ю.В.<sup>1,2</sup>,  
Гольева Е.В.<sup>3</sup>, Дутов В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: [alexander1705q@icloud.com](mailto:alexander1705q@icloud.com)

## EFFECT OF 10 MeV ELECTRON BEAM ON THE LUMINESCENT PROPERTIES OF $MgAl_2O_4$ IMPURITY CENTERS

Vagapov A.Sh.<sup>1</sup>, Kiryakov A. N.<sup>1</sup>, Zatsepin A. F.<sup>1</sup>, Schapova Yu.V.<sup>1,2</sup>,  
Goleva E.V.<sup>3</sup>, Dutov V.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

The luminescence spectra of transparent magnesium-alumina spinel ceramics at different temperatures before and after irradiation of 10 MeV with an electron beam were recorded. Under laser excitation with an energy of 2.53 eV there is a luminescence band of 2.4 eV which is associated with impurity  $Mn^{2+}$  ions. In the range 1.5–1.85 eV, the luminescence of impurity  $Cr^{3+}$  (R, N-bands, as well as a series of phonon-replication bands) is recorded. The luminescence band with an energy of 2 eV, which is probably the luminescence of the manganese impurity ion is detected. The intensity of this band exhibits a temperature “buildup” with a peak at 200K.

Интерес к керамике магний-алюминиевой шпинели (МАШ) растет, в виду её уникальных свойств: высокой радиационной и химической стойкости, широкого окна оптического пропускания, большой механической прочности. Легирование ионами переходных металлов ( $Cr^{3+}$ ,  $Ti^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ , и т.д.) МАШ позволяет получить люминесценцию в различных диапазонах спектра от синего до красного [1]. Облучение прозрачной керамики МАШ ионизирующим излучением (электронов, нейтронов, ионов) приводит к образованию оптически активных центров, связанных со структурными дефектами катионного замещения  $[Mg^{2+}]_{Al^{3+}}$  и наоборот [2]. Однако влияние ионизирующего облучения на люминесцентные свойства примесных ионов до конца не установлены. Цель настоящей работы заключается в исследовании температурной зависимости спектров люминесценции МАШ до и после воздействия 10 МэВ пучка электронов.

Керамики  $MgAl_2O_4$  получены методом одноосного горячего прессования нанопорошка шпинели с добавлением 1 вес% LiF. Спектры люминесценции регистрировались на ССД камеру при лазерном возбуждении 2.53 эВ. Специальный

криостол использовался для исследования температурных зависимостей спектров люминесценции.

График фотолюминесценции исходных керамик характеризуется свечением примесных ионов  $\text{Cr}^{3+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  в диапазонах от 1.5 до 1.85 эВ и 2.2 – 2.45 эВ соответственно [2, 3]. Облучение 10 МэВ электронами приводит к образованию гало в спектре фотолюминесценции ионов  $\text{Cr}^{3+}$ , связанного с АДс. После нормировки графика путем деления спектра люминесценции облученного образца на исходный была обнаружена дополнительная полоса люминесценции в 2 эВ, которая предположительно связана со свечением ионов марганца в отличном от  $\text{Mn}^{2+}$  состоянии. В работе [3] авторы наблюдали указанную полосу легируя МАШ ионами  $\text{Mn}^{2+}$  (1% мол.). График нормированной интенсивности при различных энергиях и температуре представлен на рис. 1. Видно, что интенсивность полосы 2 эВ зависит от температуры. Понижению температуры приводит к росту интенсивности люминесценции в полосе 2 эВ. При температуре 200 К наблюдается экстремум. Предположительно, наблюдаемое «разгорание» может быть обусловлено существованием электрон-фононного резонанса.

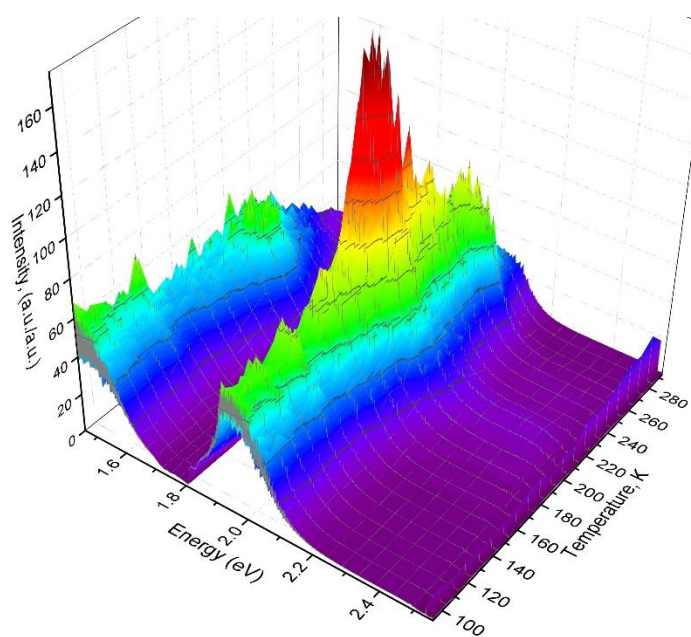


Рис. 1. Нормированный график люминесценция прозрачной керамики МАШ при разной температуре.

1. Hanamura E. et al., Jour. of Nonlin. Optic. Phys. & Mat., 12, 467 (2003).
2. Kiryakov A. N. et al., KnE Materials Science., 4, 98 (2018).
3. Singh V. et al. Journal of solid state chemistry., 180, 2067 (2007).

## ВРЕМЯ-РАЗРЕШЕННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ YAG:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup> ЛЮМИНОФОРОВ

Валиев Д.Т.<sup>1</sup>, Ваганов В.А., Степанов С.А., Пайгин В.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Томск, Россия

\*E-mail: [dtdamirka@gmail.com](mailto:dtdamirka@gmail.com)

## TIME-RESOLVED LUMINESCENCE OF YAG:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup> PHOSPHORS

Valiev D.<sup>1</sup>, Vaganov V.<sup>1</sup>, Stepanov S.<sup>1</sup>, Paygin V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup> doped yttrium aluminum garnet phosphors were synthesized by high-temperature solid-state reaction method under reducing atmosphere. The preparation with this method requires repeated cycles of heating processes at high temperature up to 1600 °C to reinforce the interdiffusion and achieve a uniform single phase and homogeneity of the alloy. The luminescence properties of YAG:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup> under excitation with a pulsed electron beam in nano- and millisecond time ranges were studied. The nature of luminescence centers of phosphors under radiation-induced influence is discussed.

Активные исследования в области получения люминофоров для источников белого света за последние 5 лет существенно выросли [1, 2]. Разработка технологии синтеза таких материалов и их комплексная характеристика на сегодняшний день является актуальной с позиции дальнейшего применения в области фотоники и световой инженерии. Для управления свойствами люминесцентных материалов необходимы фундаментальные знания особенностей динамики электронных возбуждений в исходных матрицах различного состава. Введение катиономодификаторов позволяет изменять физико-химические свойства люминофоров, влияет на структуру матрицы, и, соответственно, на распределение ионов-активаторов, что в свою очередь, определяет совокупность излучательных и безызлучательных процессов переноса энергии возбуждения [3, 4]. Исследование спектрально-люминесцентных свойств материалов с временным разрешением является в данном случае основополагающим, позволяющим детально изучить изменение спектрального состава, кинетику процесса релаксации.

Работа посвящена синтезу люминофоров на основе алюмоиттриевого граната (ИАГ) допированных ионами церия, тербия и комплексной характеристике как структурных, так и спектрально-люминесцентных характеристик.

Люминофоры на основе ИАГ, допированные (CeO<sub>2</sub>, Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) переменной концентрации были получены в Чунцинском университете искусств и науки (Чунцин, Китай) методом твердофазного синтеза. Все реагенты представляли собой химически чистые порошки оксидов Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99,99%), Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99,99%), CeO<sub>2</sub> (99,99%), Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub> (99,99%), сверх шихты использовали спекающий модификатор BaF<sub>2</sub>. Все исходные материалы были смешаны в определенном соотношении Y<sub>3-x</sub>: Al<sub>5</sub>: xTb и Y<sub>3-x</sub>: Al<sub>5</sub>: xTb + 0,06Ce, (x = 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,08 и 0,1).

Полученная смесь с добавлением спирта перемешивалась в течение 6 часов во вращательном устройстве. Затем образцы порошков подвергались двухстадийной сушке при 120 °С и при 800 °С в течение двух часов. Далее проводилась высокотемпературная обработка в печи при температуре 1600 °С в течение 12 часов, и затем при температуре 550 °С в течение 4 часов. После термообработки все образцы измельчались для придания гомогенности порошку.

Для возбуждения образцов использовали малогабаритный сильноточный ускоритель электронов, входящий в состав импульсного оптического спектрометра со следующими характеристиками: средняя энергия электронов 250 кэВ, длительность электронного импульса на полувысоте 10–15 нс. Регистрация интегральных спектров импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) в миллисекундном диапазоне осуществлялась с помощью волоконного спектрометра AvaSpec 2048 (350–1100 нм). Спектры в наносекундном временном диапазоне и кинетика затухания свечения регистрировалась с помощью монохроматора МДР-3, фотоэлектронного умножителя 84-6 с помощью осциллографа LeCROY 6030A. Энергетическая эффективность люминесценции люминофоров была измерена с помощью интегрирующей сферы, которая была подключена к спектрометру - AvaSpec-3648, и светодиодному чипу с параметрами:  $\lambda = 447$  нм, 16 мВт.

Было установлено, что спектральный состав полученных керамик меняется со временем после окончания действия импульса возбуждения. В наносекундном временном диапазоне регистрируются полосы свечения в области 450–700 нм. Серия полос люминесценции проявляется в миллисекундном временном диапазоне. Данные полосы люминесценции обусловлены переходами в ионе тербия:  $^5D_3-^7F_6$  (380 нм),  $^5D_3-^7F_5$  (414 нм),  $^5D_3-^7F_4$  (437 нм),  $^5D_4-^7F_6$  (490 нм),  $^5D_4-^7F_5$  (544 нм),  $^5D_4-^7F_4$  (588 нм),  $^5D_4-^7F_3$  (620 нм) [4]. Кинетика затухания люминесценции регистрировалась в основных полосах ИКЛ для всех образцов керамики. В работе обсуждается природа центров свечения при радиационно-индуцированном воздействии.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта № 18-43-703014*

1. 1. N. Yeh, T. Ding, P. Yeh, Ren. and Sustain. Energy Rev. **51** (2015)
2. 2. Z. Xia and A. Meijerink, Chem. Society Rev., **46** (2016)
3. 3. Y. Onishi, T. Nakamura, S. Adachi, J. Lumin. **192** (2017)
4. 4. X. Yia, S. Zhoua, C. Chena, H. Lin, Y. Feng, K. Wang, Y. Ni, Cer. Intern. **140** (2014)

## СТРУКТУРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ НЕСИММЕТРИЧНОГО ЦИКЛА «КОЭРЦИТИВНЫЙ ВОЗВРАТ- НАМАГНИЧИВАНИЕ»

Костин В.Н.<sup>1,2\*</sup>, Василенко О.Н.<sup>1,2</sup>, Стригунова А.М.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kostin@imp.uran.ru](mailto:kostin@imp.uran.ru)

## STRUCTURAL SENSITIVITY OF THE PARAMETERS OF ASYMMETRIC “COERCIVE RETURN–MAGNETIZATION” CYCLE IN HEAT-TREATED LOW-CARBON STEELS

Kostin V.N.<sup>1,2</sup>, Vasilenko O.N.<sup>1,2</sup>, Strigunova A.M.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

It has been shown both theoretically and experimentally that as the tempering temperature of quenched low-carbon steels increases, the values of induction on the asymmetric “coercive return–magnetization” cycle decrease monotonically at fixed, proportional to the coercive force, values of magnetic field. It is shown that induction resulting from the inversion of coercive field exhibits a structural sensitivity that is similar to that demonstrated by coercive-return magnetization.

Теоретически и экспериментально исследована зависимость значения индукции на несимметричном цикле «коэрцитивный возврат - намагничивание» при фиксированных, пропорциональных коэрцитивной силе, значениях магнитного поля от температуры отпуска закаленных низкоуглеродистых сталей вплоть до 600-650 °С. Для экспериментального исследования были выбраны закаленные и отпущенные образцы сталей 09Г2, 12ХН3А и 20Н2М. Измерения параметров предельных петель гистерезиса исследованных образцов выполнялись с использованием комплекса Remagraph С-500 в замкнутой (пермеаметр) магнитной цепи [1]. Локальные измерения предельных петель гистерезиса и несимметричных циклов КВ-Н исследованных образцов были выполнены с помощью аппаратно-программной системы DIUS-1.15М с двухполюсным U-образным приставным преобразователем [2-4].

Установлено, что намагниченность  $M^{+H_c}$ , полученная путем инверсии (переключения полярности) коэрцитивного поля, имеет сходную с намагниченностью коэрцитивного возврата  $M_{H_c}$  структурную чувствительность и является перспективным параметром магнитной структуроскопии. Показано, что монотонное уменьшение величин  $M_{H_c}$  и  $M^{+H_c}$  при повышении температуры отпуска



закаленных низкоуглеродистых сталей обусловлено происходящим при этом переходом от структур с одноосной магнитной анизотропией к структурам с тремя осями легкого намагничивания. В модели преобладающих 180-градусных смещений для этих магнитных структур получены численные оценки величин  $M_{Hc}$  и  $M^{+Hc}$ , которые достаточно хорошо согласуются с экспериментом. Показана возможность локального измерения предлагаемого параметра  $M^{+Hc}$  (или соответствующей индукции  $B^{+Hc}$ ) с помощью мобильной аппаратно-программной системы DIUS-1.15M.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).*

1. <http://www.magnet-physik.de>
2. Костин К.В., Костин В.Н., Смородинский Я.Г. Дефектоскопия, 2, 3(2011).
3. Костин В.Н., Василенко О.Н. Дефектоскопия, 7, 3(2012).
4. Костин В.Н., Василенко О.Н., Бызов А.В. Дефектоскопия, 9, 37(2018).

## **DOMAIN PATTERNING IN CONGRUENT LITHIUM NIOBATE BY ELECTRON BEAM IRRADIATION AT ELEVATED TEMPERATURES**

Vlasov E.O.\*, Chezganov D.S., Gimadeeva L.V., Chuvakova M.A., Shur V.Ya.

School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University,  
Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [evgeny.vlasov@urfu.ru](mailto:evgeny.vlasov@urfu.ru)

Annotation. The domain formation induced by electron beam irradiation in congruent lithium niobate crystals has been studied in wide temperature range. The obtained results can be used for development of the domain engineering methods to create nonlinear optical crystals with improved characteristics.

We have studied the domain formation by electron beam (e-beam) irradiation in congruent lithium niobate crystals (CLN) covered by artificial surface dielectric layer at room and elevated temperatures. The obtained results were explained in terms of kinetic approach based on the analogy of domain growth with the first order phase transitions [1].

The samples represented the 0.5-mm-thick Z-cut CLN plates. The irradiated Z-polar surface was covered by 2.5- $\mu$ m-thick AZ nLOF 2020 (Microchemicals) resist layer, the opposite one – by copper electrode grounded during irradiation. The domain structures have been produced by controllable e-beam irradiation at room and elevated temperatures using scanning electron microscopes Auriga Crossbeam Workstation (Carl Zeiss) attached by Elphy Multibeam (Raith) e-beam lithography system and Merlin (Carl Zeiss) equipped with Gatan heating/cooling stage.

The dose and temperature dependences of the shape and sizes of isolated domains were measured after dot irradiation. It was shown that a hexagonal domain shape appeared at room temperature whereas the heating led to the formation of self-assembled domain structures. The revealed effects were attributed to the transition from conventional switching by means of determined nucleation to discrete switching by correlated nucleation due to highly non-equilibrium switching conditions caused by changing of chemical and electrical properties of artificial dielectric layer at elevated temperatures. We have shown that the resist hard bake drastically changes the domain shape in the whole temperature range. Formation of the circular domains during dot irradiation allowed creating of the domains with arbitrary shape.

Four types of domain structures appeared as a result of stripe irradiation at room temperature have distinguished: (1) isolated nanodomains; (2) isolated domain rays oriented along  $Y^+$  directions; (3) solid domains with jagged walls (“fish-bone” structure); (4) continuous solid stripe domains. The obtained domain patterns have been considered as subsequent stages of the domain structure evolution [2]. The threshold dose of solid stripe domain formation has been revealed. The temperature dependence of the stripe domain shape was revealed and discussed as well.

The evolution of the non-through domain structures was reconstructed using series of images obtained at the different depths in the crystal bulk by confocal Raman microscopy and Cherenkov-type second harmonic generation microscopy. The main stages of the domain growth were revealed according to the principle “the deeper - the earlier” [3]. It was shown that the obtained stages correlate with the stages revealed at various doses on  $Z$ - polar surface.

*The equipment of the Ural Center for Shared Use “Modern nanotechnology” Ural Federal University was used. The research was made possible by the Russian Science Foundation (grant № 17-72-10152).*

1. Shur V.Ya., J. Mater. Sci., 41, 199 (2006).
2. Vlasov E.O., Chezganov D.S. et al., Scanning, 2018, 7809826 (2018).
3. Shur V.Ya., Zelenovskiy P.S. et al., J. Appl. Phys., 110, 052013 (2011).

**OPTICAL PROPERTIES AND CONDUCTIVITY OF LANTHANUM  
SCANDATE IN HYDROGEN CONTAINING ATMOSPHERES. INFLUENCE  
OF DIFFERENT WAYS OF INTRODUCING OXYGEN NON-  
STOICHIOMETRY**

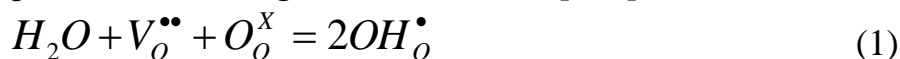
Vlasov M.I.<sup>1,2\*</sup>, Farlenkov A.S.<sup>1,2</sup>, Ananyev M.V.<sup>1,2</sup>, Stroeva A.Yu.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Institute of High Temperature Electrochemistry, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [maxim.vlsv@yandex.ru](mailto:maxim.vlsv@yandex.ru)

Acceptor-doped oxides with perovskite structure  $ABO_3$  are widely used as a proton conducting materials in different high-temperature electrochemical devices [1]. The common way how protons can be introduced into oxide is interaction between this oxide and water vapor ( $H_2O$ ) [2]. Generally accepted mechanism of hydration is described by the following equation in the Kröger-Wink notation [1, 2]



However, protons also can be introduced into oxide from dry  $H_2$  atmospheres [2], and this case is much less studied. Recently we have shown that Sr-doped lanthanum scandate ( $La_{1-x}Sr_xScO_{3-x/2}$ ) can uptake protons from  $H_2$  gas phase [3] and studied its optical properties under such uptake [4]. We found that efficiency of such uptake as well as behavior of optical properties depends on concentration of Sr, i.e. concentration of oxygen vacancies [3, 4]. However, oxygen vacancies can be introduced into scandate not only by doping A-sublattice, but also B-sublattice, both A- and B- sublattices, and by specifying deficiency of cations. Therefore, in the present research we aim to study efficiency of proton uptake from dry  $H_2$  atmosphere and optical properties of lanthanum scandate under different ways of introducing the same amount of oxygen vacancies.

It is found that in dry  $H_2$  atmosphere conductivity of lanthanum scandate doped in both cation sublattices with Sr and Mg correspondingly is about one order of magnitude lower than for only Sr-doped sample. Results of optical properties study show that absorption near fundamental absorption edge appeared due to acceptor doping is composed of two bands. Phase of doped only into Sc-sublattice lanthanum scandate is much less stable and decomposes into phases of perovskite and lanthanum oxide. Other results on La-deficient lanthanum scandate are also presented.

1. Kreuer K.D. Annu. Rev. Mater. Res., 33, 333 (2003).
2. Marrony M. Proton-conducting ceramics. From fundamentals to applied research, CRC Press (2016).
3. Ananyev M.V., Farlenkov A.S., Kurumchin E.Kh. Int. J. Hydrogen Energy, 43/29, 13373 (2018).
4. Vlasov M.I., Ananyev M.V., Farlenkov A.S., Slesarev A.I., Stroeva A.Yu., Weinstein I.A. Int. J. Hydrogen Energy, 43/36, 17364 (2018).

## НЕРАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СЛОЖНЫХ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ АНИОН-ДЕФЕКТНОГО КОРУНДА

Войнов В.С.<sup>1\*</sup>, Мильман И.И.<sup>1,2</sup>, Сюрдо А.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>)ИФМ УрО РАН, г.Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vsvoynov92@gmail.com](mailto:vsvoynov92@gmail.com)

## NON-RADIATION TECHNOLOGY OF CREATING COMPLEX COLOR CENTERS IN ANION-DEFECTIVE CORUNDUM CRYSTALS

Voynov V.S.<sup>1\*</sup>, Milman I.I.<sup>1,2</sup>, Surdo A.I.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>)IMP URAN, Yekaterinburg, Russia

This paper presents direct evidence of converting simple F – F<sup>+</sup>- type CCs into complex F<sub>2</sub> and F<sub>2</sub><sup>+</sup> - centers in anion - defective corundum crystals using TLO and, moreover, their previously unknown ability to generate optical radiation in the near IR region.

Формирование сложных центров F<sub>2</sub> и F<sub>2</sub><sup>+</sup>- типа включает два этапа. На первом из них кристаллы облучаются корпускулярными видами излучений: нейтронами, протонами, электронами, тяжелыми ионами для создания высокой концентрации простых ЦО [1]. На втором - проводится термообработка облученных кристаллов при 600-800К, вследствие которой происходит агрегация простых ЦО в сложные [2]. Целью данной работы являлась разработка нерадиационной технологии преобразования простых F<sup>+</sup>- и F- центров в кристаллах α-Al<sub>2</sub>O<sub>3-δ</sub> [3] в сложные, установление их идентичности ЦО, образованным нейтронным облучением. Объектом изучения являлись номинально чистые анион - дефектные кристаллы корунда α-Al<sub>2</sub>O<sub>3-δ</sub>, окрашенные при выращивании в восстановительных условиях (ТЛД-500К, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C) [3]. В ходе исследований обнаружился неизвестный ранее экспериментальный факт - создание сложных центров F- типа при облучении кристаллов ультрафиолетовым (УФ) излучением ртутной лампы при выдержке под УФ - излучением при фиксированной температуре в интервале 200 - 900°С. Изменения ЦО в процессе термолучевой обработки (ТЛО) наблюдались по спектрам оптического поглощения (ОП), спектрам фотолюминесценции (ФЛ) и спектрам возбуждения люминесценции (ВЛ). Эффективность преобразования простых ЦО в сложные зависела от температуры, времени и интенсивности оптического излучения при проведении ТЛО. В работе приведены прямые доказательства возможности преобразования простых ЦО F - F<sup>+</sup> - типа в сложные F<sub>2</sub> и F<sub>2</sub><sup>+</sup>-центры в кристаллах анион - дефектного корунда с помощью ТЛО и, кроме того, их неизвестная ранее способность при возбуждении генерировать оптическое излучение в ближней ИК - области [4]. На рисунке 1 приведен фрагмент динамики преобразования простых F- и F<sup>+</sup>- в F<sub>2</sub> и F<sub>2</sub><sup>+</sup> в результате ТЛО.

1. Zirour H, Izerrouken M., Nucl.Instrum. Meth. Phys. Res. B. 2016, V. 377, P.105-111
2. Atobe K., Nishimoto N., et al. Phys Status Solidi A, 1985 V. 89, P. 155-162
3. Сюрдо А.И., Кортов В.С., Мильман И.И., Письма в ЖТФ, 1985, т.11, в. 15, с 943-947.
4. Сарычев М.Н., Мильман И.И., и др., Письма в ЖТФ, 2018, т. 44, в. 22, с 74-80

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАЛЫХ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ**

Яковенко В.Д. \*, Рябухин О.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [hanakrobat@gmail.com](mailto:hanakrobat@gmail.com)

## **SIMULATING AND VISUALIZATION BREMSSTRAHLUNG AND ITS USE FOR THE FORMATION OF SMALL ABSORBED DOSES**

Yakovenko V.D. \*, Ryabukhin O.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Generation of bremsstrahlung using a convection target and a 10 MeV electron beam from an electron accelerator in order to obtain low absorbed doses. Modeling and visualization of bremsstrahlung in the PCLab program.

Воздействие ионизирующего излучения на объект зависит от поглощенной им дозы. Большие дозы, порядка десятков-сотен кГр, используются для радиационной стерилизации и модификации материалов, тогда как малые (единицы – десятки Гр) используются для замедления либо стимуляции химических процессов в биологических культурах.

Для формирования малых доз в основном используются источники гамма – излучения на основе изотопов либо физических установок, формирующих тормозное излучение (ТИ). Основной проблемой использования малых доз является их измерение, поскольку большинство дозиметрических систем качественно измеряют поглощенную дозу начиная от сотен Гр, либо единиц кГр, поэтому для оценки степени воздействия излучения используется предварительный расчет и моделирование поглощенной дозы.

В физико-технологическом институте УрФУ функционирует центр радиационной стерилизации на базе ускорителя электронов с энергией 10 МэВ. Электронное излучение позволяет сформировать большие поглощенные дозы в облучаемой продукции (стерилизация), и не подходит для генерации малых доз.

Однако, имеется возможность, с помощью конверсионной мишени, получить ТИ, которое можно использовать для формирования малых поглощенных доз.

Для оценки малых доз, формируемых тормозным излучением нами использована программа PCLab, предназначенная для моделирования процессов распространения электронов, позитронов, фотонов и протонов в веществе методом Монте-Карло, визуализации этих процессов и получения численных результатов взаимодействия (пространственных, энергетических и угловых распределений электронов, фотонов, позитронов и протонов в однородных и неоднородных веществах, а также мощности поглощенных доз в воздухе) [1].

В результате моделирования ТИ, испускаемого электронами с энергией 10 МэВ были получены значения толщин конвертеров из разных материалов, средняя энергия тормозного излучения, мощность дозы и поглощенные дозы, сформированные тормозным излучением (Табл.1).

Таблица 1. Результаты моделирования

Материал	$R_e$ , расч, мм	$R_e$ , модель, мм	$E_\gamma$ , МэВ	$\frac{dD}{dt}$ , $\frac{\text{Гр} \cdot \text{м}^2}{\text{с} \cdot \text{мА}}$	$D_{\min}$ , Гр ( $I=0.6$ мА, $R = 0,15$ м)	$D_{\max}$ , Гр ( $I=0.6$ мА, $R = 0,15$ м)
Платина	3,06	3,50	1,50	0,233	8,89	62,13
Свинец	5,86	5,50	1,62	0,239	9,10	63,61
Тантал	3,92	4,00	1,57	0,220	8,39	58,67

Далее будет проведен реальный эксперимент, в котором с помощью конверсионных мишеней и пучка электронов с ускорителя будет получено ТИ. С помощью пленочных дозиметров будет измерена поглощенная доза.

Практическим выходом данной работы является создание новой лабораторной работы на основе программного продукта PCLab в курсе Ядерной физики. Работа будет предусматривать моделирование процесса формирования тормозного излучения в рамках которой студентам будет предложено произвести расчет спектра ТИ, определить численные значения основных параметров и получить наглядные изображения распределения ТИ в пространстве.

1. Беспалов В. И., Компьютерная лаборатория (КЛ/PCLab), Издательство ТПУ (2013).

## ЗАВИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-3.5Al-1.1Zr-2.5V ОТ СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ

Якупов Р.Р.<sup>1\*</sup>, Зайцев Д.В.<sup>1,2</sup>, Панфилов П.Е.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Россия

\*E-mail: [yakupov.ratmir@bk.ru](mailto:yakupov.ratmir@bk.ru)

Аннотация. В работе проводится исследование зависимости механических свойств титанового сплава Ti-3.5Al-1.1Zr-2.5V от скорости растяжения. Показано, что с увеличением скорости нагружения наблюдается увеличение предела прочности и предела текучести, тогда как деформируемость снижается, что связано с снижением пластичности. При этом, характер разрушения не менялся во всех испытаниях.

Материалом для исследования была взята проволока диаметром 3 мм из титанового сплава Ti-3.5Al-1.1Zr-2.5V отожженная при температуре 800 °С в течение 30 минут. Механические испытания на растяжение проводили на испытательной машине Shimadzu AG-X 50kN при комнатной температуре. Образцы длиной 200мм были разделены на три группы по 5 образцов в каждой. Первая группа образцов была испытаны при скорости перемещения траверсы 0,05мм/мин. Вторая группа, при скорости 5мм/мин, тогда как третья группа 500мм/мин. Рабочая длина образцов составляла 150мм. Электронно-микроскопические исследования проводились на JSM-6390 LV. Рентгеноструктурное исследование образцов проводили с использованием дифрактометра Bruker D8 Advance.

Аттестация микроструктуры титанового сплава до проведения механических испытаний показала, что средний размер зерен  $\alpha$  фазы титана около 7 мкм, а межзеренные границы преимущественно больше угловые, т.е. соседние зерна разориентированны более чем на 15°. Кристаллографическая текстура проволоки аксиального типа, ось гексогона в кристаллитах  $\alpha$  фазы титана ориентирована преимущественно ортогонально оси проволоки.

Характер деформационного поведения титанового сплава не менялся от скорости нагружения. С увеличением скорости нагружения наблюдается увеличение предела прочности и предела текучести. С другой стороны, с увеличением скорости нагружения снижается деформируемость (Таблица 1). Упругие свойства титанового сплава незначительно (~0,1%) увеличивались при скорости нагружения 500мм/мин, тогда как пластичность снижалась примерно на 2%. Следовательно, снижение полной деформации с увеличением скорости нагружения, обусловлено снижением пластичности титанового сплава. В месте разрушения образцов наблюдается шейка. Показано, что коэффициент сужения не зависит от скорости растяжения (Таблица 1). Анализ микрофотографий показал, что морфология поверхности излома соответствует вязкому разрушению (чашечный излом) и не зависит от скорости растяжения.

Таблица 1. Механические свойства титанового сплава при растяжении на разных

скоростях нагружения.

V, мм/мин	E, ГПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
0,05	58,46±6,75	539±27	719±21	7,39±1,68	32,9±2,0
5	62,23±2,95	533±31	758±9	7,17±1,19	34,9±2,4
500	62,79±4,21	653±16	797±22	5,58±0,86	34,0±2,7

Увеличение деформируемости образцов с снижением скорости растяжения подтверждается структурными исследованиями. Ширина всех дифракционных пиков у образцов, испытанных с меньшей скоростью шире. Флуктуация полученных значений ширины дифракционных линий относительно аппроксимирующей прямой свидетельствует о скоростной чувствительности зерен «твердых» и «мягких» ориентировок. Это свидетельствует о существовании последовательности активации систем скольжения. Так, в первую очередь нагружаются «мягкие» зерна, благоприятно ориентированные для легкого призматического скольжения в плоскостях (100) и (110). Далее происходит их упрочнение, что способствует перераспределению нагрузки на «твердые» зерна с базисными нормальными, близкими к оси нагружения, которые на начальном этапе деформировались упруго.

*Работа выполнена при поддержке РФФ № 18-19-00217.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ БЫСТРОЗАКАЛЕННОГО МАГНИТНОГО СПЛАВА $\text{Sm}_{0,8}\text{Zr}_{0,2}\text{Fe}_{11}\text{Ti}$

Колосов В.Ю., Юшков А. А.<sup>\*</sup>, Кудреватых Н.В., Андреев С.В.,  
Кузнецов Д.К., Незнахин Д.С.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yushkov.anton@urfu.ru](mailto:yushkov.anton@urfu.ru)

## STUDY OF THE PECULIARITIES OF STRUCTURE OF SAMPLE OF RAPIDLY QUENCHED MAGNETIC ALLOY $\text{Sm}_{0,8}\text{Zr}_{0,2}\text{Fe}_{11}\text{Ti}$

Kolosov V.Yu., Yushkov A.A.<sup>1</sup>, Kudrevatyh N.V., Andreev S.V.,  
Kuznetsov D.K., Neznakhyn D.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A thinned sample of a rapidly quenched amorphous  $\text{Sm}_{0,8}\text{Zr}_{0,2}\text{Fe}_{11}\text{Ti}$  alloy was studied after annealing using transmission electron microscopy. The presence of  $\alpha$ -Fe phase and other Fe-based phase are discussed. Strong internal bending of crystal lattice planes (attributed to “transrotation” phenomenon) is revealed by analyses of extinction bend contour patterns.

Магнитные материалы на основе железа с добавлением редкоземельных элементов (REM-Fe) в настоящее время рассматриваются как доступная и стабильная при высоких температурах альтернатива магнитам на основе неодима [1].

Образец сплава  $\text{Sm}_{0,8}\text{Zr}_{0,2}\text{Fe}_{11}\text{Ti}$  был получен спиннингованием расплава на поверхность закалочного барабана при скорости 35 м/с. Рентгеноаморфный



образец подвергали вакуумному отжигу при температуре 800С в течение 60мин. Образец был утонен на установке ионного травления Auriga Crossbeam. Съёмка велась на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) с ускоряющим напряжением 200кВ в режимах светлого и темного полей, дифракции (SAED), рентгеновского микроанализа (EDX). В образце сформировались контрастные монокристаллы, до 300нм, в поликристаллической (кристаллиты ~20 нм) матрице, рис. 1а. Кристаллы и матрица, согласно EDX, имеют один элементный состав.

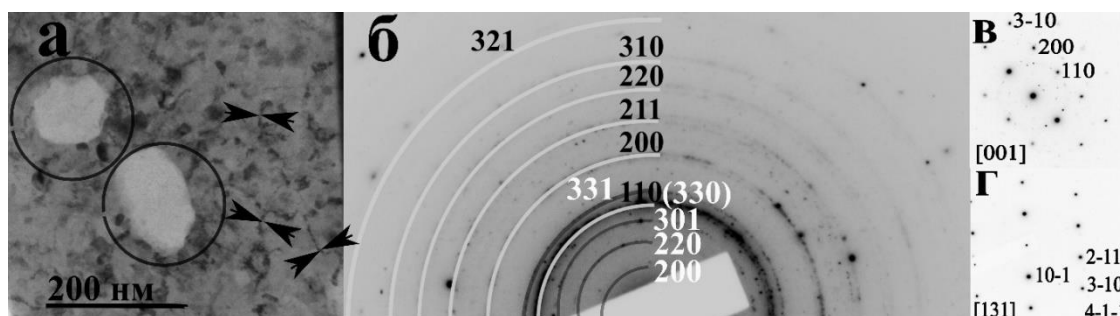


Рис. 1. а – ПЭМ-снимок участка образца (стрелками указаны пары контуров); б – SAED с индексами рефлексов фаз,  $\alpha$ -Fe (черный шрифт и дуги) и «1-12» (белый шрифт); в, г – SAED от зерен  $\alpha$ -Fe (выделены кругами на рис. 1а) с ориентировками [001], [131]

Расшифровка кольцевых SAED показала наличие кристаллической фазы  $\alpha$ -Fe, и фазы на основе Fe со структурой  $\text{ThMn}_{12}$  («1-12») [2]. Некоторые близкие рефлексы двух фаз не разделяются на SAED. Расшифровка точечных SAED от монокристаллов соответствует фазе  $\alpha$ -Fe, с выявленными кристаллографическими ориентировками осей зон отражающих плоскостей [001] и [131].

После кристаллизации из аморфного состояния в ПЭМ выявлены узкие пары  $(hkl)$  и  $(\bar{h}\bar{k}\bar{l})$  изгибных экстинкционных контуров [3], рис. 1а. Измерения свидетельствуют о сильном внутреннем изгибе кристаллической решетки, до 200град/мкм, характерном для кристаллизации аморфных плёнок [4] и соответствующем необычным трансротационным кристаллам.

*Работа поддержана проектом МОН (№3.6121.2017/8.9), постановлением №211 РФ (№ 02.A03.21.0006)*

1. Kobayashi K., et al., JMMM, 426, 273-278 (2017).
2. Urzhumtsev A, et al., EPJ Web of Conferences, 185, 04026 (2018).
3. Bolotov I.E., Kolosov V.Yu., Phys. Stat. Sol., 69a, 85 (1982).
4. Kolosov V.Yu., Thölen A.R., Acta Mater., 48, 1829 (2000).

## КВАНТО-МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ В РАМКАХ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ

Зафари Умар<sup>1\*</sup>, Курбониён М. С<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>)Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

<sup>2</sup>)Центр инновационного развития науки и новых технологий АН РТ,  
Душанбе, Таджикистан

\*E-mail: [zafari\\_umar@mail.ru](mailto:zafari_umar@mail.ru)

## QUANTO-MECHANICAL CALCULATION OF ELECTRONIC STRUCTURE OF $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ WITHIN THE FUNCTIONAL DENSITY THEORY

Zafari Umar<sup>1\*</sup>, Qurboniyon M. S<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>) Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

<sup>2</sup>)Center of innovation development of science and new technologies of the AS of the RT,  
Dushanbe, Tajikistan

In the present article are rearranged results of quantum - mechanical calculations of the electronic structure of half-metallic material  $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ , with use two various schemes of calculation - GGA and GGA+U. Calculations of electronic structure were carried out by the full-potential (linearized) augmented plane-wave ((L)APW) + local orbital's (lo) method by means of the WIEN2k software package.

В настоящей работе представлены результаты кванто - механических расчетов электронного строения полуметаллического материала  $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ , с использованием двух различных схем расчета - GGA и GGA+U. Расчеты электронной структуры проводились модифицированным методом (линеаризованных) присоединенных плоских волн (L)APW+lo с помощью программного пакета WIEN2k [1].

В наших расчетах используется моноклинная кристаллическая структура  $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$  с пространственной группой  $14\_P21/c$ . Результаты кванто – механических расчетов электронного строения  $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ , которые получены с учетом спин поляризации показывает, что это система имеет полуметаллическую природу в рамках GGA расчеты. При этом запрещенная щель спин – вверх электронной плотности изоляторное состояние составляет 1.49 eV. Две основные энергетические пики в спин – вниз электронной состояний образовано зачет  $3d$  электронов атома Co и проходит через уровни Ферми. Плотность  $2p$  электронов атома кислорода лежит в энергетических областях -7.16 eV и -0.33 eV. Плотность  $5d$  электронов атома W в спин – вверх электронной состояний лежит в областях 1.49 eV – 2.41 eV, а в спин - вниз электронные состояния лежит в областях -0.89 eV до 2.77 eV.

В рамках GGA+U приближения, для сильно коррелированных  $3d$  электронов атома Co расчеты проводится со следующими значениями параметра U: U=1eV, U=2 eV, U=3eV, U=4 eV и U=5eV и для слабо коррелированных  $5d$  электронов атома W параметра U имеет только одно значение -1eV. Анализ полученных

результатов показывает, что в электронной структуре системы  $\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$  начиная от  $U=1\text{eV}$  в спин - вниз плотность электронное состояние появляется запрещенная щель со значением  $0.67\text{ eV}$ . Значения запрещенная щель для спин - вверх и спин - вниз электронного состояния при  $U=5\text{ eV}$  имеет  $2.77\text{eV}$  и  $2.45\text{ eV}$  соответственно. Значение запрещенная щель для спин - вверх и спин - вниз электронное состояние при всех значениях параметра  $U$  приведено в таблице 1.

Таблица 1. Ширина запрещенной щели для спин - вверх и спин - вниз электронное состояние при всех значениях параметра  $U$ .

E	$\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ GGA ( $U=0$ )	$\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ GGA+U ( $U=1\text{eV}$ )	$\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ GGA+U ( $U=2\text{eV}$ )	$\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ GGA+U ( $U=3\text{eV}$ )	$\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ GGA+U ( $U=4\text{eV}$ )	$\text{Ca}_2\text{CoWO}_6$ GGA+U ( $U=5\text{eV}$ )
$E_{\text{gup}}$	1.49146	1.79296	2.05868	2.32671	2.57012	2.77951
$E_{\text{gdn}}$	Metal	0.67729	1.26955	1.75527	2.13473	2.45297

1. Blaha P and all. WIEN2k, an augmented plane wave + local orbital's program for calculating crystal properties. Techn. University at Wien, Austria, 3-9501031-1-2 (2001).
2. Alo Dutta. Magnetic structure of double perovskites  $\text{Ca}_2\text{MWO}_6$  ( $M=\text{Co},\text{Ni}$ ): A first principles study. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 322 (2010).

## ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ УПРУГИХ СВОЙСТВ НА ВЕЛИЧИНУ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ БОРАТА ЖЕЛЕЗА

Замковская А.И. \*, Максимова Е.М.

Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,  
Физико-технический институт, г. Симферополь, Россия

\*E-mail: [trabem.z@gmail.com](mailto:trabem.z@gmail.com)

## EFFECT OF ANISOTROPY OF ELASTIC PROPERTIES ON ESTIMATION IRON BORATES MICROSTRUCTURE

Zamkovskaya A.I., Maksimova E.M.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Annotation. The microstructure of iron borate was determined by X-ray diffraction broadening analysis. XRD measurements were carried out using X-ray diffractometers SmartLab Rigaku with Cu K $\alpha$  radiation. The Williamson–Hall analysis and the modified form of the Williamson–Hall analysis assuming a uniform stress deformation model were used to study the individual contributions of crystallite sizes and strain on the peak broadening of FeBO<sub>3</sub>.

Борат железа (FeBO<sub>3</sub>) относится к кристаллам средней категории с точечной группой симметрии  $\bar{3}m$ . По своей структуре FeBO<sub>3</sub> изоморфен кристаллу кальцита CaCO<sub>3</sub>, [1]. В данной работе были определены параметры тонкой структуры кристаллов бората железа методом анализа профиля дифракционных пиков с учетом ориентационной зависимости модуля Юнга.

Рентгеновские исследования кристаллов бората железа проводились на рентгеновском дифрактометре SmartLab (Rigaku) на медном излучении, монохроматизированном с помощью кристалла графита. Съёмка проводилась по методу внешнего стандарта. Точность определения положения дифракционных пиков составляла 0.02°.

Для разделения вкладов в уширение дифракционных пиков от областей когерентного рассеяния (ОКР) и микронапряжений использовался классический метод Вильямсона-Холла [2]. Общее уширение пика  $\beta_{tot}$  складывается из уширения от размера областей когерентного рассеяния  $\beta_D$  и из уширения, обусловленного величиной микродеформаций  $\beta_\epsilon$ :

$$\beta_{tot} = \beta_\epsilon + \beta_D = 4\epsilon \tan \theta + \frac{K\lambda}{D \cos \theta} \quad (1)$$

Умножим обе части (1) на  $\cos(\theta)$ :

$$\beta_{tot} \cos \theta = 4\epsilon \sin \theta + \frac{K\lambda}{D} \quad (2)$$

Видно, что если построить зависимость  $\beta_{tot} \cos \theta$  от  $\sin \theta$  для всех пиков, то вклад микронапряжений  $\epsilon$  определяется из коэффициента наклона прямой, описываемой уравнением (2). А вклад от малого размера областей когерентного рассеяния - из начальной ординаты, [3].

Для более точного определения параметров тонкой структуры бората железа был использован модифицированный метод Вильямсона-Холла [4], учитывающий анизотропию упругих свойств бората железа для каждого дифракционного пика. Для небольших микронапряжений  $\varepsilon$  и однородной деформации  $\sigma$  может быть использован закон Гука:

$$\varepsilon = \sigma/Y_{hkl}, \quad (3)$$

где  $Y_{hkl}$  – модуль Юнга для направления, перпендикулярного серии плоскостей (h k l).

Результаты вычислений параметров тонкой структуры представлены в таблице.

Параметры тонкой структуры бората железа

Метод	Средний размер ОКР $\langle D \rangle$ , нм	Среднее микронапряжение $\langle \varepsilon \rangle$ , $10^{-5}$ отн. ед.
Классический метод Вильямсона-Холла	167,6	3,23
Модифицированный метод Вильямсона-Холла	162,78	1,09

1. Diehl R. Sol. Stat. Com., 17(6), C.743-745 (1975).
2. Zamkovskaya A., Maksimova E., Nauhatsky I., J. Phys.: Conf. Ser. 1135 012020 (2018)
3. Williamson G. K., Hall W. H., Acta Met. P. 22-31 (1953).
4. A. Khorsand Zakab, W.H. Abd. Majida, M.E. Abrishamib Ramin Yousefica, Solid State Sci.13(1), P. 251 (2011)

## СТРУКТУРА ГЕТЕРОГЕННОЙ НАНОСИСТЕМЫ (Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>)<sub>34</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>66</sub>/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Жилова О.В.<sup>\*</sup>, Панков С.Ю., Анцев А.П.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [zhilova105@mail.ru](mailto:zhilova105@mail.ru)

## THE STRUCTURE OF THE HETEROGENEOUS NANOSYSTEM

(Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>)<sub>34</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>66</sub>/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Zhilova O.V., Pankov S. Yu., Antsev A.P.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

This paper shows the structure of the heterogeneous nanosystem (Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>)<sub>34</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>66</sub>/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in the original state and after heat treatment. Samples were obtained by the method of ion-beam sputtering of two targets on a rotating substrate. In the original state, the samples have an X-ray amorphous multilayer structure. Heat treatment of films at 773 K for a period of 30 minutes leads to the formation of crystalline phases CoFe, In, InBO<sub>3</sub>, InFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and the destruction of the layered structure of the samples.

Физические свойства систем композит металл-диэлектрик – полупроводник, в которых толщина слоев составляет несколько нанометров, во многом определяются структурой и границами раздела между различными фазами.

В работе была исследована структура гетерогенной наносистемы, состоящей из композита металла-диэлектрик (Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>)<sub>34</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>66</sub> и широкозонного полупроводника In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Исходные образцы были получены методом ионно-лучевого распыления двух мишеней на вращающуюся подложку [1]. Эффективные толщины полученных систем варьировались от 110 до 270 нм.

Структуру пленок исследовали методом дифракции рентгеновских лучей на дифрактометре Bruker D2 Phaser ( $\lambda_{\text{CuK}\alpha 1} = 1,54 \text{ \AA}$ ).

Анализ зависимости интенсивности рентгеновского рассеяния  $I(2\theta)$  показал, что пленка (Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>)<sub>34</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>66</sub>/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> имеет вид широкого и плохо сформированного гало. Причиной такой зависимости  $I(2\theta)$  является суммирование дифракций от трех различных аморфных фаз (металлические гранулы Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>,  $\alpha$ -SiO<sub>2</sub> и  $\alpha$ -In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Интересной особенностью стало то, что слои оксида индия в данной наносистеме имеют рентгеноаморфную структуру, в то время как чистая пленка In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – кристаллическая. Объяснением данного факта является предположение о том, что в процессе синтеза пленки образовалась не многослойная структура, а сложное соединение тонкой полупроводниковой прослойки с диэлектрической фазой композита In-Si-O.

Для подтверждения предположения о гомогенности пленки были проведены исследования малоугловой рентгеновской дифракции. Анализ полученных зависимостей выявил наличие дифракционного максимума. Период дифракционной решетки хорошо согласуется с толщиной бислоев, рассчитанной из условий

напыления. Таким образом можно заключить, что исследуемая пленка имеет многослойную структуру.

После термической обработки выше 773 К длительностью 30 минут происходит кристаллизация пленки. Сопоставление полученных межплоскостных расстояний с базой данных [2] позволило идентифицировать образовавшиеся кристаллические фазы: CoFe, In, InVO<sub>3</sub>, InFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. После термической обработки при 873 К длительностью 30 минут пик от кристаллической фазы индия пропадает.

Так как развитие процесса кристаллизации должно разрушить многослойную структуру пленки, то для подтверждения данного предположения были проведены исследования малоугловой рентгеновской дифракции от пленок после термических обработок.

Анализ полученных зависимостей выявил наличие дифракционных максимумов на дифрактограммах до температуры отжига 673 К длительностью 30 минут. После термической обработки при 773 К длительностью 30 минут дифракционные максимумы не наблюдаются, то есть слоистость пленок (Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>)<sub>34</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>66</sub>/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> разрушается.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках проектной части государственного задания (№ 3.1867.2017/4.6).*

1. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е. и др. Экспериментальные методы исследований, учеб. пос. ВГТУ (2004)
2. База ICDD PDF-2, Release, 2012, карточки № 01-071-7170, 00-005-0642.

## СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ FeSe

Зиберт А.<sup>1\*</sup>, Омарова А.<sup>1</sup>, Козловский А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup>) Астанинский филиал Института ядерной физики, г. Астана, Казахстан

\*E-mail: [alexandr.zibert@bk.ru](mailto:alexandr.zibert@bk.ru)

## SYNTHESIS OF NANOSTRUCTURES BASED ON FeSe

Zibert A.<sup>1\*</sup>, Omarova A.<sup>1</sup>, Kozlovskiy A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>) Astana Branch of the Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan

Annotation. The resulting nanostructures have great potential for using them as anode materials of lithium-ion batteries due to the high degree of crystallinity and tubular form, which has a developed surface for lithiation.

На сегодняшний день одним из перспективных направлений развития нанотехнологий является отработка режимов получения наноструктурных систем различной геометрии. Изготовление и контроль наноразмерных структур синтезированных из широкого спектра материалов имеют решающее значение в технологических аспектах и эксплуатации наноструктурных материалов. Потенциальные приложения наноструктур варьируются от магнитной записи до датчиков био-магнетизма и основы для литий-ионных батарей [1-3].

Среди разнообразия наноструктурных материалов, наноструктуры на основе FeSe являются привлекательными из-за их превосходных ферромагнитных свойств, высокого уровня намагниченности и возможности управления магнитной текстурой, которая является одной из важных характеристик для потенциального применения наноструктур в различных областях. При этом возможность простого способа получения больших массивов наноструктур с контролируемыми геометрическими и структурными характеристиками делает FeSe наноструктуры перспективным материалом для основы литий-ионных батарей.

В работе представлены результаты отработки режимов получения FeSe нанотрубок методом электрохимического синтеза. В качестве методов исследования применялись рентгеновская дифракция, растрово-электронная микроскопия, энергодисперсионный анализ. Электрохимическое осаждение в нанопоры ПЭТФ темплата проводилось в потенциостатическом режиме при разности потенциалов от 1.25 до 2.0 В, с шагом 0.25 В. Выбор диапазона разности потенциалов обусловлен полупотенциалами восстановления ионов металлов из сернокислых растворов электролитов.

Согласно полученным данным установлено, что исследуемые наноструктуры представляют собой поликристаллические структуры твердого раствора замещения селена в железе, с высокой степенью кристалличности. Увеличение прикладываемой разности потенциалов приводит к изменению концентрации селена в



структуре нанотрубок с 12% при 1.25 В до 46% при 2.0 В, что свидетельствует о преобладании потенциала восстановления селена над потенциалом восстановления железа в процессе синтеза. Увеличение концентрации селена приводит к незначительному изменению степени кристалличности, что обусловлено процессами замещения ионов железа ионами селена в узлах кристаллической решетки в процессе синтеза.

Полученные наноструктуры обладают большим потенциалом применения их в качестве анодных материалов литий-ионных батарей благодаря высокой степени кристалличности и трубчатой формы, обладающей развитой поверхностью для литирования.

1. Wulfhekel W. et al., Physical Review B. 68, 144416, (2003).
2. Osterloh F. E., Chemical Society Reviews. 42, 2294-2320 (2013).

### **ХАРАКТЕРНЫЕ ВРЕМЕНА РЕЛАКСАЦИИ КЛАСТЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ МАГНИТНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ НАНОЧАСТИЦ**

Зверев В.С.<sup>1\*</sup>, Амбаров А.В.<sup>1</sup>, Камалтдинов В.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vladimir.zverev@urfu.ru](mailto:vladimir.zverev@urfu.ru)

### **CHARACTERISTIC RELAXATION TIMES FOR THE MULTICORE MAGNETIC ANISOTROPIC NANOPARTICLES**

Zverev V.S.<sup>1\*</sup>, Ambarov A.V.<sup>1</sup>, Kamaltdinov V.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In the present work the characteristic relaxation times of the individual cluster from the ensemble of ferro-particles are investigated theoretically. The dipole-dipole interaction is taken into account using the modified mean field theory. It is assumed that the magnetic moment of the ferroparticles is described by the Neel mechanism. Two cases of the mutual orientation of the external magnetic field and the easy magnetization axis are considered and analytical dependences are obtained.

Изучение характеристик суспензий, состоящих из магнитных частиц, которые в свою очередь обладают необычными свойствами - одно из направлений исследований магнитомягких материалов, в том числе магнито-реологических жидкостей. Доклад посвящен особому типу частиц, применяемых при синтезе современных феррожидкостей. Этот тип частиц может быть определен как частицы, содержащие в себе ансамбль нанокристаллов с различной степенью плотности упаковки, а пространственная структура этого ансамбля зафиксирована

полимерной оболочкой. В англоязычной литературе для рассматриваемых частиц устоялся термин «multicore particles» [1], а в данной работе будем называть их магнитными капсулами.

В основе многих экспериментальных методик (спектрометрия, магниторе-лаксометрия) изучения магнитных материалов лежат те или иные свойства времени релаксации намагниченности системы [2]. В работе теоретически исследуется характерные времена релаксации отдельного кластера из ансамбля феррочастиц при учете диполь-дипольного взаимодействия. Предполагается, что магнитный момент феррочастиц меняется по неелевскому механизму, при котором происходит преодоление энергетического барьера, вызванного кристаллографической анизотропией. В теоретическом плане без учета размагничивающих полей, магнитные капсулы схожи с магнитными частицами, внедренными в твердую матрицу. Это позволяет описать вращательное движение магнитного момента случайной феррочастицы с помощью определения свойств решения стохастического уравнения Ландау-Лившица, в которое вводится дополнительное слагаемое, позволяющее учесть межчастичные диполь-дипольные взаимодействия на уровне модифицированной теории среднего поля первого порядка [3]. Рассмотрены случаи взаимной ориентации внешнего магнитного поля и оси легкого намагничивания. Теоретически рассчитана временная зависимость намагниченности кластера из однодоменных частиц, находящегося в переменном внешнем поле, а также реакция магнитной капсулы на выключение внешнего постоянного магнитного поля.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 18-72-00109.*

1. Tombácz E., Turcu R. et al., Biochemical and Biophysical Research Communications, 468, 3 (2015)
2. Bogren S. et al, International Journal of Molecular Sciences, 16, 9 (2015)
3. Ivanov A.O., Zverev V.S., Kantorovich S.S., Soft Matter, 12,15 (2016)

**СЕКЦИЯ 2**

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И РОБОТОТЕХНИКА**

## СТЕНД ДЛЯ АНАЛИЗА АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА ЯДЕРНОЙ ПРЕЦЕССИИ

Ушаков В.А., Сергеев А.В., Нархов Е.Д., Сапунов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [ushakov.fti@gmail.com](mailto:ushakov.fti@gmail.com)

## STAND FOR THE ANALYSIS OF THE AMPLITUDE-TIME CHARACTERISTICS OF THE NUCLEAR PRECESSION SIGNAL

Ushakov V.A., Sergeev A.V., Narkhov E.D., Sapunov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This report will discuss the development the software and hardware of a stand for the analysis of the amplitude-time signal of nuclear precession. The prospects for its use are considered.

Явление ларморовской прецессии магнитных моментов во внешнем магнитном поле легло в основу измерений магнитного поля. Разработанный НИИ КМ датчик POS-1 позволяет с высокой точностью измерять модуль магнитного поля, жестко связанный гиромагнитным отношением протона с частотой свободной прецессии суммарного вектора ядерной намагниченности [1-2]. Проводя измерения этой частоты, магнитометр предоставляет пользователю данные о магнитном поле, однако большая часть амплитудных и временных характеристик в режиме измерения остается скрытой. В докладе пойдет речь о программно-аппаратном решении (стенде), адаптированном под POS-1, разработанным для детального исследования таких характеристик.

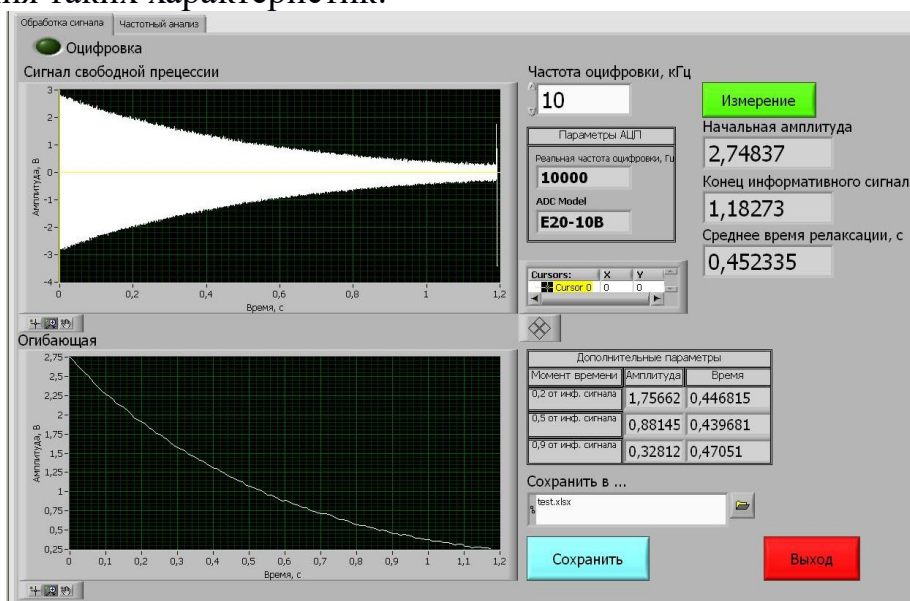


Рис.1. Панель с отображением сигнала и основных его характеристик

Разрабатываемый комплекс может иметь множество применений:

1. помощь при настройке датчика на этапе производства;
2. исследование характеристик рабочего вещества первичного преобразователя;
3. изучение особенностей сигнала свободной ядерной прецессии в условиях высокоградиентного магнитного поля[3];
4. как следствие, измерение степени однородности магнитного поля, при создании эталона магнитного поля.

Предполагается, что разработанный комплекс будет полезен для магнитных обсерваторий с использованием магнитометра POS-1 во всем мире, в частности для мониторинга наличия импульсных шумов из-за температурных стабилизирующих систем.

1. А. Абрагам, Ядерный магнетизм, Иностранная литература (1963).
2. V.A. Sapunov, E.D. Narkhov, A.L. Fedorov, A.V. Sergeev, A.Y. Denisov, Ground Overhauser DNP geophysical devices, 15th international multidisciplinary scientific geconference SGEM 2015: Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, conference proceedings, Volume I: Geology mineral processing Oil&Gas exploration, SGEM 2015 Conference Proceedings.
3. Sergeev, A.V., Denisov, A.Y., Narkhov, E.D., Sapunov, V.A. Solution of magnetometry problems related to monitoring remote pipeline systems (2016) AIP Conference Proceedings, 1767, art. no. 020018.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ПО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ АППАРАТУРЫ К ИОНИЗИРУЮЩЕМУ ИЗЛУЧЕНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА**

Перевалов Г.С., Юдин А.В.

Научно-производственное объединение автоматики имени академика  
Н.А. Семихатова, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [bigggrin@el.ru](mailto:bigggrin@el.ru)

## **REQUIREMENTS FOR SOFTWARE TO ENSURE THE RESISTANCE OF EQUIPMENT TO IONIZING RADIATION OF OUTER SPACE**

Perevalov G.S., Yudin A.V.

Scientific and Production Association of automatics named after academician N.A. Semikhatov, Yekaterinburg, Russia

In connection with the commercialization of space, it is necessary to improve the software. The requirements for software that will reduce the cost of ensuring the resistance of equipment to ionizing radiation of outer space are given.

В настоящий период началась коммерциализация космоса, на рынке запуска космических аппаратов (КА) все больше частных компаний с малыми ракетами

и соответствующими им ценами на запуск. Данная тенденция привлекла множество желающих запустить спутники на орбиту для решения интересующих задач и проведения, коротких по времени и узких по специализации, исследований малыми КА (МКА) с одним или двумя датчиками сбора информации. Наиболее популярной стала технология CubeSat, все системы (управления, сбора информации и передачи данных) расположены в малом объеме. Малый срок активного существования (САС) и невысокие орбиты (~100 суток и до 300 км) обусловлены жесткими условиями существования в КП. Современные требования к МКА становятся жестче: САС до 10 лет, высота орбиты до 1000 км, большой спектр решаемых задач.

Для выполнения технического задания (ТЗ) требуется построение системы с высокой интеграцией, обеспечение высоких показателей стойкости электрорадиоизделий (ЭРИ) к ионизирующему излучению космического пространства (ИИ КП), таким как, накопленная доза, значение линейных передач энергии (ЛПЭ) и малое сечение взаимодействия с тяжелыми заряженными частицами (ТЗЧ). Не все имеющиеся на рынке ЭРИ пригодны для работы в КП. Высокопроизводительные малогабаритные ЭРИ не имеют требуемых показателей стойкости, а использование стойкой электронной компонентной базы (ЭКБ) приводит к значительному увеличению массы, размеров КА и его стоимости.

Производителям МКА требуется найти компромиссное решение поставленной задачи. Для этого необходимо знать механизм деградации параметров ЭКБ вследствие накопления дозы, предугадывать момент попадания ТЗЧ и высокоэнергетичных протонов в тело ЭРИ, необходимо исследовать механизмы восстановления параметров ЭКБ, исследовать применение известных или новых материалов и сплавов в качестве конструкционной защиты микросхем, точнее определять стойкость КА на этапе разработки и определять оптимальные режимы работы аппаратуры с возможностью восстановления параметров.

Для снижения затрат по решению задачи обеспечения стойкости к ИИ КП требуется разработка ПО, рассчитывающего изменение параметров ЭРИ с учетом конструкции КА и ЭКБ. В ракетно-космической отрасли все больше востребовано создание цифрового двойника изделия. Появление цифрового двойника обеспечит подробное макетирование изделия, а мощные вычислительные комплексы позволят предсказать результаты экспериментальной отработки, ускорит проведение доработки аппаратуры и снизит затраты на разработку КА в целом.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГМХ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ РУЛЕВЫМИ МАШИНАМИ

Баженов А.В., Шерстнева Т.А.

АО «Научно-производственное объединение автоматики  
им. академика Н.А. Семихатова»

E-mail: [avt@npoa.ru](mailto:avt@npoa.ru)

В данной статье рассматриваются результаты оптимизации ГМХ на примере блока управления шаговыми двигателями рулевых машин типа ДШС-01.

Рулевая машина (РМ) является силовым исполнительным элементом, входит в состав средства управления вектором тяги и предназначена для качания камер сгорания двигателя.

Рулевая машина состоит из шагового мотора, двух ламельных датчиков и потенциометра.

Блок управления рулевыми машинами выдает сигналы управления на обмотки шагового мотора и контролирует состояние ламельных датчиков рулевых машин. Ламельные датчики – это датчики нулевого положения шагового мотора. Каждый шаговый мотор (ШМ) содержит 4 обмотки. Сигнал с потенциометра используется в системе телеметрических измерений.

Блок управления РМ принимает управляющие сигналы и коммутирует напряжение на обмотки шаговых моторов с помощью транзисторных ключей.

При разработке блока управления РМ в 2000-2002 гг., получены следующие результаты:

1) Блок выполнен в конструктиве УКЦВС-2.

2) На одном блоке размещено оборудование для управления четырьмя шаговыми моторами. Блок выполнен по дублированной схеме. Так как остальное оборудование коммутационного прибора выполнено по схеме трехканального резервирования, возникла необходимость реализации перехода от трехканальной части прибора к дублированной части данного блока. Это оборудование, а также оборудование по приему сигналов с ламельных датчиков размещено на другом блоке, так как в данный блок оно не поместилось.

При разработках блоков РМ на заказе 2012-2013 гг. была поставлена цель как оптимизации ГМХ блоков, так и достижения максимальной унификации для возможности применения во всех коммутационных приборах, предусмотренных к разработке на заказе. Были достигнуты следующие результаты:

1. Применен модуль драйверов биполярных транзисторов (ДБТ), предназначенный для приема логических сигналов и преобразования в гальванически изолированное напряжение, необходимое для управления силовыми биполярными транзисторами. Модуль выполнен в конструктиве микросборки 30x48 мм с 72 выводами. Модуль ДБТ содержит схему управления, двухтактный усилитель, гальваническую развязку, выпрямители. Монтаж модуля выполнен с двух сторон,

что позволяет разместить большее количество элементов, увеличив тем самым плотность монтажа элементов на блоке.

2. Блок управления РМ выполнен в конструктиве  $\frac{1}{2}$  УКЦВС-2.

3. На одном блоке размещается оборудование для управления двумя шаговыми моторами с выборкой «два из трех» и контроля ламельными датчиками (ЛД). Одновременно задействованы две обмотки каждого ШМ.

Блок РМ текущего заказа содержит в себе: 3 генератора частоты, 6 модулей ДБТ и 32 силовых транзистора, коммутирующих нагрузку, 48 диодов, обеспечивающих демпфирование нагрузки. Выборка «два из трех» осуществляется с помощью соединения выходов модулей ДБТ по соответствующим каналам на соответствующий выходной транзистор.

Также силовое оборудование теперь выполнено с использованием трехканального резервирования, а не дублирования, как это было сделано в предыдущем исполнении блока, что увеличивает надежность аппаратуры и упрощает применение блока в приборах с традиционным для нашего предприятия трехканальным резервированием.

Выигрыш по ГМХ для блока РМ составил около 25 %, поскольку удалось разместить на блоке оборудование контроля ЛД, тогда как в предыдущем варианте оно размещалось на другом блоках, что мешало сделать блок конструктивно законченным в части выполнения всех функций управления РМ.

Проведенный анализ показал возможность оптимизации ГМХ периферийных приборов бортовой аппаратуры за счет внедрения модульной структуры, а также возможности последующей модернизации модулей при развитии элементной базы или их интеграции в блоки.

## **ПРОБЛЕМЫ ВЕРИФИКАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Насыров Р.Т.

Акционерное общество «НПО автоматики», г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [avt@npoa.ru](mailto:avt@npoa.ru)

- Современные методы разработки
  - Использование HDL языков (VHDL, Verilog, SystemC, и др.)
  - Симуляция на RTL модели
  - Общий маршрут проектирования (разработка RTL, верификация, синтез, получение топологии, фотошаблон, производство)
- Что означает верификация (цели и задачи)
  - Обнаружение ошибок ДО запуска изделия в производство
  - Соответствие спецификации (ТЗ, ТУ, ГОСТ, и т.д.)



- Обнаружение ошибок (понятие положительных и отрицательных веток)
- Верификация – помещение тестируемых моделей в окружение с воссозданием рабочих воздействий, помех и связей
- Достижение максимального тестового покрытия
  - Формальное тестовое покрытие - % цепей и сигналов, побывавших во всех возможных состояниях
  - Функциональное тестовое покрытие – проверка всех условий и переходов согласно ТЗ
- Необходимость принятия стандартов при создании верификационных программ
  - Единая методология, поддерживаемая ведущими мировыми вендорами (Cadence, Synopsys, Mentor Graphics), т.е имеется поддержка в соответствующих EDA (Electronic Device Automation) системах
  - Повышение качества создания, сопровождения и модификации тестовых программ
- UVM – Universal Verification Methodology
  - Open source (Apache) – доступно в исходных текстах
  - Библиотека классов
  - Документация и методология по использованию библиотеки
  - Поддерживается ведущими симуляторами
  - Многоязыковая платформа (SystemVerilog, VHDL, e-Language, etc)

## **РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕЩЕСТВ**

Абдурахимов Н.А.\*, Веселков А.Ю., Волков А.С., Мартынов Г.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова,  
Архангельск, Россия

\*E-mail: [nursulton-96@mail.ru](mailto:nursulton-96@mail.ru)

## **DESIGN OF A UNIVERSAL EXPERIMENTAL STAND FOR DETERMINING THE SPECTROPHOTOMETRIC CHARACTERISTICS OF SUBSTANCES**

Abdurahimov N.A.\*, Veselkov A. Yu., Volkov A.S., Martynov G.V.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,  
Arkhangelsk, Russia

Spectral analysis is one of the most effective and versatile methods for analyzing the chemical composition of substances. In order to obtain and investigate the emission spectrum of the substance, a device was developed that was controlled from a PC. The device is mobile and can be used with a portable laptop in arctic expeditions.

В настоящей работе рассмотрена разработка и модернизация мини-спектрофотометра [1], его апробация при изучении спектров поглощения исследуемого вещества и спектров излучения источников света.

Устройство состоит из двух частей: аппаратная часть, которая позволяет получить спектры исследуемого вещества (через исследуемый образец пропускается видимое излучение, часть которого на определенных длинах волн поглощается образцом; в монохроматоре прошедший свет раскладывается в спектр с помощью дифракционной решетки и фиксируется на ПЗС матрице камеры для дальнейшей обработки) и специальное разработанное программное обеспечение (ПО), с помощью которого производится интерпретация сигнала в зависимости от количества пикселей в детекторе и линейной дисперсии дифракционной решетки для реализации калибровки. Таким образом реализуется отображение зависимости распределения интенсивности света по длинам волн.

Отличительной особенностью данного прибора является его мобильность, небольшая стоимость, простота использования, многофункциональность (возможность анализа как спектра излучения источников, так и спектра поглощения растворов и твердых тел, прозрачных в видимом диапазоне электромагнитных волн) и возможность сохранения спектров для дальнейшего анализа и сравнения.

В качестве примера на рис. 1 приведен график зависимости интенсивности от длины волны для rgb светодиода. Можно заметить, что пики интенсивности соответствуют длинам волн красного, зеленого и синего диапазонов. [2]

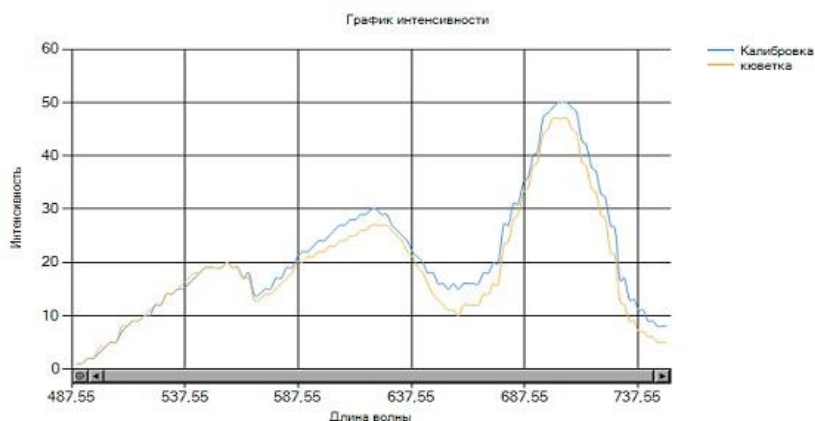


Рис 1. График зависимости спектрального состава Rgb светодиода

Таким образом, разработан и апробирован универсальный экспериментальный стенд, позволяющий анализировать спектры поглощения веществ и спектры излучения источников света в реальном времени.

1. N. Abdurahimov, A. Veselkov, A. Volkov and G. Martynov, Development of the USB-spectrophotometer for studying the spectra of light absorption by substance, AIP Publishing (2018).
2. R.M.Pope and E.S.Fry, Absorption spectrum (380-700 nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements, Applied Optics, Optical Society of America( Volume 12, Issue 3, 1997, pp 8710-8723).

### РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ ПРИ ПОЖАРЕ

Алабердин Р.Р.<sup>1\*</sup>, Лагунов А.Ю.<sup>1</sup>, Федин Д.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

<sup>2)</sup> ООО «Лема», г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [alaberdin.rin@yandex.ru](mailto:alaberdin.rin@yandex.ru)

### DEVELOPMENT OF A MOBILE DEVICE FOR THE ANALYSIS OF THE CONTENT OF HARMFUL GAS IN THE FIRE

Alaberdin R.R.<sup>1\*</sup>, Lagunov A.J.<sup>1</sup>, Fedin D.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2)</sup> LLC "Lema", Arkhangelsk, Russia

Annotation. Fire statistics indicate a large number of victims of gas poisoning. A mobile device for analyzing the content of harmful gases in a fire allows firefighters to assess the level of danger. Operational information allows you to make a decision to save people.

По данным организаций, ведущих мировую статистику, ежегодно в странах Европы, Азии, Америки и Австралии происходит более 3 миллионов пожаров, в

которых умирает от дыма, огня и других факторов более 20 тысяч человек. Наибольшее количество человеческих жертв наблюдается в России, Украине и Беларуси. Основная причина гибели людей при пожаре — отравление токсичными газами.

Самым распространенным вредным газом в зоне задымления является углекислый газ  $\text{CO}_2$ . В зависимости от концентрации он может вызывать ускорение и углубление дыхания, раздражение, ощущение сдавливания головы, головную боль, головокружение, замедление пульса, рвоту, потерю сознания и смерть.

В первую очередь пожарные стараются спасти людей. Для этого они должны обладать оперативной информацией о содержании вредных газов в помещении, где находятся люди. Нами разработан мобильный прибор для анализа содержания вредных газов при пожаре. Прибор состоит из 3 функциональных блоков: датчики, микрокомпьютер и система передачи данных.

Сердцем устройства является датчик углекислого газа [1], работающий по технологии NDIR (non-dispersive infrared radiation): излучение инфракрасной лампы в световодной трубке проходит через поток воздуха и попадает на инфракрасный детектор с фильтром. Чем больше в воздушной смеси содержится  $\text{CO}_2$  — тем сильнее ослабевает инфракрасное излучение, соответственно определяется текущая концентрация  $\text{CO}_2$ . Информация с датчиков подается на микрокомпьютер и передается по радиоканалу на мобильное устройство пожарным.

Прибор позволяет производить замеры уровня содержания вредных газов и температуру в помещении дистанционно с применением беспилотных аппаратов. Использовать прибор могут пожарные перед началом эвакуации людей. Мониторинг выявляет содержание вредных газов и позволяет оценить обстановку для принятия решения об алгоритме спасения людей.

1. Козубовский В.Р., Мисевич И.З., Иванчук М.М., *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpozarowej im. Jozefa Tuliszkowskiego - Panstwowy Instytut Badawczy, 40, 4, с.107-122 (2015).

## METHOD OF RIPE TOMATO DETECTING FOR A HARVESTING ROBOT

Ali W., Ogorodnikova O.M. \*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [olga.ogorodnikova@urfu.ru](mailto:olga.ogorodnikova@urfu.ru)

Application of harvesting robots in modern agriculture seems to become a topical trend in smart technologies development due to the possible increasing of productivity at low cost. As for the northern countries, they have their own peculiarities which determine particular features of robots needed for agriculture. First of all, there is a need to grow vegetables in heated and automated greenhouses all year round. Among others,

tomato is one of the most useful vegetables for growing in greenhouse, and it can be picked up by harvesting robot.

In the current study, an advanced algorithm was proposed for guiding a harvesting robot to pick up ripe tomatoes according to its red colour as the leading criterion of ripeness. Convenient facilities and programming environment of MatLab software package were used to develop and validate the required pattern recognition algorithm on a base of colour processing and other image processing techniques.

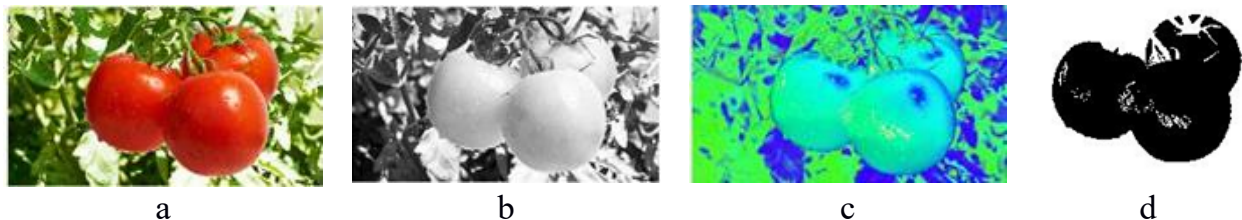


Fig. 1. The main stages of image processing for detecting a group of red tomatoes: a – initial image of red tomatoes in greenhouse; b – image of separated red colour; c – HSV image; d – final image of red objects.

Final program code was created and compiled using the preliminary MatLab work to distinguish a group of red round objects from the background of green leaves. The program code contains a number of instructions and functions for reading RGB colour images, converting them to greyscale images, using red bar for processing one colour channel, thresholding the converted images for isolation of the red objects from the green background. Essential morphological operations were also applied to enhance the results. The main stages of image processing for detecting a group of red tomatoes are shown in Fig.1.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПЕРЕНОСНОГО КАРДИОМИНИТОРА

Бригинец С.А.<sup>1\*</sup>, Веселков А.Ю., Мартынов Г.В.

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [briginets.sofya@yandex.ru](mailto:briginets.sofya@yandex.ru)

## THE SOFTWARE FOR FIGURATIVE THE CARDIOMINITORAH

Briginets S.A.<sup>1\*</sup>, Veselkov A.U., Martinov G.V.

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Annotation. For data acquisition from the cardiomonitor, the software is developed. The software allows to read out data from the device and to analyze the received values. Proceeding from the received results, the corresponding signal of a condition of the patient is formed.

Переносной кардиомонитор, построенный на базе модуля AD8232, представляет собой компактное устройство, которое закрепляется на теле пациента [1]. Получение данных о сердцебиении человека осуществляется по средствам трех электродов. Полученные значения могут храниться как в самом кардиомониторе и выводиться на дисплей, а также передаваться по Wi-Fi на телефон или персональный компьютер.

Для обработки, получаемых с кардиомонитора данных, разработано программное обеспечение, реализованное на платформе Arduino Nano [1], которое позволяет отслеживать состояние пациента как on-line режиме, так и вести сбор данных для статистической обработки.

Программное обеспечение позволяет в реальном времени обрабатывать данные, полученные с электродов и выдавать на экран кардиомонитора сигнал о текущем состоянии человека, а так же подавать звуковой сигнал, предупреждающий об отклонениях в сердечных ритмах. Параллельно по Wi-Fi линии дублируется информация на телефон человека. Кроме этого имеется возможность подключения кардиомонитора по USB интерфейсу или Wi-Fi линии к компьютеру, для переноса данных и дальнейшего их анализа.

Для работы с данными на компьютере разработано программное обеспечение, созданное в MS Visual Studio на языке программирования C#. На рисунке 1 представлен пользовательский интерфейс данной программы.

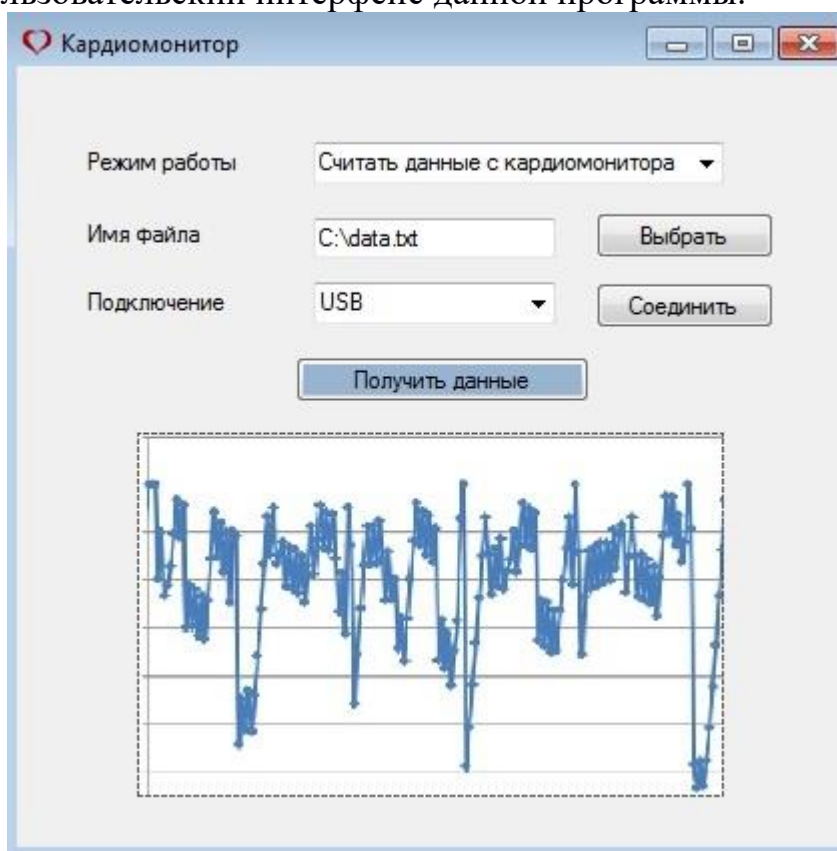


Рис. 1. Пользовательский интерфейс кардиомонитора

Программа имеет минимальный набор реализуемых функций, которые обеспечивают простой и удобный доступ к данным. В программе для автоматического подключения компьютера к кардиомонитору предусмотрена возможность выбора необходимого способа подключения. Данные в программу могут быть считаны как из ранее сохраненного на компьютере файла, так и непосредственно из памяти кардиомонитора с одновременной записью в новый файл на компьютере. Кроме этого для наглядности на форме реализована диаграмма сердцебиения.

1. Бригинец С.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В., Physics, Technologies and Innovation (PTI-2018), AIP Conf. Proc (2018).

## **АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ DIUS-1.15M**

Костин В.Н.<sup>1,2\*</sup>, Василенко О.Н.<sup>1,2</sup>, Бызов А.В.<sup>2</sup>, Суворин К.Д.<sup>1</sup>

- <sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
- <sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kostin@imp.uran.ru](mailto:kostin@imp.uran.ru)

## **HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR MAGNETIC STRUCTURESCOPY DIUS-1.15M**

Kostin V.N.<sup>1,2</sup>, Vasilenko O.N.<sup>1,2</sup>, Byzov A.V.<sup>2</sup>, Suvorin K.D.<sup>1</sup>

- <sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
- <sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The possibility and expediency of simultaneous measurements and pooled analysis of the magnetic characteristics of a substance and a “body” are shown. The information about the mobile hardware-software system DIUS-1.15M, designed to implement one- and multi-parameter methods of monitoring the structural-phase and stress-strain state of ferromagnetic materials and objects is given.

Разработка новых способов и устройств локального измерения магнитных параметров для структуроскопии ферромагнитных объектов (ФО) [1] является динамически развивающимся научно-техническим направлением [2]. Это обусловлено высокой чувствительностью статических и динамических магнитных характеристик к изменениям структурно-фазового и напряженно-деформированного состояний ФО.

Задачей работы является разработка методики и аппаратно-программной системы (АПС) для локального измерения комплекса магнитостатических параметров в широком диапазоне их изменения.

Для практической реализации поставленной задачи разработана отвечающая современным требованиям [3] мобильная АПС DIUS-1.15M, в состав которой входят приставной измерительный преобразователь, измерительный блок, адаптер сетевого питания 24 В (или аккумуляторы), портативная ЭВМ.

В разработанной ранее серии приборов SIMTEST использовался тот же измерительный преобразователь, что и в DIUS-1.15M. С его помощью на основе гистерезисной характеристики “поток — внутреннее поле” определялись магнитные свойства объекта контроля (ОК) при измерении относительной величины потока и внутреннего поля в испытуемом ОК. Однако, число параметров можно увеличить за счет регистрации тока в обмотках электромагнита. Это позволяет измерять гистерезисные характеристики в координатах “поток в объекте — ток в обмотках”. Такие характеристики можно назвать характеристиками “тела”, т.к. они в большей степени зависят от геометрических размеров испытуемых. Для ряда образцов, имеющих различные значения коэрцитивной силы, получены измеренные преобразователем с сечением полюсов 12x28 мм петли гистерезиса вещества и “тела”, поскольку совокупный анализ свойств вещества и “тела” дает гораздо больше возможностей для структуроскопии. Например, в [4, 5] показано, как дополнительный учет характеристик “тела” позволяет уменьшить влияние зазора в цепи “преобразователь — объект” на результаты локального измерения индукции коэрцитивного возврата и коэрцитивной силы вещества.

Разработанная мобильная АПС DIUS-1.15M может применяться для решения широкого круга задач магнитной структуроскопии ФО при наличии корреляционной связи между контролируруемыми параметрами и измеряемыми устройством магнитными свойствами.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).*

1. Щербинин В.Е., Горкунов Э.С., Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля, УрО РАН (1996).
2. Филинов В.В., Аракелов П.Г., Трубиенко О.В., Контроль. Диагностика, 5, 48 (2016).
3. Костин В.Н., Смородинский Я.Г., Дефектоскопия, 5, 23, (2017).
4. Костин В.Н., Василенко О.Н., Дефектоскопия, 7, 3 (2012).
5. Костин В.Н., Василенко О.Н. Дефектоскопия, 7, 15 (2012).



## ПРИБОР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ

Чувашов Р.Д.<sup>1\*</sup>, Вербицкий Е.В.<sup>1,2</sup>, Хохлов К.О.<sup>1</sup>, Баранова А.А.<sup>1</sup>, Шульгин Б.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Постовский институт органического синтеза, РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chuva.rd.13@gmail.com](mailto:chuva.rd.13@gmail.com)

## DEVICE FOR NITROAROMATIC SUBSTANCE DETECTING AND IDENTIFICATION

Chuvashov R.D.<sup>1\*</sup>, Verbitsky E.V.<sup>1,2</sup>, Khokhlov K.O.<sup>1</sup>,  
Baranova A.A.<sup>1</sup>, Shulgin B.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Annotation. Designing and modelling of device for nitroaromatic substance detecting and identification are described.

Приборы для детектирования паров нитросоединений востребованы для поиска угроз в сферах организации безопасности и экологии. Информативность данных для оператора является ключом к принятию решения при поиске. Способные идентифицировать пары нитросоединений приборы более ценны по сравнению с детекторами, определяющими только присутствие паров в воздухе.

Предложена концепция прототипа прибора для обнаружения и идентификации паров взрывчатых веществ в воздухе. Роль сенсора играет флуоресцентный полимер на подложке из нетканого материала, реагирующий тушением флуоресценции при контакте с нитросоединениями. Идентификация веществ основана на изменениях в спектре поглощения сенсорного вещества. Изменения в поглощении регистрируются измерением диффузно рассеянного сенсором излучения. Предложена оптическая схема с диодными источниками для освещения и возбуждения флуоресценции сенсора.

Создан экспериментальный стенд. Создан алгоритм классификации для результатов измерений изменений в спектре диффузного отражения на языке Python. Проведены тесты по идентификации насыщенных паров нитросоединений и мешающих факторов и концентраций ПДК<sub>р.з.</sub> веществ.

Результаты проектирования предназначены для внедрения в производство.

*Работа поддержана грантами РФФИ на фундаментальные исследования в химии №17-03-00011 и на поддержку ведущих научных школ РФ НШ-8922.2016.*

1. Баранова А.А., Детектор следовых количеств нитросодержащих взрывчатых веществ, дисс. ... канд. техн. наук, Екатеринбург, УрФУ (2016).
2. Машинное обучение. Курс лекций, Воронцов К. В., Москва, ШАД (2014)

3. Чувашов Р.Д., Экспериментальный спектрометрический стенд для обнаружения и идентификации нитросоединений, магист. дисс., Екатеринбург, УрФУ (2018).
4. Askim, J.R. et al., Optical sensor arrays for chemical sensing: the optoelectronic nose, Chem. Soc. Rev., Vol. 42, P. 8649 (2013)
5. Chen, T., Guestrin C., XGBoost: a scalable tree boosting system, KDD '16, San Francisco, USA (2016).
6. Hastie T. et al., The elements of statistical learning, Springer, 2<sup>nd</sup> edit. (2009)
7. Venkataramana G. et al., Synthesis, absorption, and fluorescence-emission properties of 1,3,6,8-tetraethynylpyrene and its derivatives, Eur. J. Org. Chem (2005).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Чувиляев О.В.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [ChyvilyevOleg@mail.ru](mailto:ChyvilyevOleg@mail.ru)

## MODELING OF DISCRETE CONTROL SYSTEM OF DC ELECTRIC DRIVE

Chuvilyaev O.V.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

This paper discusses the simulation of a discrete PID controller system. The output of the simulation is to obtain a graph of the output signals of the regulator.

Если у нас дискретная система ПИД регулятора (ПИД регулятор реализован на микроконтроллере), то можно определить  $u_{\text{п}}, u_{\text{и}}, u_{\text{д}}$  и  $u_{\text{р}}$  по формулам

$$u_{\text{п}i} = k_{\text{п}} \cdot \Delta\alpha_i;$$

$$u_{\text{и}i+1} = u_{\text{и}i} + k_{\text{и}} \cdot \tau \cdot \Delta\alpha_i;$$

$$u_{\text{д}i+1} = K_1 \cdot u_{\text{д}i} + K_2 \cdot (\Delta\alpha_i - \Delta\alpha_{i-1});$$

$$u_{\text{р}i} = u_{\text{п}i} + u_{\text{и}i} + u_{\text{д}i}.$$

Сигнал на входе ПИД регулятор

$$\Delta\alpha_i = \alpha_i - \alpha_{0i}$$

Сигнал на выходе ПИД регулятор состоит из суммы трех сигналов

$$u_{\text{р}i} = u_{\text{п}i} + u_{\text{и}i} + u_{\text{д}i}.$$

Напряжение на выходе усилителя мощности определяется формулой

$$u(t) = u(iT) = K_{\text{у}} u_{\text{р}i} = K_{\text{у}} (u_{\text{п}i} + u_{\text{и}i} + u_{\text{д}i}), \text{ где } i = 1, 2, 3, 4, \dots$$

Уравнения двигателя остаются как в аналоговой системе.

Уравнение ПИД регулятора определяется по формулам

$$u_{\text{пи}} = k_{\text{п}} \cdot \Delta\alpha_i;$$

$$u_{\text{и}i+1} = u_{\text{и}i} + k_{\text{и}} \cdot \tau \cdot \Delta\alpha_i;$$

$$u_{\text{д}i+1} = K_1 \cdot u_{\text{д}i} + K_2 \cdot (\Delta\alpha_i - \Delta\alpha_{i-1});$$

$$u_{\text{р}i} = u_{\text{пи}} + u_{\text{и}i} + u_{\text{д}i},$$

$$\text{где } K_1 = \frac{2 \cdot T_{\text{д}} - \tau}{2 \cdot T_{\text{д}} + \tau}; \quad K_2 = \frac{2k}{2T_{\text{д}} + \tau}.$$

На рисунке 1 показаны графики сигналов  $\alpha_0$ ,  $\alpha$ ,  $u_{\text{и}}$ ,  $u_{\text{д}}$ ,  $Z$ ,  $i_{\text{я}}$  и  $\omega$  при разных формах сигналов  $\alpha_0$  при соответствующих данных для разных двигателей (получили этой графики с помощью системы Turbo Pascal и Excel).

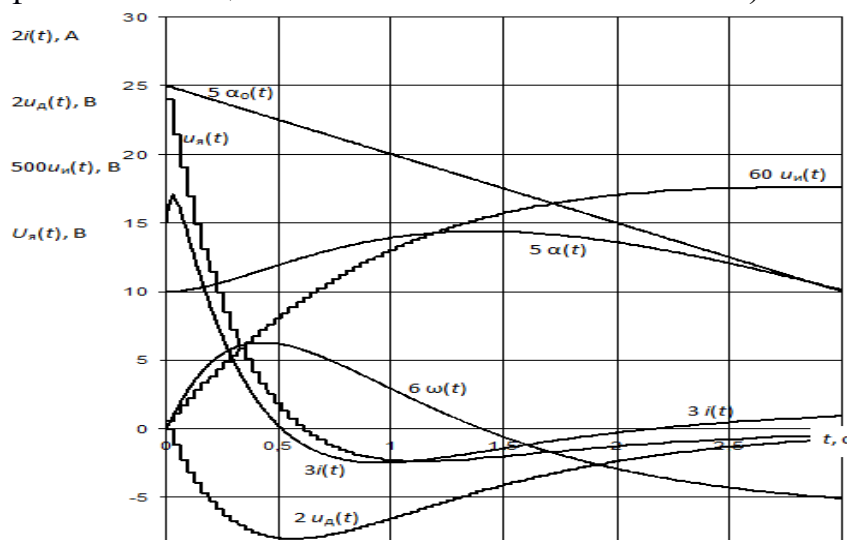


Рис. 1. Графики выходных сигналов регулятора при входе ( $\alpha_0 = 5 - t$ ) в дискретной системе

$$k_{\text{п}} = 2 \text{ В/рад}, k_{\text{и}} = 0,1 \text{ В/рад}\cdot\text{с}, k_{\text{д}} = 2 \text{ В}\cdot\text{с/рад}, T_{\text{д}} = 0,1 \text{ с}.$$

$$\text{Данные двигателя } R_{\text{я}} = 4 \text{ Ом}, L_{\text{я}} = 0,1 \text{ Гн}, C = 2, J = 2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2, M_{\text{с}} = 1 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

1. Бродовский В.Н. Приводы с частотно-токовым управлением / В.Н. Бродовский, Е.С. Иванов. М.: Энергия, с. 169 (1974).
2. Ключев В. И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, с. 704 (2001).

## ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛИ СКОРОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Чувильяев О.В.\*, Зайнуллин А.А.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [ChyvilyevOleg@mail.ru](mailto:ChyvilyevOleg@mail.ru)

## THERMOELECTRIC SPEED METERS OF THE AIRCRAFT

Chuvilyaev O.V., Zainullin A.A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

Annotation. In this paper, we consider one of the methods for measuring the speed of flight of an aircraft, or rather its air speed, using a thermoelectric element.

В настоящее время скорость летательного аппарата определяется с помощью указателя скорости, принцип действия которого основан на измерении динамического давления встречного воздуха.

Данная идея основана на использовании термопар, а именно на свойствах материалов наводить термоэлектродвижущую силу при различных температурах двух материалов [1].

$$E = k(t_1 - t_2)$$

Где  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от материалов термопар.

Схематично устройство термопары можно изобразить следующим образом:

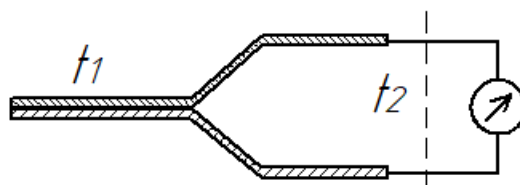


Рис. 1. Схематичное устройство термопары.

Так же в основу принципа заложено охлаждающее свойство ветра, которое увеличивается с ростом скорости. В настоящее время термопары используются в авиации для измерения температур жидких и газообразных сред: масел, охлаждающих жидкостей, воздуха и газов.

Общий принцип определения скорости с использованием термопар: зная фиксированную величину температуры, какой либо жидкости, будем иметь термоэлектродвижущую силу, которая будет иметь постоянное значение, но при изменении разностной температуры пары, значения силы увеличится. Значения разностной температуры будет изменяться в зависимости от скорости ветра попадающего на элемент пары. Если разность температур изменится в большую сторону,

то это будет свидетельствовать об увеличении скорости, в противном случае скорость будет уменьшаться. Термоэлектродвижущая сила, наводимая термоэлементами, подается на специальные преобразующие устройства, которые в конечном итоге покажут значения воздушной скорости.

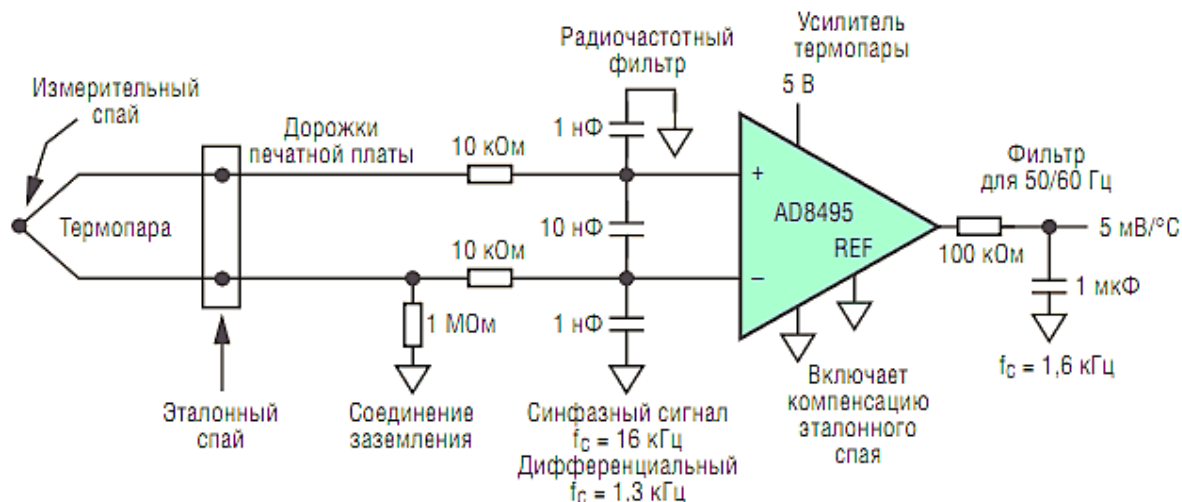


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема.

Технологически это можно реализовать следующим образом: разместить систему термопар вблизи термоэлемента, предназначенного для измерения температуры жидкости или газа, что позволит с большой точностью знать температуру одного из элемента. Воздух будет подводиться из приемника воздушного давления, что приведет к изменению температуры другого элемента термопары.

Для наглядности ниже приведена принципиальная электрическая схема.

Преимущество данного метода заключается в том, что скорость полета измеряется не механическим изделием, а электрическим, что делает его более точным. Так же масса системы термопары значительно меньше скорости указателя, что играет важную роль, так как снижение массы летательного аппарат имеет важное значение в самолётостроении.

1. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие / А. да Роза; пер. с англ. Под редакцией С.П. Малышенко, О.С. Попея. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ; с. 704 (2010).

## **ИЗУЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЭПР ДОЗИМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА К РАЗЛИЧНЫМ ТИПАМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Давыдов Д.Р.<sup>1\*</sup>, Байтими́ров Д.Р.<sup>1</sup>, Фа́деев И.С.<sup>1</sup>, Ива́нов Д.В.<sup>1</sup>, Ко́нев С.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский Федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Danil25998@yandex.ru](mailto:Danil25998@yandex.ru)

## **RESEARCH OF THE SENSITIVITY OF EPR HYDROXYAPATITE-BASED DOSIMETERS TO VARIOUS TYPES OF IONIZING RADIATION**

Davydov D.R.<sup>1\*</sup>, Bajtimirov D.R.<sup>1</sup>, Fadeev I.S.<sup>1</sup>, Ivanov D.V.<sup>1</sup>, Konev S.F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Research of the sensitivity of EPR hydroxyapatite-based dosimeters to various types of ionizing radiation for use in monitoring dose of radiation. Measurement of sensitivity of dosimeters based on hydroxyapatite.

По мере возрастания роли ионизирующих излучений (ИИ) практически во всех областях человеческой деятельности встает проблема их обнаружения и измерения [1].

Радиационная дозиметрия является компонентом комплекса биофизических и эпидемиологических исследований, связанных с рисками заболеваемости и смертности людей, подвергающихся воздействию ИИ [2]. ЭПР дозиметрия используется как метод количественного анализа радиационных эффектов. ИИ при взаимодействии с любыми материалами приводит к образованию свободных радикалов, концентрация которых может быть определена с помощью метода ЭПР. В частности, методом ЭПР-дозиметрии можно оценить суммарную поглощенную дозу радиации в эмали зуба, накопленную за время жизни донора, включая воздействие как антропогенных, так и естественных источников излучения [3]. Метод может найти применение при решении технических задач, связанных с использованием ИИ в атомной промышленности для контроля облучения персонала, в дефектоскопии, в целях калибровки медицинских пучков, используемых в радиотерапии, в биомедицинских исследованиях и др. [4].

В работе исследуются ЭПР дозиметры на основе биологического гидроксиапатита, образующего стабильные радикалы, при воздействии различными типами ИИ. Используемый в дозиметрах биологический гидроксиапатит чувствителен к воздействию различных типов ИИ и имеет характерный ЭПР сигнал (см. рис. 1), представляя из себя альтернативу ЭПР дозиметрам на основе аланиновой аминокислоты. Дозиметры на основе биологического гидроксиапатита могут найти применение в определении дозового распределения в техногенных помещениях предприятий, использующих различные типы ИИ в производственных целях.

В работе были проведены экспериментальные измерения чувствительности пятнадцати ЭПР дозиметров на основе гидроксипатита, при воздействии на них ионизирующего излучения, к различным типам ИИ.

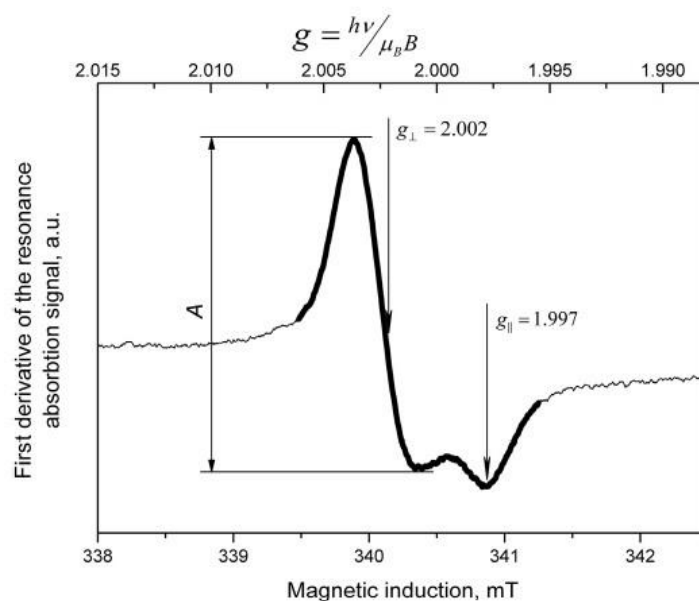


Рис. 1. Характерный ЭПР сигнал биологического гидроксипатита [2]

1. В. С. Кортов. Твердотельная дозиметрия. Радиационная физика твердого тела и радиационные технологии 2, 35-45 (2000).
2. D. V. Ivanov, A. Wieser. Effect of spectrum processing procedure on the linearity of EPR dose reconstruction in tooth enamel. Radiation measurements 68, 7-13 (2014).
3. В.И. Заляпин, Ю.С. Тимофеев. Статистическая реконструкция распределения фонового облучения по результатам ЭПР измерений. Вестник ЮУрГУ №6, 22-27 (2014).
4. Д. Р. Байтимиров, Д. В. Иванов, В. Г. Мазуренко и др. Материал датчика для ЭПР дозиметрии ионизирующих излучений. Патент № 2 646 549 (2018).

## УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МИКРОПРОЦЕССОРА iMX6

Демин М.Р.<sup>1,2\*</sup>, Колесников Н.В.<sup>1</sup>, Вохминцев А.С.<sup>2</sup>, Вайнштейн И.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Ай-Си Контракт», г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*Email: [maksimdemin.ic@yandex.ru](mailto:maksimdemin.ic@yandex.ru)

### AUTOMATED CONTROL DEVICE BASED ON THE iMX6 APPLICATION MICROPROCESSOR

Demin M.R.<sup>1,2</sup>, Kolesnikov N.V.<sup>1</sup>, Vokhmintsev A.S.<sup>2</sup>, Weinstein I.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IC-Contract Ltd., Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper is devoted to the development of a portable device based on the application microprocessor iMX.6 NXP. This device has a wide range of capabilities, has a graphical environment, and is designed to detect an emergency situation that has arisen with a controlled object.

В настоящее время в области разработки автоматизированных систем управления технологическим процессом широкое распространение получили электронные схемы System-on-a-Chip, выполняющие функции целого устройства и размещенные на одной интегральной схеме. В связи с повышенными требованиями к графическому интерфейсу пользователя, обработке видеосигналов и времени разработки аппаратного и программного обеспечения, недавно появился новый класс заказных электронных устройств – Sytem-on-a-Module – компактная встраиваемая система на модуле с мощным микропроцессором для промышленных задач, требующих высокой производительности и надежности. Система на модуле, как правило, включает в себя систему на кристалле, оперативную память, кварцевый генератор и иногда модуль Wi-Fi.

Настоящая работа посвящена разработке портативного устройства на основе заказного микропроцессора iMX6 NXP. Данное устройство обладает широким рядом возможностей, имеет графическую оболочку и предназначено для детектирования аварийной ситуации, которая возникает с контролируемым объектом.

В ходе работы была сконфигурирована операционная система Linux-4.1.15 и под нее написаны драйверы сенсорного экрана, гироскопа и терморезистора на языке программирования Си. Разработано программное обеспечение, основной задачей которого является контроль температуры объекта с использованием термодатчиков, а также контроль положения объекта в пространстве с применением трехосевого гироскопа в интегрированной среде разработки QtCreator. В случае выхода температуры объекта за допустимый уровень, установленный пользователем, или превышения критических координат по осям X и Y для гироскопа, по последовательному интерфейсу UART на хост-компьютер приходит уведомление



об инциденте с предложением вариантов ликвидации аварии. Последующие управляющие сигналы обратно в целевое устройство передаются также через UART-интерфейс.

1. Chris Simmonds, Mastering Embedded Linux Programming, 418 (2015);
2. Linux Kernel Development, Third edition, 468 (2010).

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЬДА**

Фофанов А.С.<sup>1\*</sup>, Орлов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

<sup>2)</sup> Архангельский колледж телекоммуникаций Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций имени проф.М.А.Бонч-Бруевича, Архангельск, Россия

\*E-mail: [andreinord@yandex.ru](mailto:andreinord@yandex.ru)

## **MODERNIZATION OF HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX TO STUDY THE MECHANICAL PROPERTIES OF ICE**

Fofanov A.S.<sup>1\*</sup>, Orlov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2)</sup> Arkhangelsk College of Telecommunications, branch office of Saint-Petersburg Bonch-Bruевич's State University of Telecommunications, Arkhangelsk, Russia

Annotation. The purpose of this work is to upgrade the existing experimental setup to study the strength properties of ice, and to further automate the testing and measurement process.

В работе [1] нами был представлен результат разработки аппаратно-программного комплекса (АПК) для изучения прочностных свойств льда. В процессе эксплуатации данного АПК были выявлены существенные недостатки в конструкции экспериментальной установки. Так, например, в каркасе установки, собранном из деревянных балок и фанерных плит, при выполнении измерений в области отрицательных температур возникали трещины, в которых со временем скапливалась влага, что приводило к деформации каркаса. Также было установлено, что предложенная геометрия электромагнитов силового узла, не обеспечивает силу тяги достаточную для испытания толстых образцов льда.

Кроме конструкционных недостатков, были выявлены недостатки в программной части АПК. Программное обеспечение (ПО) микроконтроллера не позволяло обеспечить передачу данных между микроконтроллером и оператором с достаточной скоростью. Процесс снятия данных с датчиков и управления основными узлами экспериментальной установки занимал слишком много времени.

Целью данной работы является исправление выявленных недостатков существующей экспериментальной установки, и дополнительная автоматизация процесса проведения испытания и измерений. Также было решено расширить сферу применения АПК добавив возможность изучения, кроме прочности, других механических свойств льда.

Каркас экспериментальной установки было решено изготавливать из модулей, распечатанных на 3D принтере пластиком PETG. Данный пластик не гигроскопичен и не разрушается при эксплуатации в условиях отрицательных температур, а также обладает высокой механической прочностью.

Были существенно доработаны электронные схемы и печатные платы блока управления, что привело к увеличению стабильности работы. Сам блок управления был помещен в пластиковый изолированный корпус, в котором поддерживается постоянная температура.

В результате проведенных работ по модернизации аппаратно-программного комплекса появилась возможность проводить изучения широкого круга вопросов, связанных с механическими свойствами льда. Также повысилась ремонтпригодность АПК.

1. Fofanov A., Volkov A., Orlov A., Development of a Hardware-Software Complex for Studying the Strength Properties of Ice, AIP Conference Proceedings 2015(1):020023 (2018).

## **ЗОНД БЛИЖНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Глотов В.В.\*, Ромашенко М.А., Глотова Т.С.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [vadik-livny@mail.ru](mailto:vadik-livny@mail.ru)

## **THE PROBE OF THE NEAR ELECTROMAGNETIC FIELD**

Glotov V.V., Romashchenko M.A., Glotova T.S.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

Abstract: the article describes the structures of near electromagnetic field probes.

Зонды ближнего поля являются инструментами для пространственно-количественной оценки излучений от печатной платы. Зонды реагируют определенным образом на ближнее поле и могут быть подключены к анализатору спектра для отображения в частотной области. Идеальный зонд должен выбрать только один из трех ортогональных компонентов электрического или магнитного поля. Малая конструкция петли и стержень конструкции, как правило, используются для H-полевых и E-полевых зондов, так как они имеют максимальную направленность вдоль некоторой оси.

Нами предложен зонд с использованием полужесткого коаксиального кабеля, как показано на рисунке. Он содержит один виток и изготовлен из 50 Ом полужесткого коаксиального кабеля и согнутого его в петлю, которая улавливает излучения поля перпендикулярно к отверстию контура. Внешний и внутренний проводник припаиваются к внешнему кабелю. Затем проводник разрезается в верхней точке петли. Три ортогональных компонент  $H$  поля,  $H_x$ ,  $H_y$ , а  $H_z$ , измеряют путем вращения зонда, чтобы выровнять контур в нужное направление.

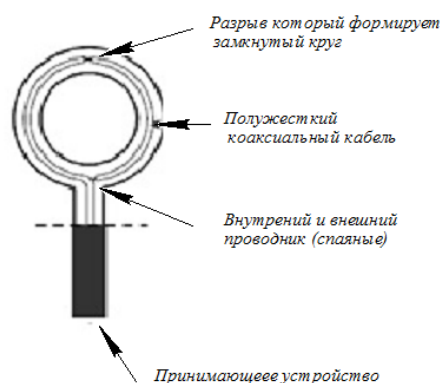


Рис.1.  $H$  – зонд с петлевой структурой

$E$ -зонд предназначен для измерения тангенциальных компонент  $E_x$  и  $E_y$ . Это сбалансированный дипольный провод, состоящий из двух 50 Ом полужестких коаксиальных кабелей и  $180^\circ$ -ого гибридного ответвителя. Внешние проводники двух кабелей спаяны вместе и имеющие одинаковую длину внутренних проводников, подвергаются сгибанию на  $90^\circ$  с образованием дипольной проволоки. Оголенные дипольный провод подхватывает тангенциальную компоненту  $E$ -поля.

Выходные сигналы двух кабелей поступают на входные порты на  $180^\circ$ -ый гибридный ответвитель, чтобы сбалансировать реакцию зонда. Если разделение двух проводов значительно меньше, чем длина волны измеряемого поля, паразитные реакции двух кабелей можно считать идентичными. Тогда разностный сигнал на выходе  $180^\circ$  соответствует желаемому соединению с тангенциальной составляющей  $E$ -поля.

1. Князев А. Д., Кечиев Л. Н. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. – М.: Радио и связь, 1989. – 224с.
2. <http://emc-problem.net>.

## ПРИБОРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПЛОТНОСТИ АДВЕКТИВНОГО ПОТОКА РАДОНА ИЗ ГРУНТА

Гордеев Г.С.<sup>1\*</sup>, Юрков И.А.<sup>1</sup>, Ярмошенко И.В.<sup>2</sup>, Ищенко А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт промышленной экологии УрО РАН

\*E-mail: [gordeev.g.s24@gmail.com](mailto:gordeev.g.s24@gmail.com)

Abstract. An automated system has been developed for measuring advective radon flux density with the function of creating a pressure gradient between the soil and the accumulation chamber. Also presents the technical characteristics of the developed system.

Радон – одноатомный газ, самый тяжёлый из инертных (в 7,5 раз тяжелее воздуха). Имеет четыре природных изотопа:  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{219}\text{Rn}$  и  $^{218}\text{Rn}$ . Все изотопы –  $\alpha$ -излучатели. Основной изотоп  $^{222}\text{Rn}$  является дочерним продуктом распада  $^{226}\text{Ra}$ , члена природного ряда  $^{238}\text{U}$ .  $^{222}\text{Rn}$  поступает в воздух жилищ из почвы под зданием и из строительных материалов. Ингаляционное облучение радоном и его радиоактивными дочерними продуктами распада является причиной рака легкого. Защита от радона – одна из актуальных проблем безопасности зданий. На стадии проектирования здания требуется проводить оценку радоноопасности площадки под строительство. В настоящее время для этого используются следующие методы: измерение плотности потока радона из грунта, измерение объёмной активности почвенного радона. Используемые в настоящее время методы измерения не предусматривают создание градиента давления, активирующего адвективный поток.

Метод оценки радоноопасности территории, который позволяет учитывать не только диффузионное, но и адвективное поступление был недавно разработан в ИПЭ УрО РАН [1]. Цель настоящего исследования – создание автоматизированной системы для измерения адвективной плотности потока радона с функцией создания градиента давления между грунтом и накопительной камерой.

Основные технические характеристики предложенной системы представлены в таблице 1. Данный метод позволяет производить автоматизированные измерения максимальной скорости поступления радона, диффузионной плотности потока радона, адвективной плотности потока радона и сопротивления почвы с заданным временным интервалом. Так же есть возможность автоматического изменения скорости прокачки для поддержания заданного давления на определенном уровне, что влечет за собой нормировку плотности потока радона на давление.

Таблица 1 – основные технические характеристики предложенной системы

Описание	Требуемые характеристики
Автоматизированная измерительная система	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T=0\div 50^{\circ}\text{C}</math></li> <li>• Автоматизированный режим работы</li> <li>• Защита от осадков и внешнего воздействия</li> <li>• Временной интервал измерения 2 минуты</li> </ul>
Средство измерения ОА радона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Диапазон измерений: <math>0\div 100</math> кБк/м<sup>3</sup></li> <li>• Работа при высокой влажности воздуха</li> <li>• Работа от внешнего ИП</li> </ul>
Источник питания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тип</li> <li>• Время непрерывной работы</li> <li>• Мощность</li> </ul>
Микроконтроллер	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вывод данных на внешний носитель</li> <li>• Объем памяти</li> <li>• Таймер-счетчик</li> </ul>
Дифференциальный манометр	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Диапазон измерений: <math>0\div 25</math> Па</li> <li>• Чувствительность измерений: 0,1 Па</li> <li>• Возможность вывода данных</li> </ul>
Расходомер	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Диапазон измерений: <math>0\div 10</math> л/мин</li> <li>• Чувствительность: 0,1 л/мин</li> <li>• Возможность вывода данных</li> </ul>
Насос (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Скорость прокачки: <math>0\div 10</math> л/мин</li> <li>• Возможность изменения скорости прокачки</li> </ul>

1. Ярмошенко И. В., Малиновский Г. П., Васильев А. В., Жуковский М. В. Восстановление формы и параметров распределения объемной активности радона в жилищах России на основе данных 4-ДОЗ // АНРИ. 2015. № 3 (82), С. 41-46.

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА С УЧЕТОМ АДВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА

Юрков И.А.<sup>1\*</sup>, Гордеев Г.С.<sup>1</sup>, Ярмошенко И.В.<sup>2</sup>, Ищенко А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт промышленной экологии УрО РАН

\*E-mail: [Igor\\_370@mail.ru](mailto:Igor_370@mail.ru)

Abstract. Measurement procedure has been developed for measuring advective radon flux density with a pressure gradient between the soil and the accumulation chamber. Some results from practical testing of the method are also represented.

Радон в жилых помещениях является актуальной проблемой для жителей России, так как более 10% населения имеют в своих домах объемную активность радона (ОА радона) выше 100 Бк/м<sup>3</sup> [1]. По данным объединенного анализа эпидемиологических исследований связи рака легкого с радоном дополнительный относительный риск при облучении радоном с ОА=100 Бк/м<sup>3</sup> в течение порядка 25 лет составляет примерно 16% [2]. Таким образом, при проектировании и строительстве зданий следует учитывать радоноопасность.

В газопроницаемой среде помимо диффузии необходимо учитывать перенос радона за счет градиента давления, который описывается законом Дарси [3]. Адвективный перенос, связанный с градиентом давления в системе грунт-здание, часто является доминирующим при формировании потока радона.

В ИПЭ УрО РАН был разработан метод оценки радоноопасности территории, который позволил проводить измерения с учетом двух механизмов переноса радона (диффузионный и адвективный) [4]. Результаты измерений, выполненные с использованием этого метода, демонстрируют необходимость учета адвективного механизма переноса радона при оценке радоноопасности территорий. Так на одной из площадок плотность потока радона при активации адвективного поступления превышала диффузионную в 8 раз [4].

Цель настоящего исследования – разработка методики измерений плотности потока радона с использованием автоматизированной системы, активирующей адвективный перенос радона.

Данная методика измерений была протестирована на экспериментальном полигоне с использованием прототипа автоматизированной системы. Было получено, что плотность адвективного потока радона превышает плотность диффузионного потока в среднем по полигону в 4 раза. Таким образом, данный метод позволяет проводить оперативную оценку радоноопасности участка под строительство с учетом двух основных механизмов переноса радона, что не приводит к заниженным оценкам. Накопительная камера большого объема, оснащенная системой воздухообмена, используемая для активации адвективного переноса, может рассматриваться в качестве простой модели здания.

1. Яρμοшенко И. В., Малиновский Г. П., Васильев А. В., Жуковский М. В. Восстановление формы и параметров распределения объемной активности радона в жилищах России на основе данных 4-ДОЗ // АНРИ. 2015. № 3 (82), С. 41-46.
2. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону / под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина // Перевод публикации 115 МКРЗ. Москва: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2013. – 92 с.
3. Bossew P. Mapping the Geogenic Radon Potential and Estimation of Radon Prone Areas in Germany. Radiation Emergency Medicine № 4(2), 2015. P. 13–20.
4. И. В. Яρμοшенко, Г. П. Малиновский, А. В. Васильев, М. В. Жуковский Метод измерения плотности потока радона из грунта, активированного градиентом давления // АНРИ. 2018. №2(93), С. 48-55.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗГОНА И ТОРМОЖЕНИЯ ИНЕРЦИОННОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ТЯГОВЫМ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

Каримов А.Р. \*, Молостов И.А.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [artur.karim@yandex.ru](mailto:artur.karim@yandex.ru)

## **INVESTIGATION OF THE PROCESSES OF ACCELERATION AND BRAKING OF AN INERTIAL VEHICLE WITH A TRACTION SYNCHRONOUS ENGINE**

Karimov A.R., Molostov I.A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

In this paper, we study the processes of acceleration and deceleration of an inertial vehicle with a traction synchronous engine, converter and frequency converter. As a result, a functional diagram of the electromechanical system was given.

На рисунке 1 показана функциональная схема ГСУ. Водитель путем нажатия на педаль акселератора или тормоза задает режим работы. Устройство управления движением (УУД) управляет конвертором и преобразователем частоты, обеспечивая поток энергии в прямом направлении или в обратном направлении, соответственно. А СД механический связан с трансмиссией ТС [1].

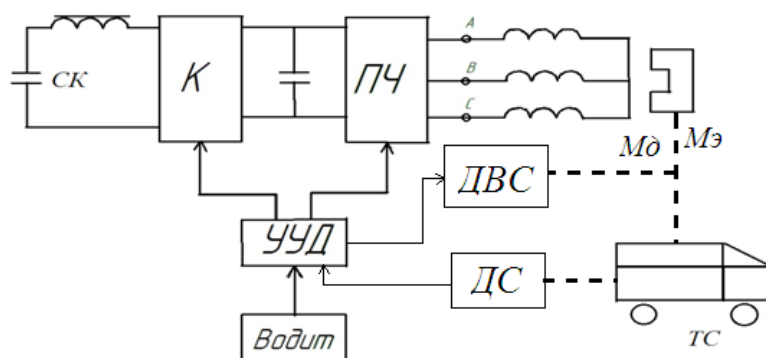


Рис.1. Функциональная схема ГСУ. СК– суперконденсатор, К– конвертор, ПЧ– преобразователь частоты, УУД– устройство управления движением, ДВС – двигатель внутреннего сгорания, ДС – датчик скорости, ТС– транспортное средство.

Рассмотрим электромеханическую систему, содержащую синхронный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов, преобразователь частоты, конвертор и суперконденсатор. Функциональная схема электромеханической системы представлена на рисунке 2. Накопителем электрической энергии является суперконденсатор  $C_1$ . Конвертор преобразует постоянное напряжение  $u_1$  в постоянное напряжение  $u_2$  при прямом потоке энергии. При этом токи  $i_1$  и  $i_2$  положительные, синхронная машина работает в двигательном режиме.

При обратном потоке энергии конвертор преобразует ток  $i_2$  в ток  $i_1$ . При этом оба тока отрицательные, т.е. в действительности текут влево, а синхронная машина работает в режиме генератора [1, 2].

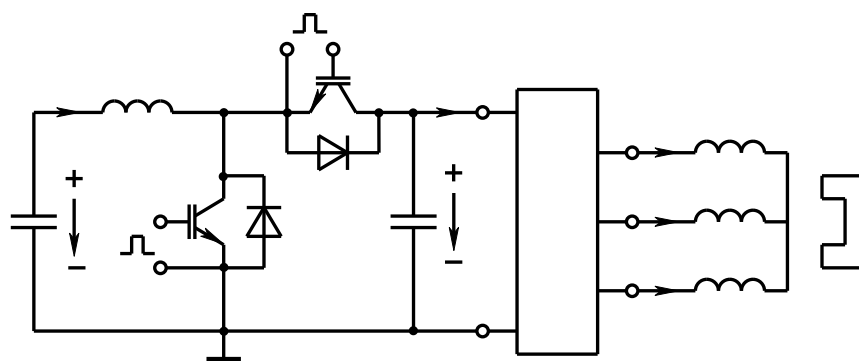


Рис. 2. Функциональная схема электромеханической системы

1. Афанасьев А.Ю. Основы автоматизированного электропривода. Казань, Издательство КГТУ им. А.Н.Туполева, 2005. – 122 с.
2. Гусаков С.В. Гибридные силовые установки на основе ДВС. – М.: Типография РУДН, 2008. – 185 с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ШИМ ПРИ ПИТАНИИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Каримов А.Р. \*, Крепышева Э.И.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [artur.karim@yandex.ru](mailto:artur.karim@yandex.ru)

## RESEARCH OF A FREQUENCY CONVERTER WITH PWM AT POWER SUPPLY ASYNCHRONOUS MOTOR

Karimov A.R.., Крепышева E.I.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

In this paper, a study of the frequency converter with PWM and with the correction signal when powering an induction motor. Experimental data were obtained and a plot of current versus various correction signals was plotted.

Асинхронный двигатель отличается от активно-индуктивной нагрузки тем, что между его фазами имеются взаимные индуктивности и ЭДС вращения. Следовательно, целью данного эксперимента является проверка алгоритма коррекции потенциала нейтрали асинхронного двигателя по предлагаемому оптимальному закону для минимизации мощности потерь в двигателе от пульсации токов его фаз на частоте ШИМ [1].

Чтобы ответить на этот вопрос, был проведен эксперимент с фиксированным выходным напряжением преобразователя частоты (ПЧ) в момент времени  $T_{и}/4$  при условиях: напряжение питания силовой части  $U_0 = 30$  В; частота ШИМ  $f = 500$  Гц; задающие напряжения с амплитудой  $\bar{U}_m = 0,48$  В; амплитуда пилообразного сигнала  $U_{пм} = 0,5$  В. В качестве нагрузки ПЧ использован асинхронный двигатель АИР63А2У3 мощностью 570 Вт.

В результате эксперимента получили несколько значений общего тока источника питания в зависимости от сигнала коррекции, т.е.  $I_{0,j} = f(u_{kj})$ .

Полученные результаты были обработаны методом квадратичной аппроксимации. В таблице 1 показаны полученные константы  $c_1, c_2, c_3$ , с.к.о.  $\sigma$  и  $\delta$ . На рисунке 1 показана полученная зависимость  $\bar{I}_0(u_k)$  после аппроксимации. На рисунке экспериментальные результаты показаны кружками, также минимум функции  $\bar{I}_0(u_k)$  показан белым кружком [1, 2].

Результаты измерений

$c_1$	$c_2$	$c_3$	$\sigma$	$\delta$
1263,2	611	125,1	0,1692	0,0134e-2

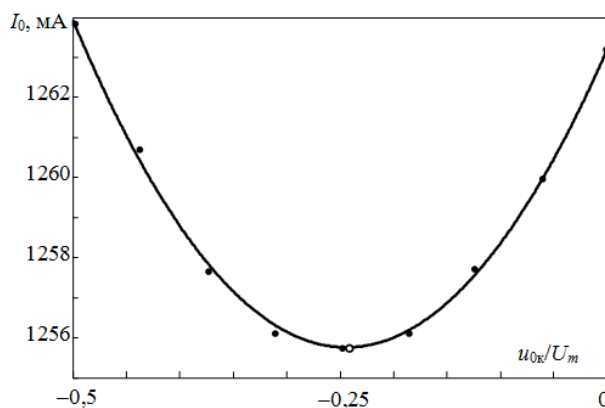


Рис.1. Общий потребляемый ток при питании асинхронного двигателя от ПЧ при разных сигналах коррекции в момент времени  $t = T_n/4$

В результате данного эксперимента видно, что при питании асинхронного двигателя от ПЧ с ШИМ мощность потерь в двигателе от пульсации токов на частоте ШИМ имеет минимум при оптимальной коррекции по формуле

$$u_k(t) = \frac{\bar{U}_m}{4} \sin(3\omega_n t).$$

1. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0.– Санкт-Петербург: Корона принт, 2001.– 320 с.

## ПРИБОРНЫЙ КОНТРОЛЬ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ И ФАЗОВОГО СОСТАВА КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ

Ригмант М.Б.<sup>1</sup>, Корх М.К.<sup>1</sup>, Кочнев А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kochnev\\_s@inbox.ru](mailto:kochnev_s@inbox.ru)

## INSTRUMENTAL CONTROL OF MAGNETIC PROPERTIES AND PHASE COMPOSITION OF CORROSION-RESISTANT CHROMIUM-NICKEL STEELS

Rigmant M.B.<sup>1</sup>, Korkh M.K.<sup>1</sup>, Kochnev A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Instrumental developments for express control of the phase composition and magnetic properties of austenitic-ferritic steels at the Institute of Metal Physics, which are conducted jointly with students of the Ural Federal University, are presented.

Для сталей аустенитного класса требуемый уровень технологических и эксплуатационных свойств на этапе получения аустенитного материала главным образом обеспечивается соблюдением заданного СФФ - содержания ферритной фазы ( $\alpha$ -фаза) являющейся ферромагнетиком. В связи с этим приоритет в ферритометрии получили магнитные методы и средства неразрушающего контроля СФФ, в которых процент СФФ определяется как отношение намагниченности насыщения контролируемого материала к намагниченности насыщения материала, содержащего в своем составе 100% фазы феррита. В Институте физики металлов УрО РАН (ИФМ УрО РАН) разрабатываются приборы, как для локального, так и для объемного контроля содержания фазы феррита ( $\alpha$ -фазы) в готовых изделиях. С помощью таких приборов осуществляется измерение напряженности магнитных полей рассеяния изделия, или участка изделия, намагниченных с помощью локальных магнитов большой мощности до величины близкой к техническому насыщению. При этом поле самих магнитов не влияет на магнитоизмерительный преобразователь, так как измерительные элементы магнитного поля расположены на нейтральной оси локальных магнитов. Величина измеряемого поля рассеяния однозначно связана с содержанием ферритной фазы в контролируемом изделии. Последней разработкой для измерения СФФ является прибор «Ферритометр ФМ-3 ИФМ», включающий в себя, в том числе, плату АЦП для компьютерной обработки полученных данных. Прибор измеряет содержание феррита от 0,1 до 20 %, с относительной погрешностью не более 10 процентов. «Ферритометр ФМ-3 ИФМ»

может измерять не только величину СФФ, как это принято в России, но и значение ферритного числа FN, как это принято за рубежом[1-3].

Для контроля магнитного состояния маломагнитных сталей, содержание ферромагнитных фаз в которых может составлять сотые и тысячные доли процента, используется такой параметр, как относительная магнитная проницаемость  $\mu$ . С этой целью в ИФМ УрО РАН разработаны приборы, позволяющие осуществлять контроль величины  $\mu$ , которая, в случае маломагнитных аустенитных сталей может лежать в интервале  $1,003 \leq \mu \leq 1,2000$ . К таким приборам относятся измерители относительной магнитной проницаемости локального типа «ИМПАС» и «ФерроКОМПАС». Прибор «ФерроКОМПАС» (Ферро - контактный определитель магнитной проницаемости аустенитных сталей) проходит испытания в Уральском научно-исследовательском институте метрологии (УНИИМ) для внесения в Государственный реестр РФ [4-6]. Данные приборы в настоящее время не имеют аналогов среди отечественных разработок.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3)*

1. Ригмант М.Б., Ничипурук А.П., и др. Дефектоскопия, 2005, № 11, с.3-15.
2. Ригмант М.Б., Ничипурук А.П. и др. Дефектоскопия, 2012, № 9, с. 19-23.
3. Корх М.К., Ригмант М.Б., и др. Дефектоскопия, 2015, № 12, с. 20—31.
4. Ригмант М.Б. Дефектоскопия 2018, №2, р.27 (14 pp.) 2018
5. Ригмант М.Б., Корх М.К. МНИЖ 2018, Т.11 (77), №1, с.74-79.
6. Muraviev V.V., Muravieva O.V. AIP Conf. Proc. **2053** №, p.20007 (5 pp.) 2018

## СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Корниенко М.Е.<sup>1\*</sup>, Звонарев С.В.<sup>2</sup>

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maksikorn766@gmail.com](mailto:maksikorn766@gmail.com)

## THE ERROR REDUCTION OF COORDINATES DETERMINATION OF ACOUSTIC EMISSION SOURCES

Kornienko M.E.<sup>1\*</sup>, Zvonarev S.V.<sup>2</sup>

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

**Annotation.** In this paper, passive filters were developed that allow recording acoustic emission signals in a given frequency range. The main goal was to reduce the error in determining the coordinates with the acoustic emission method of controlling extended objects.

Разрабатываемые пассивные фильтры будут использоваться на датчиках акустической эмиссии SNK-15, в которых используется пьезоэлемент с резонансной частотой 100 кГц и емкостью 220 пФ. Сборка пассивного фильтра производилась на односторонней печатной плате из текстолита. Испытания собранных пассивных фильтров проводились на калибровочном блоке, соответствующем требованиям РД 03-300-99. По полученным данным с помощью быстрого преобразования Фурье проводился анализ частотного спектра сигнала, поступающего с эталонного и рабочего преобразователя акустической эмиссии. Далее проводился сравнительный анализ амплитудно-частотных характеристик калибруемого преобразователя с установленным фильтром и эталонного. После чего проводилось повторение эксперимента с другим фильтром.

В результате работы была разработана серия пассивных фильтров для преобразователя акустической эмиссии, с помощью которых реализуется снижение погрешности определения координат источника акустической эмиссии на протяженном объекте.

Разработанные пассивные фильтры позволят регистрировать сигналы акустической эмиссии в заданном диапазоне частот, повысят чувствительность преобразователя акустической эмиссии в указанном диапазоне.

1. Иванов В.И., Белов В.М. Акустико-эмиссионный контроль сварки и сварных соединений. – М.: Машиностроение. 1981. – 184 с.
2. Серьезнов А.Н., Диагностика объектов транспорта методом акустической эмиссии[Текст] / А.Н. Серьезнов, Л.Н. Степанова, В.В. Муравьев– М.: Машиностроение, 2004. – 368 с.
3. Кузьмин А.Н., Акустико-эмиссионная диагностика коррозионных дефектов трубопроводов [Текст] / А.Н. Кузьмин [и др.] // ТехНАДЗОР. – 2007. – 357.

## ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА ИНТРОТЕСТ-1М

Котельников А.В.<sup>1\*</sup>, Бирюков Д.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kotelok.andrey@gmail.com](mailto:kotelok.andrey@gmail.com)

## PROGRAM MODEL OF THE ULTRASONIC FLAW DETECTOR INTROTEST-1M

Kotelnikov A.V.<sup>1\*</sup>, Birukov D.U.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The program model of the ultrasonic flaw detector Introtest-1M is used to familiarize users with the control interface and the settings menu of the flaw detector Introtest-1M.

Программная модель ультразвукового дефектоскопа Интротест-1М [1] применяется для ознакомления пользователей с интерфейсом управления и меню настроек дефектоскопа Интротест-1М. Данная программа полностью моделирует принцип взаимодействия пользователя с дефектоскопом Интротест-1М. Программа содержит такие меню настроек, как: «Усиление», «Строб 1», «Строб 2», «ПЭП», «Экран», «Просмотр», «Опции» (рис. 1).

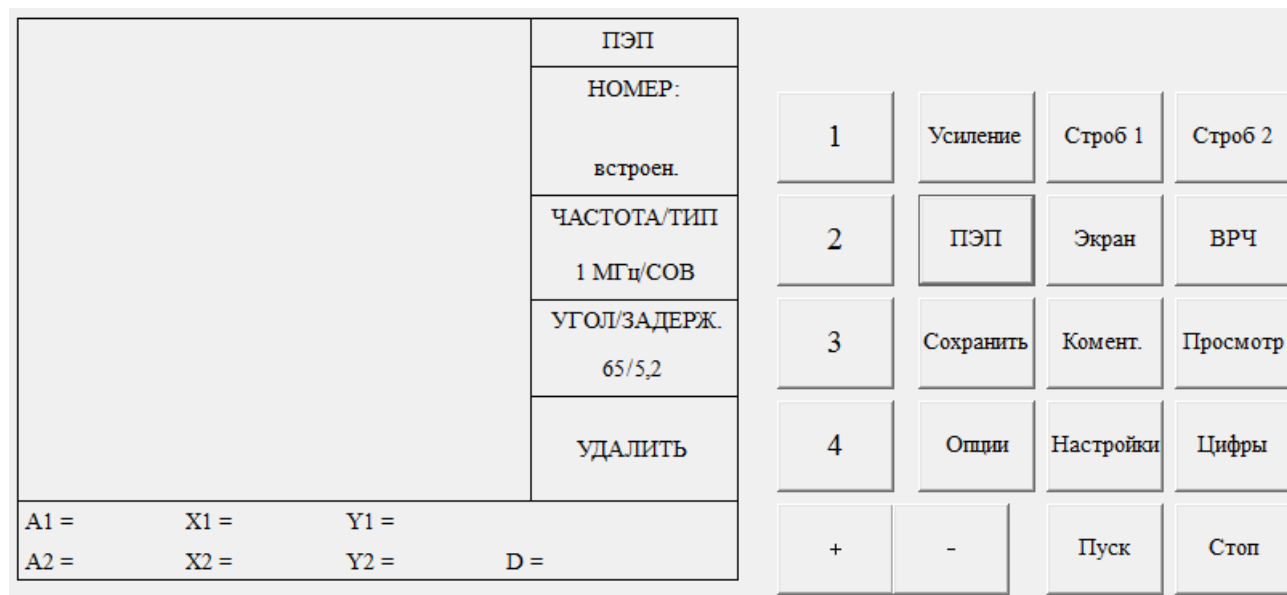


Рис. 1. Интерфейс ультразвукового дефектоскопа Интротест-1М

Все параметры в представленных меню можно изменять с помощью кнопок «+» и «-», а также с помощью непосредственного ввода, как это осуществляется в реальном дефектоскопе. Возможность трансляции интерфейса программы на

экране проектора и мультимедийных экранах позволяет демонстрировать работу дефектоскопа группе студентов с целью их практического обучения.

1. А.Ф. Зацепин, Д.Ю.Бирюков. Современные компьютерные дефектоскопы для ультразвуковых исследований и неразрушающего контроля. Учебное пособие. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та (2016).

## **МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ**

Красноборова Е.А.\*, Моисейкин Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [hellsing1155@gmail.com](mailto:hellsing1155@gmail.com)

## **THE CONTROL MODULE OF SHAFT ENGINE ROTATION SPEED**

Krasnoborova E.A. \*, Moiseykin, E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The speed control module has been developed. The device consist of electrical amplifiers, the Hall sensor, the optical sensor and the engine with a disc.

Регулирование скорости вращения вала электродвигателя требуется во многих технологических процессах, например, для контроля эффективности различных насосов, при изменении скорости подвижных механических компонентов и др. Во многих случаях это позволяет экономить электроэнергию, снижать акустические шумы и устанавливать требуемую производительность. Частоту вращения чаще всего определяют косвенным путём – с помощью тех или иных преобразователей механической величины в электрическую. Приборы, способные производить подобные преобразования, зачастую измеряют параметр выходного напряжения или частоту переменного тока какого-либо датчика, регистрирующего пропорциональное изменение этого параметра от скорости.

В рамках данной работы был разработан модуль управления скоростью вращения вала, структурная схема которого представлена на рисунке 1. Как видно модуль включает в себя электронные блоки, двигатель с прикрепленным диском, датчик Холла и оптодатчик. Специально изготовленный диск имеет отверстия и установленный постоянный магнит для функционирования оптодатчика и датчика Холла, соответственно.

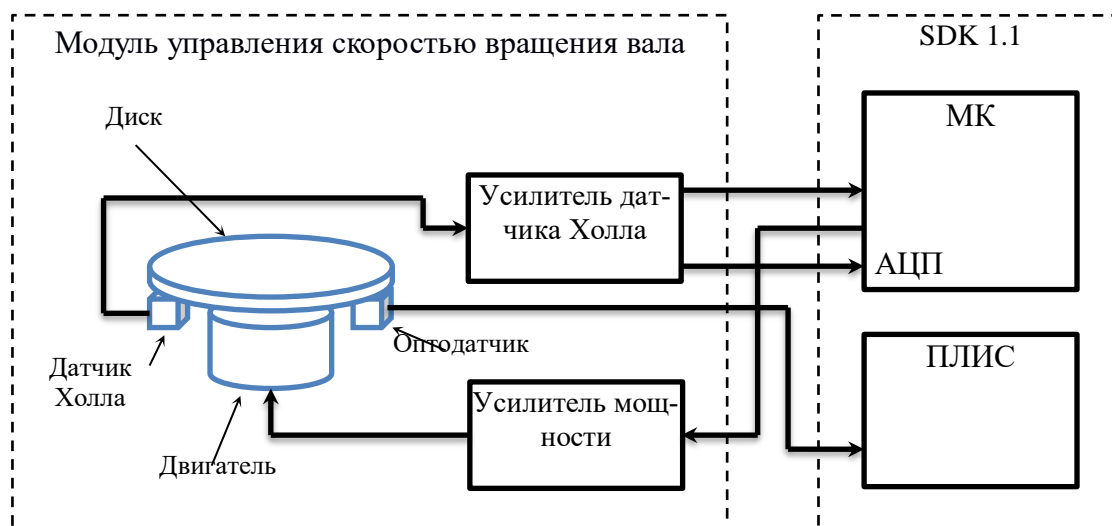


Рис. 1. Структурная схема модуля управления скоростью вращения вала и стенда SDK 1.1.

Контроль скорости вращения вала двигателя осуществляется с помощью датчика Холла и оптодатчика. Усилитель датчика Холла формирует сигнал синусоидальной и прямоугольной формы пропорционально измеряемой напряженности магнитного поля. Полученная информация поступает на соответствующие входы МК учебного стенда SDK 1.1, который использовался как устройство управления разработанного модуля. В качестве оптодатчика применялся ИК-приемник с цифровым выходом, подключенным к порту ввода ПЛИС стенда.

Изменение скорости вращения вала двигателя производится аналоговым сигналом, который формируется ЦАП микроконтроллера с последующим усилением по мощности.

1. Кобус А., Тушинский Я., Датчики Холла и магниторезисторы, М.: Энергия (1971).
2. Хоровиц П., Искусство схемотехники: В 3 тома: Т.1. Пер. с англ. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Мир (1993).
3. Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А., Измерительная техника, М.: Высшая школа (1991).
4. Шейн А.Б., Лазарева Н.М., Методы проектирования электронных устройств, Инфра-Инженерия (2011).

## УСТОЙЧИВОСТЬ РАВНОВЕСИЯ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Крепышева Э.И.

Казанский национальный исследовательский технический университет им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [elmira.krepysheva@mail.ru](mailto:elmira.krepysheva@mail.ru)



## STABILITY OF EQUILIBRIUM IN AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

Krepysheva E.I.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

In this paper, a graphical analysis of the stability of equilibrium in an asynchronous electric drive. It is proved that stable operation of the electric drive is achieved only at a frequency of rotation that is more critical.

Рассмотрим асинхронный электропривод с постоянным статическим моментом. На рис. 1 показаны механические характеристики электродвигателя и исполнительного механизма. Справедливо уравнение механики [1, 2]:

$$J d\omega/dt = M_{\text{Э}} - M_{\text{с}}$$

При установившемся режиме скорость вращения ротора двигателя постоянна, угловое ускорение равно нулю и получается равенство:

$$M_{\text{Э}} = M_{\text{с}}$$

Этому равенству удовлетворяют две точки  $a$  и  $b$ , в которых скорости вращения имеют значения  $\omega_a$  и  $\omega_b$ .

Рассмотрим точку  $a$ . Допустим, что под внешним воздействием скорость вращения снизилась до значения  $\omega_a'$ . При этом выполняются соотношения  $\omega_a'$ :  $M_{\text{Э}} < M_{\text{с}}$ ,  $\varepsilon < 0$ ,  $\omega$  уменьшается.

Если скорость вращения возросла от  $\omega_a$  до значения  $\omega_a''$ , то справедливы соотношения:  $\omega_a''$ :  $M_{\text{Э}} > M_{\text{с}}$ ;  $\varepsilon > 0$ ,  $\omega$  возрастает.

Видно, что рабочая точка при любом отклонении в дальнейшем еще сильнее отклоняется от точки  $a$ . Значит, равновесие в точке  $a$  неустойчиво.

Теперь рассмотрим точку  $b$ . Допустим, что под внешним воздействием скорость вращения снизилась до значения  $\omega_b'$ . При этом выполняются соотношения:  $\omega_b'$ :  $M_{\text{Э}} > M_{\text{с}}$ ,  $\varepsilon > 0$ ,  $\omega$  возрастает.

Если скорость вращения возросла от  $\omega_b$  до значения  $\omega_b''$ , то справедливы соотношения  $\omega_b''$ :  $M_{\text{Э}} < M_{\text{с}}$ ,  $\varepsilon < 0$ ,  $\omega$  уменьшается.

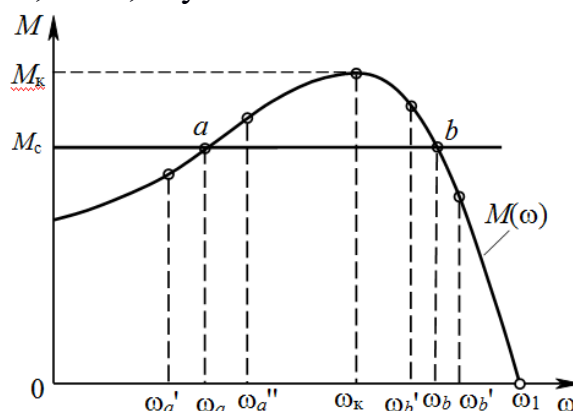


Рис. 1. Анализ устойчивости равновесия

Видно, что рабочая точка при любом отклонении в дальнейшем возвращается в точку  $b$ . Значит, равновесие в точке  $b$  устойчиво. При постоянном статическом

момента нагрузки  $M_c$  возможна устойчивая работа электропривода только при частоте вращения, большей критической.

В общем случае условие устойчивости имеет вид:

$$\frac{dM_c}{d\omega} > \frac{dM_\varepsilon}{d\omega}.$$

Такое неравенство наблюдается при вентиляторной нагрузке.

1. Афанасьев А. Ю. Основы автоматизированного электропривода. Учебное пособие.– Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005.– 125 с.
2. Петров Ю.П. Оптимальное управление электроприводом.– М., Л.: Госэнергоиздат, 1961.– 187 с.

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОКАМИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Крепышева Э.И.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [elmira.krepysheva@mail.ru](mailto:elmira.krepysheva@mail.ru)

## OPTIMAL CONTROL OF CURRENT MOTORS CURRENT WITH INDEPENDENT EXCITATION

Krepysheva E.I.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

This paper addresses the issue of optimal control of motor currents with independent excitation. A general formula has been derived, which ensures minimum losses when creating the required electromagnetic moment.

Оптимальные характеристики синхронного двигателя зависят не только от его параметров, но и от соотношений между ними. Для определения одного из основных соотношений, рассмотрим задачу оптимального управления токами двигателя постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) в стационарном режиме, а именно обеспечение минимально возможных потерь в обмотке якоря и обмотке возбуждения при создании требуемого электромагнитного момента [1, 2]. Традиционно решение данной задачи находится при условии, что магнитный поток машины и, соответственно, потери в обмотке возбуждения являются постоянными, вследствие чего обеспечить минимальные потери в ДПТ НВ можно, регулируя только ток якоря двигателя.

Однако двигатель независимого возбуждения имеет два параметра, которые можно регулировать независимо друг от друга – ток якоря и магнитный поток. Предположим, что до точки насыщения магнитный поток пропорционален току

обмотки возбуждения. Тогда задача оптимального управления при одновременном изменении тока якоря и магнитного потока сводится к следующей задаче Лагранжа: определить значения тока якоря  $i_{\text{я}}$  и тока возбуждения  $i_f$ , создающие требуемый электромагнитный момент  $M^0$ , при минимальных потерях в обмотке якоря и обмотке возбуждения, т.е.

$$P = R_{\text{я}} i_{\text{я}}^2 + R_f i_f^2 \Rightarrow \min . \quad (1)$$

Электромагнитный момент ДПТ определяется по формуле:

$$M = c\Phi i_{\text{я}} = ck_{\Phi} i_f i_{\text{я}}. \quad (2)$$

Метод множителей Лагранжа позволяет получить следующие формулы для функции Лагранжа и условий ее стационарности [2]:

$$V = \frac{1}{2} (R_{\text{я}} i_{\text{я}}^2 + R_f i_f^2) + \lambda (ck_{\Phi} i_f i_{\text{я}} - M^0) \Rightarrow \text{stat}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial V}{\partial i_{\text{я}}} = R_{\text{я}} i_{\text{я}} + \lambda ck_{\Phi} i_f = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial V}{\partial i_f} = R_f i_f + \lambda ck_{\Phi} i_{\text{я}} = 0. \quad (5)$$

Из формул (4), (5) следуют следующие соотношения:

$$R_{\text{я}} i_{\text{я}}^2 = R_f i_f^2, \quad (6)$$

$$\frac{i_{\text{я}}}{i_f} = \sqrt{\frac{R_f}{R_{\text{я}}}}. \quad (7)$$

Таким образом, для того чтобы обеспечить минимум потерь при создании требуемого электромагнитного момента в ДПТ НВ необходимо, чтобы мощности потерь в обмотках якоря и возбуждения были одинаковы, а это возможно при обеспечении указанного в формуле (7) соотношения между токами и сопротивлениями обмоток якоря и возбуждения.

1. Афанасьев А. Ю. Основы автоматизированного электропривода. Учебное пособие. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005. – 125 с.
2. Петров Ю.П. Оптимальное управление электроприводом. – М., Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 187 с.

## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГАММА-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Купчинская Е.А.<sup>1\*</sup>, Купчинский А.В.<sup>1</sup>, Игнатьев О.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [e.a.kupchinskaya@urfu.ru](mailto:e.a.kupchinskaya@urfu.ru)

## METHODS OF GAMMA-IMAGES ACQUISITION

Kupchinskaya E.A.<sup>1\*</sup>, Kupchinsky A.V.<sup>1</sup>, Ignatyev O.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Obtaining images from  $\gamma$ -sources is a problem when treating radioactive materials. There are three main methods for constructing gamma-imagers: space scanning with a collimator, using coding masks and the Compton camera. Also, a combination of them may be realized.

Гамма-визор - это прибор, предназначенный для визуального отображения источников гамма-излучения. Наиболее востребован он в астрономии, но может применяться и в других сферах, таких как работа с радиоактивными отходами, обеспечение безопасности и т.п.

Гамма-излучение, в отличие от оптического, не подчиняется законам преломления, что порождает проблему получения изображений от  $\gamma$ -источников. В настоящее время существуют три метода ее решения.

### 1. Сканирование пространства с использованием коллиматора

Данный метод предполагает использование  $\gamma$ -детектора с коллиматором. Толщина и материал коллиматора выбираются таким образом, что вероятность прохождения излучения сквозь него много меньше, чем через его отверстие. Сканируя окружающее пространство с заданным шагом и экспозицией в каждой точке, получаем гамма-изображение.

К преимуществам данного метода можно отнести простоту конструкции гамма-визора, высокое пространственное разрешение, широкой угол обзора (4 $\pi$ ). Существенным недостатком данного метода является длительное время получения изображения – от десятков минут до нескольких часов.

### 2. Использование кодирующих масок

Данный метод предполагает использование более сложного в сравнении с предыдущим позиционно-чувствительного детектора (ПЧД)  $\gamma$ -излучения совместно с кодирующей маской. Кодирующая маска представляет собой пластину с набором отверстий. Излучение проходит через отверстия без изменения и ослабляется в местах прохождения через маску, формируя теневое изображение на детекторе. По теневому изображению восстанавливается позиция источника излучения.

Преимуществами метода кодирующих масок является быстрое получение изображения, малый вес конструкции (нет необходимости ставить защиту со всех сторон детектора).

Из недостатков следует отметить как сложность конструкции ПЧД, так и сложность восстановления изображения. Также система имеет ограниченный угол обзора и рабочий энергетический диапазон (до 1 МэВ).

### 3. Комптоновские камеры

Гамма-визор на основе эффекта Комптона предполагает использование двух позиционно-чувствительных детекторов. В первом детекторе – рассеивателе – происходит комптоновское рассеяние  $\gamma$ -кванта, во втором детекторе – поглотителе – происходит полное поглощение рассеянного  $\gamma$ -кванта. Оба детектора фиксируют как энергию, так и координаты попадания кванта. На основе этих данных определяется область возможного расположения источника излучения. По мере набора статистики местоположение источника уточняется.

Данный метод является промежуточным между предыдущими двумя по времени получения изображения и по углу обзора. Он хорошо работает на высоких энергиях (0,5-3 МэВ), но является наиболее сложным по конструкции.

Реальные приборы используют как перечисленные методы по отдельности, так и их комбинации.

1. Мартынюк Ю.Н., Вишневский И.Б., АНРИ, 4, 13 (2016)
2. Kong Y., Brands H. et al., IEEE Trans. Nucl. Sci., 60, 2, 1066 (2013)

## КОРРЕКЦИЯ ХОДА С ЖЕСТКОСТЬЮ В ПРЯМОПОКАЗЫВАЮЩЕМ ГАММА-ДОЗИМЕТРЕ

Купчинский А.В.<sup>1\*</sup>, Купчинская Е.А.<sup>1</sup>, Игнатьев О.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.v.kupchinsky@urfu.ru](mailto:a.v.kupchinsky@urfu.ru)

## THE ENERGY DEPENDENCE OF SENSITIVITY CORRECTION FOR THE DIRECT-READING DOSIMETER

Kupchinsky A.V.<sup>1\*</sup>, Kupchinskaya E.A.<sup>1</sup>, Ignatyev O.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The idea of creating a direct-reading dosimeter based on an existing  $\beta$ -radiometer cell using a  $\gamma$ -electron converter was considered. The form and material of the converter are selected according to the GEANT4 simulation results in order to minimize the energy dependence of sensitivity.

Энергетическая зависимость чувствительности дозиметра, также известная как ход с жесткостью, негативно сказывается на точности измерения дозы промышленными дозиметрами. При создании нового дозиметра следует исследовать вопрос о величине его хода с жесткостью для обеспечения наилучшей точности измерения дозы.

Было предложено создать прямопоказывающий дозиметр на основе ячейки  $\beta$ -радиометра, выпускаемой лабораторией ЭРП. Ячейка состоит из пластикового сцинтиллятора (параллелепипеда размерами 5\*5\*0,1 см) и кремниевого фотоумножителя. Она регистрирует электроны в счетном режиме, в то время как для измерения дозы нужно регистрировать  $\gamma$ -кванты с учетом их вклада в дозовую нагрузку. В связи с этим было решено использовать  $\gamma$ -электронный конвертор.

Идея заключается в том, чтобы расположить поверх ячейки  $\beta$ -радиометра конвертор – металлическую пластину переменной толщины.  $\gamma$ -кванты, взаимодействуя с конвертором, должны порождать электроны, а ячейка будет их регистрировать. Путем подбора соотношений толщины и площади участков конвертора предполагалось варьировать вероятность взаимодействия  $\gamma$ -квантов различных энергий с целью уменьшения энергетической зависимости чувствительности дозиметра.

Было проведено моделирование с помощью пакета GEANT4. Исследована зависимость хода с жесткостью для энергий 20-3000 кэВ от толщины, формы и материала конвертора, а также от порога дискриминатора ячейки. Согласно полученным результатам, наиболее эффективной оказался ступенчатый  $\gamma$ -электронный конвертор пирамидальной формы из латуни.

Планируется проведение экспериментальной проверки полученных результатов моделирования на реальной ячейке, что позволит уточнить данные и продолжить исследование.

## DEVELOPMENT OF SETUP FOR MEASURING MAGNETIC PROPERTIES OF MATERIALS IN A CLOSED MAGNETIC CIRCUIT

Maltseva V.E.<sup>1\*</sup>, Volegova E.A.<sup>1,2</sup>, Volegov A.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Scientific Research Institute for Metrology

\*E-mail: [viktoriya.maltseva@urfu.ru](mailto:viktoriya.maltseva@urfu.ru)

## РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ В ЗАМКНУТОЙ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ

Мальцева В.Е.<sup>1\*</sup>, Волегова Е.А.<sup>1,2</sup>, Волегов А.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет, Россия

<sup>2)</sup> Уральский научно-исследовательский институт метрологии

Measurement of magnetic characteristics of different materials is of increasing practical interest both in terms of the use of materials as functional and structural. To measure the properties of magnetically hard materials in a closed magnetic circuit assembled installation and developed software. The result is a setup that allows measuring the dependence of the properties of magnetic materials on various parameters.

Магнитные гистерезисные свойства материалов определяются как их химическим и фазовым составом, так и микроструктурным состоянием. С одной стороны, направленное изменение микроструктуры материала позволяет варьировать его магнитные свойства и использовать такие материалы в качестве функциональных, с другой стороны, механические свойства материалов могут быть оценены исходя из знания химического состава и магнитных свойств. Такие методы применяются для неразрушающего контроля. Применение магнитных материалов и изделий из них в современных устройствах требует высокой точности измерений магнитных свойств первых. Функциональные магнитные материалы нашли применение в энергетике, ВПК, космической технике, бытовых приборах и устройствах и др. Конструкционные материалы, широко применяемые в различных отраслях, включая атомную энергетику, газо- и нефтедобычу, транспорт, так же должны проходить неразрушающий контроль, в том числе, магнитными методами. Так, например, известно, что изменение содержания ферритной фазы в сварном шве за счет легирования или термообработки приводит к изменению его механических свойств в несколько раз. Пределы текучести и прочности при достаточно высокой пластичности и вязкости шва достигают максимума при равном процентном содержании в нем аустенитной и ферритной фаз [1].

В настоящее время, российская промышленность не выпускает средства измерений и контроля магнитных свойств материалов в замкнутой магнитной цепи. Импортное оборудование, предназначенное для таких измерений, имеет закрытое программное обеспечение, что затрудняет испытание и поверку магнитоизмерительных установок и комплексов поэлементно. Частично проблема решается применением стандартных образцов утвержденного типа.

Цель настоящей работы заключается в разработке установки, предназначенной для измерения магнитных свойств ферро- и ферромагнитных материалов в замкнутой магнитной цепи, с обеспечением прослеживаемости до ГЭТ 198-2017 [2].

Установка состоит из тесламетра FH-54, предназначенного для измерения напряженности магнитного поля в образце с учетом граничных условий; флюксметра EF-5 для измерения величины магнитного потока в зазоре электромагнита; системы измерительных катушек для измерений намагниченности ( $J$ ) и напряженности магнитного поля ( $H$ ); электромагнита; однополярного лабораторного источника питания с системой переключения полярности; персонального компьютера.

Результатом работы является измерительная система кривых намагничивания и петель магнитного гистерезиса ферро- и ферромагнитных материалов. Обеспечена прослеживаемость к первичным эталонам РФ.

В докладе будет приведено детальное описание установки и алгоритмов ее функционирования.

1. Волченко В.Н., Ямпольский В.М., Сварка и свариваемые материалы, МГТУ им. Н.Э. Баумана (1996).
2. Volegova E.A., Malygin M.A., Maslova T.I., Volegov A.S., Measurement Techniques, 61, 3, 199-202, (2018).



## **МОДУЛЬ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА ШИРОКОЗОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВЫХ СРЕДАХ**

Мартемьянов Н.А., Угланов Е.А., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [n.a.martemianov@urfu.ru](mailto:n.a.martemianov@urfu.ru)

### **MODULE FOR HIGH-TEMPERATURE ANNEALING OF WIDEGAP MATERIALS IN VARIOUS GASES**

Martemyanov N.A., Uglanov E.A., Vokhmintsev A.S. Weinstein I.A.

NANOTECH Centre, Ural Federal University, Mira street, 19, Yekaterinburg, Russia

The module is developed for high-temperature annealing of samples in air, in vacuum and in various gaseous environments. The module includes two independent heaters with a maximum temperature of up to 950 °C and up to 1300 °C with the possibility of programmed heating control. For vacuuming and gas supply, the corresponding systems of the module for plasma-chemical deposition and etching of the Nanofab 100 platform are used.

Высокотемпературная обработка является широко распространенным этапом при изучении физико-химических свойств перспективных неорганических материалов. Как правило, указанная процедура реализуется в вакууме, на воздухе или в необходимой газовой атмосфере в зависимости от поставленных целей. С помощью высокотемпературного отжига, как правило, регулируют содержание дефектов в исследуемых образцах, проводят твердофазный синтез новых функциональных структур, осуществляют заданные фазовые превращения в уже синтезированных материалах, одним словом, решают множество различных научно-технологических задач. В настоящей работе описан оригинальный модуль высокотемпературной обработки широкозонных материалов в различных режимах.

Созданный модуль включает в себя два независимых блока, которые осуществляют нагрев образцов до 950 °C и 1300 °C. Каждый блок имеет свою систему управления и контроля температуры с помощью электронного регулятора Термодат. Отжиг образцов различной природы может одновременно осуществляться по двум независимым температурным алгоритмам.

На рис.1 представлена схема вакуумной части разработанного высокотемпературного модуля. Для откачки воздуха до уровня  $10^{-4}$  мБар используется вакуумная система серийной установки PE02FAB плазмохимического осаждения и травления платформы «Нанофаб 100», которая оснащена форвакуумным и турбомолекулярным насосами. Вакуумирование реакторных камер может производиться независимо.

Для заполнения реакторной области необходимым газом применяются стандартные баллоны. В случае формирования газовой смеси с заданным соотношением используется система газоподачи модуля PE02FAB. Точность регулирования состава смеси достигает 1 ссст. При этом предусмотрена возможность одновременной подачи в реакторную область до четырех видов газов. Подача

разных газовых смесей в реакторы нагревательных блоков может быть осуществлена независимо друг от друга. Разработанный в настоящей работе высокотемпературный модуль был протестирован на примере вакуумной термообработки с заданными параметрами широкозонных наноструктур на основе тугоплавких нитрида бора и оксида алюминия.

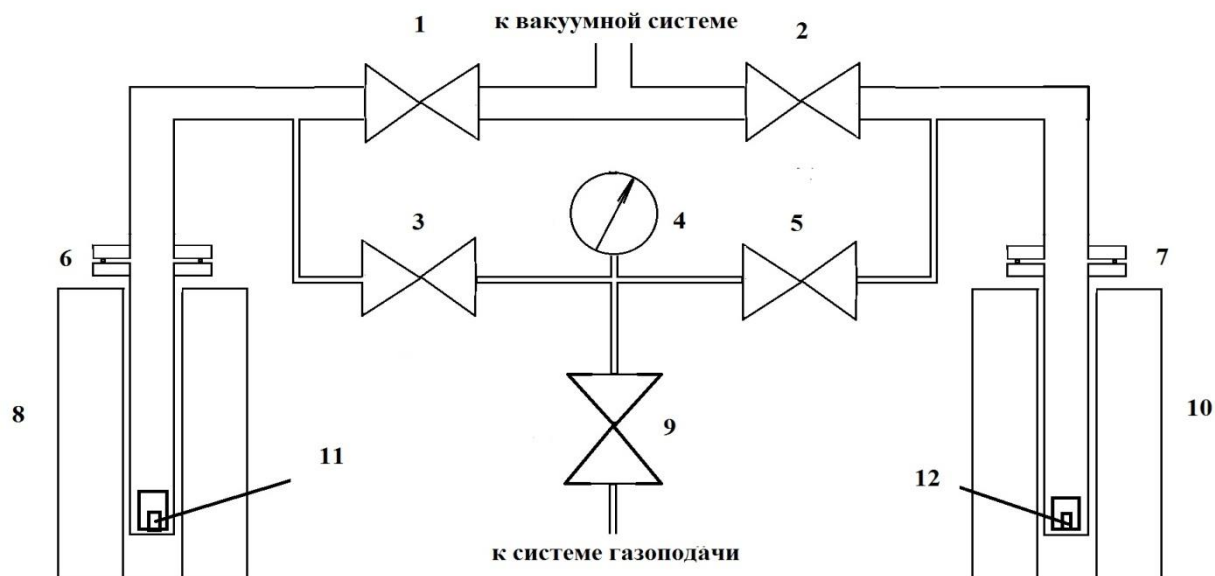


Рис. 1. Схема вакуумной части модуля. 1, 2 – вакуумные краны; 3, 5, 9 – краны системы топливоподдачи; 4 – манометр; 6, 7 – быстроразъёмные фланцы; 8, 10 – нагревательные блоки; 11, 12 – образец в тигле.

## ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗМЕРЕНИЕ УЭС МАТЕРИАЛА СО КРЕМНИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО

Мехонцева Г.И.<sup>1\*</sup>, Гонтарь Л.А.<sup>1</sup>, Терентьев Г.И.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский научно-исследовательский институт метрологии, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mekhontseva.galina@yandex.ru](mailto:mekhontseva.galina@yandex.ru)

## EVALUATION OF FACTORS INFLUENCING THE MEASUREMENT OF ELECTRICAL RESISTIVITY OF MATERIAL OF STANDARD SAMPLES OF SILICON SINGLE CRYSTAL

Mekhontseva G.I.<sup>1)</sup>, Gontar L.A.<sup>1)</sup>, Terentyev G.I.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural scientific research Institute of Metrology, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, the main factors affecting the measurement of the electrical resistivity of the material of standard samples of monocrystalline silicon are estimated, correction factors are selected and appropriate conclusions are drawn.

Создание средств метрологического обеспечения (МО) является важной задачей и одним из средств МО являются стандартные образцы (СО).

В настоящее время в стране активно ведутся работы по созданию комплекса СО, аттестованных по объемному и слоевому удельному электрическому сопротивлению (УЭС и УСЭС) на основе кремния монокристаллического.

УЭС - важный параметр при приемке материала, погрешность его измерения зависит от параметров: неопределенности в величинах диаметра, толщины образца  $h$ , межзондового расстояния  $l$ , положения устройства на образце, фотопроводимости и фото ЭДС, типа электропроводимости, инжекции носителей заряда, неоднородности образца по величине УЭС, температуры.

В данной работе для исследований и аттестации в качестве СО были отобраны 6 пластин кремния монокристаллического диаметром 100 мм и толщиной от 420 мкм до 550 мкм и оценены факторы, влияющие на УЭС. Ниже приведены полученные результаты.

Проведена калибровка  $l$  СИ с расширенной неопределенностью 0,004 мм. Собрана установка, реализующая метод термозонда и определен тип электропроводности СО, выбраны поправочные температурные коэффициенты на величину УЭС.

Для определения влияния краевых эффектов на величину УЭС проведены многократные измерения образцов в точках от центра до края пластины с интервалом 5 мм. Рассчитанное среднее квадратическое отклонение измерений УЭС показало отсутствие влияния данного эффекта в образцах. Это объясняется тем, что  $l$  намного меньше размеров пластины.

Определено отношение  $h$  к  $l$  и выбран поправочный коэффициент к измеренной величине УЭС.

Выполнены исследования по оценке неоднородности УЭС на пластинах кремния.

Проведенная оценка факторов, влияющих на качество измерений, является необходимой, и послужит для получения более точных результатов измерений УЭС при аттестации выбранных пластин кремния в качестве СО утвержденного типа категории ГСО.

1. ГОСТ 19658-81 Кремний монокристаллический в слитках. Технические условия, ИПК Издательство стандартов (2001)
2. Павлов Л.П., Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов, Высшая школа (1987).

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСШИФРОВКИ РЕЗУЛЬТАТОВ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОСЛЕЖИВАНИЯ РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

Мельникова А.П.<sup>1\*</sup>, Шориков Д.О.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> ООО Научно-производственная фирма «АВЭК», Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> ООО «АВЭК-Инжиниринг», Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [aleksandra.melnikova.94@mail.ru](mailto:aleksandra.melnikova.94@mail.ru)

In these challenging economic times, it's often a balancing act trying to improve heat exchanger inspection data confidence and making an efficient operation run better. RevospECT NX Pro automated analysis software can help. It automatically analyzes eddy current data from heat exchanger tube inspections as it's being acquired. This helps eliminate many of the inefficiencies and inconsistencies that come from legacy analysis methods. RevospECT NX Pro can help improve your component reliability and uptime. It elevates your analysis performance, all with an easy and flexible implementation.

Неразрушающий контроль изделий, применяемых на предприятиях атомной энергетики, традиционно имеет большое значение. При проведении такого контроля возникают следующие трудности:

- мониторинг состояния оборудования вручную зачастую практически затруднён или невозможен в следствии высокого уровня радиации;
- при контроле продукции критерии качества значительно выше, чем в других отраслях, а значит к квалификации специалистов, проводящих контроль и анализирующих его результаты предъявляются повышенные требования;
- значительные объемы информации, которые необходимо проанализировать дефектоскописту.

Решить вышеуказанные проблемы возможно путём внедрения высокопроизводительного, автоматизированного неразрушающего контроля.

Одно из решений было разработано компанией Zetec и успешно внедрено в работу АЭС Богунице (Западная Словакия).

Контроль труб теплообменников на АЭС Богунице производится с использованием автоматизированной системы на основе вихретокового дефектоскопа Zetec MIZ 85iD-2 в составе манипулятора IRIS. При вихретоковом контроле теплообменных труб чаще всего находят усталостные трещины в продольном и поперечном направлении, коррозионные трещины, свищи, а также выявляют коррозионный износ (язвенный, питтинговый, сплошной).

Основной проблемой при проведении вихретокового контроля являются повышенные требования к квалификации дефектоскописта при определении характера дефекта. В традиционной схеме расшифровки результатов для уменьшения влияния «человеческого фактора» работу ведут два независимых эксперта, которых в дальнейшем проверяет специалист III уровня.

Компанией Zetec была разработана специальная система программной расшифровки результатов контроля, в основу которой положена интеллектуальная информационная система RevospECT® Pro. Система обладает огромной базой данных эталонных дефектов, с которыми производится сравнение полученных при контроле результатов. Отметим, что RevospECT® Pro способна к самообучению, т. е. при обнаружении дефекта, отсутствующего в базе данных и идентифицированного как дефект, его характеристики запоминаются. Эти сведения могут быть использованы при дальнейшем анализе результатов контроля.

На рис. 1А представлен алгоритм самообучения системы RevospECT® Pro.

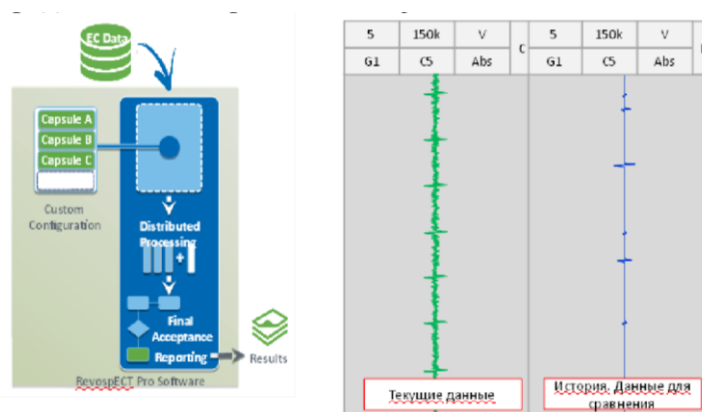


Рис. 1. а) алгоритм самообучения; б) анализ результатов контроля

На рис. 1Б представлены сигналы результатов текущего контроля (сигнал зеленого цвета) и сигнал, идентифицированный системой как «отсутствующий в базе» (сигнал синего цвета). Дефектоскописту при работе достаточно провести анализ только тех сигналов, которые отсутствуют в базе.

Апробация работы системы проводилась в 2016-2017 гг. на АЭС Богунице. При проведении контроля были получены результаты дефектоскопии 30000 труб. Данные результаты оценивал опытный специалист и параллельно система

RevospECT® Pro. Затем было проведено сравнение результатов дефектоскописта и системы специалистом III уровня. Выявлено, что ни один дефект найденный при ручном режиме не был пропущен при автоматической расшифровке. При этом система выявила на 2% больше дефектов, чем человек.

Кроме необходимости выявления и идентификации дефектов, необходимо отслеживание развития дефектов во времени. Программа исторического прослеживания системы RevospECT® Pro проводит анализ данных при первичной проверке и последующих проверках и предупреждает о развитии дефекта, что позволяет сделать предупредительный ремонт и сократить затраты на удаление дефектов не склонных к развитию.

Анализ работы системы RevospECT® Pro, созданной компанией Zetec позволяет сделать следующие выводы:

Использование автоматизированной системы расшифровки результатов неразрушающего контроля позволяет уменьшить время проведения контроля и его стоимость при сохранении требуемого уровня PoD.

Автоматизированная система контроля и отслеживания развития дефектов во времени уменьшает влияние человеческого фактора, что является критически важным при проведении неразрушающего контроля опасных объектов.

## **РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ТРУБЧАТОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Меркулов О. В.\*, Марков А.А., Леонидов И.А., Патракеев М.В.

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [merkulov@ihim.uran.ru](mailto:merkulov@ihim.uran.ru)

## **DESIGN AND TESTING OF TUBULAR THERMOELECTRIC GENERATOR BASED ON OXIDE ELEMENTS**

Merkulov O.V.\*, Markov A.A., Leonidov I.A., Patrakeev M.V.

Institute of solid state chemistry, RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This work is focused on the design, modeling, testing, and performance analysis of a tubular thermoelectric converter based on oxide materials. Elements of p- and n-type were made of cobalt-based oxide  $\text{Ca}_{2.7}\text{Bi}_{0.3}\text{Co}_4\text{O}_9$  and manganese-based oxide  $\text{CaMn}_{0.95}\text{Ta}_{0.05}\text{O}_3$ , respectively. The output power of 138 mW was achieved under a temperature gradient of 430 °C with a hot side temperature of 514 °C.

Одно из перспективных направлений применения термоэлектрических генераторов (ТЭГ) – автомобилестроение. Таким устройствам зарезервирована роль утилизация тепла, отводимого от двигателей внутреннего сгорания, где до 40% энергии уносится вместе с выхлопными газами в окружающую среду [1].

Интегрирование термоэлектрических генераторов в систему сброса выхлопных газов автотранспорта способно обеспечить экономию топлива, сокращение выбросов парниковых газов и вредных веществ в атмосферу.

Термоэлектрическая эффективность оксидов относительно невелика, однако, данный класс материалов имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными термоэлектрическими соединениями на основе сплавов: оксиды могут состоять из безвредных, распространенных и дешевых элементов, стабильны в широком диапазоне температур, устойчивы к воздействию кислорода воздуха. Два основных подхода при разработке ТЭГ для автотранспорта видятся достаточно перспективными: использование стабильных оксидов в качестве функциональных материалов и эффективная трубчатая конструкция модуля.

Настоящая работа была сфокусирована на проектировании, моделировании, тестировании и анализе производительности трубчатого термоэлектрического модуля на основе оксидных материалов. Изготовленный модуль состоял из 24 функциональных оксидных элементов, синтезированных традиционными методами. В качестве элементов *p*- и *n*-типа использовались оксиды составов  $\text{Ca}_{2.7}\text{Bi}_{0.3}\text{Co}_4\text{O}_9$  и  $\text{CaMn}_{0.95}\text{Ta}_{0.05}\text{O}_3$ , соответственно. Модуль собран с использованием серебряной пасты и прижимных механизмов, термоэлектрические элементы были соединены электрически последовательно металлическими пластинами и размещены вокруг горячей трубки. Выходная мощность 138 мВт достигалась при градиенте температуры 430 °С, температура горячей стороны равнялась 514 °С. Тестируемый модуль обладал низким контактным сопротивлением – 0.44 Ом, но и относительно низкой вырабатываемой мощностью как на единицу объема, так и - массы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (программа «УМНИК», договор №0032888).*

1. Yang J., Stabler F.R., *Journal of Electronic Materials*, 38, 1245 (2009).

## ДИПОЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАМАГНИЧИВАНИЯ АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ

Михайлов А.В.<sup>1,2\*</sup>, Гобов Ю.Л.<sup>2</sup>, Смородинский Я.Г.<sup>1,2</sup>, Новослугина А.П.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mikhaylov@imp.uran.ru](mailto:mikhaylov@imp.uran.ru)

## DIPOLE MODEL OF MAGNETIZATION OF REBAR IN CONCRETE

Mikhailov A.V.<sup>1,2\*</sup>, Gobov Yu.L.<sup>2</sup>, Smorodinskii Ya.G.<sup>1,2</sup>, Novoslugin A.P.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A dipole model of local magnetization of rebar is formulated in this paper. The model with high accuracy confirms experimental results of measurement of stray fields from reinforcement bars of various diameters.

Актуальным при неразрушающем контроле коррозионного состояния и расположения арматуры в бетоне является магнитный метод [1-3]. Суть метода сводится к формированию первичного магнитного поля определенной конфигурации для намагничивания локального участка арматуры и регистрации параметров магнитного поля рассеяния от намагниченного участка арматуры. Задача контроля при этом сводится к определению толщины защитного слоя бетона (расстояния от арматурной сетки до датчиков поля), а также диаметра арматурных стержней.

Стержень арматуры легче всего намагнитить вдоль его оси, как показано на рисунке 1. В таком случае намагниченный участок можно рассматривать как магнитный диполь с двумя разнесенными точечными зарядами.

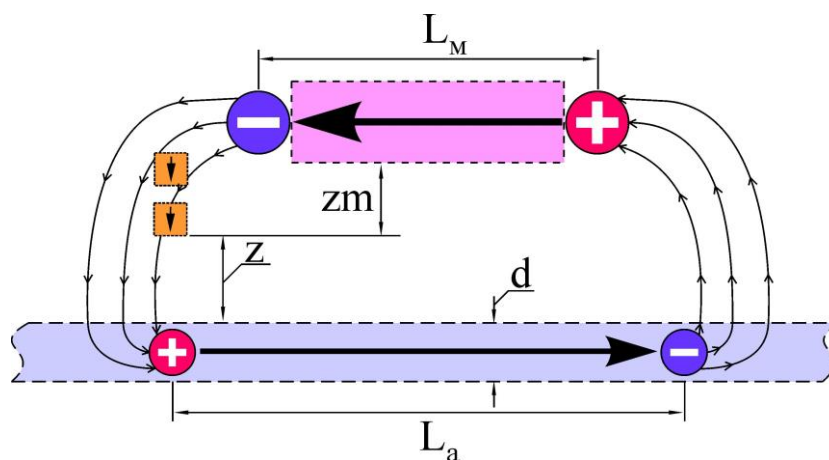


Рис. 1. Дипольная модель намагничивания арматуры постоянным магнитом:  $L_M$  – длина постоянного магнита (расстояние между полюсами диполя);  $L_a$  – длина локально намагниченного участка арматурного стержня;  $d$  – диаметр арматурного



стержня;  $z, z_m$  – расстояние от датчиков до арматуры и постоянного магнита соответственно

Расстояние до диполя возможно определить независимо от величины зарядов, то есть независимо от величины намагничивающего поля, а также от магнитных свойств арматуры. Для определения расстояния  $z$  необходимо знать только значение амплитуды поля  $H_z$  и его градиент  $\Delta H_z$  в точке измерения [4]:

$$z = \frac{H_z}{\Delta H_z / \Delta z} \quad (1)$$

Таким образом, можно считать, что магнитным методом можно с большой точностью и вне зависимости от магнитных свойств определять координаты залегания арматуры. Методы, определяющие диаметр арматуры магнитным методом, в настоящее время отсутствуют или позволяют определять этот параметр с большой погрешностью.

В настоящей работе показано, что диаметр арматуры может быть вычислен по величине поля рассеяния при намагничивании локального участка арматуры магнитным диполем до такой магнитной индукции  $B_{\mu_{max}}$ , при которой магнитная проницаемость максимальна  $\mu \rightarrow \mu_{max}$ . При этом диаметр арматуры можно вычислить независимо от свойств материала.

1. Литвиненко А.А., Реутов Ю.Я., Пудов В.И. Дефектоскопия, № 8, С. 58–64 (1989).
2. Пузанов А.В., Улыбин А.В. Инженерно-строительный журнал, № 7, С. 18–25 (2011).
3. Ветров С.Н., Яковлев С.В. Инженерно-строительный журнал, № 7, С. 35–40 (2010).
4. Реутов Ю.Я., Пудов В.И., Волков А.В. Дефектоскопия, № 9, С. 41–47 (2011).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ НА  
ОБНАРУЖЕНИЕ СЛЕДОВЫХ КОЛИЧЕСТВ НИТРОСОДЕРЖАЩИХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ТУШЕНИЯ  
ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ**

Миронов А.А.<sup>1\*</sup>, Баранова А.А.<sup>1</sup>, Хохлов К.О.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ars-mironov@yandex.ru](mailto:ars-mironov@yandex.ru)

**RESEARCH OF THE EFFECT OF DIFFERENT SUBSTANCES ON THE  
DETECTION OF THE FOLLOWING QUANTITIES OF NITRO-  
CONTAINING EXPLOSIVE SUBSTANCES BY THE METHOD OF  
EXTINGUISHING THE CHEMILUMINESCENCE.**

Mironov A.A.<sup>1\*</sup>, Baranova A. A.<sup>1</sup>, Khokhlov K.O.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

For the detection of explosives while ensuring anti-terrorist security, various methods of detection are used, one of which is a method based on quenching of chemiluminescence. Spectral analysis of UV and visible light in the time domain will make it possible to better determine the influence of interfering factors.

Для детектирования взрывчатых веществ используются различные способы детектирования, одним из которых является метод, основанный на тушении хемилюминесценции. В основе - фотоактивные люминесцентные хемосенсорные составы, обладающих повышенной чувствительностью к нитроароматическим соединениям. [1]

Для анализа свойств хемосенсорных составов используются спектральный анализ люминесцентной активности при различных уровнях концентрации паров взрывчатых веществ, исследование интенсивности люминесценции сенсора при помощи прибора «Барьер-М» и др. методы.

Одним из направлений в исследовании хемосенсорных составов является анализ интенсивности люминесценции при различных концентрациях паров нитросодержащих веществ и анализ влияния на интенсивность люминесценции других факторов, таких как температура, скорость прокачки воздуха, воздействие мешающих факторов, дающих ложно-положительные и ложно-отрицательные результаты.

Также для анализа свойств сенсора может использоваться временной спектральный анализ в УФ диапазоне отражённого от сенсора светового потока, что позволит улучшить детектирование и анализ влияния мешающих факторов. [2]

Для этого была разработана принципиальная структура оптической системы устройства для проведения спектрального анализа УФ-диапазона отражённого от сенсора света.

Данного устройство позволит проводить спектральный анализ УФ-диапазона отражённого от хемосенсорного сенсора света во временной развёртке, что делает доступным проведение экспериментального исследования влияния мешающих факторов на тушение люминесценции.

Другим методом может выступать анализ отражённого светового потока в видимом диапазоне. Эту задачу позволит решить модуль для устройства «Барьер-М», позволяющий проводить спектральный анализ одновременно с работой портативного устройства. В основе модуля может использоваться схема компактного спектрального устройства. [3]

1. Germain M.E., Knapp M.J., Chem. Soc. Rev., 38, 2543–2555, (2009).
2. Bolse N., Eckstein R., Flex. Print. Electron., 2 (2017).
3. Yura Woo, Young-Gu Ju, Phys. Educ. 54, (2018)

## EVIOT-МОДУЛЬ

Могильников И.А.\* , Хохлов К.О.

Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ilyamogil96@yandex.ru](mailto:ilyamogil96@yandex.ru)

Eviot-module can be used for remotely controlled sockets (Wi-Fi sockets). This module can be built into other devices (for example, electric stoves, irons, electric kettle, as well as into any other devices and installations that use network power(220 V 50Hz)). Thus, the device can be remotely turned on and off.

Управление данным модулем осуществляется через интернет. Устройство напрямую со смартфоном никак не взаимодействует, все "транзакции" происходят через сервер. Используется на данный момент простой протокол TelNet, обмениваясь JSON данными. Таким образом, устанавливается одно соединение с сервером, после чего идет обмен данными по типу "запрос - ответ". После чего все необходимые изменения отображаются на смартфоне автоматически через протокол DDП через соединение с сервером. В приложение данные обрабатываются и поступают пользователю в виде уведомлений. Если пользователь видит, что у него включено какое-либо устройство, в которое встроен Eviot-модуль, то он может его выключить или настроить время выключения/включения.

Технические характеристики Eviot-модуля:

- Диапазон коммутируемого переменного напряжения: 110...310 В;
  - Максимально допустимый ток нагрузки: 16А;
  - Собственное потребление: напряжение 3,3 В, потребляемый ток 200 мА.
- Eviot-модуль включает в себя:
- Wi-Fi-модуль, служащий для доступа к интернету;

- NFC-модуль, используемый для простоты подключения устройства к приложению на смартфоне;
- Оптореле, которое позволяет бесшумно коммутировать напряжение сети;
- Датчики тока и напряжения, для контроля энергопотребления подключаемой нагрузки.

За энергопотреблением устройства можно следить как на самом модуле (а), так и с помощью приложения (б):

а) на модуле установлен светодиод, управляя которым, можно отображать энергопотребление в зависимости от нагрузки;

б) в приложение данные по энергопотреблению отображаются в цифровом виде.

Преимущества Eviot-модуля, заключается в том, что при использовании оптореле, которое в отличие от механического имеет больший срок службы в 5-10 раз, из-за отсутствия в нем механических контактов, следовательно, отсутствие обгорания контактов магнитопровода. Коммутация цепей нагрузки в оптореле осуществляется бесконтактно за счет управления полупроводниковыми элементами. Отличительной особенностью оптореле являются высокие токи нагрузки в сочетании с малым сопротивлением замкнутого контакта, что обеспечивает приемлемые значения падения напряжения на самом оптореле.

1. Семенов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. М. : СОЛОН-Р, 2001. 333 с. : ил.
2. Иванов-Цыганов А. И. Электротехнические устройства радиосистем: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1979. — 304 с, ил. В пер.: 1 р.
3. М. Гук Интерфейсы ПК: справочник — СПб: ЗАО «Издательство Питер», 1999, — 416 с.: ил.

## ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО СИГНАЛА КОРРЕКЦИИ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА МОЩНОСТИ ПОТЕРЬ В НАГРУЗКЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Молостов И.А.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [ilya.molostov96@mail.ru](mailto:ilya.molostov96@mail.ru)

## SEARCH FOR AN OPTIMAL CORRECTION SIGNAL BY CRITERIA FOR MINIMUM POWER LOSSES IN THE LOAD OF THE FREQUENCY CONVERTER

Molostov I.A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

In this paper, an experiment was conducted to find the optimal correction signal by the criterion of the minimum power loss in the load of the frequency converter. Confirmed theoretical data after the experiment.

Поиск оптимального сигнала коррекции по критерию минимума мощности потерь проводился для активно-индуктивной нагрузки преобразователя частоты (ПЧ).

Эксперименты были проведены при следующих условиях: напряжение питания силовой части  $U_0 = 30$  В; индуктивность нагрузки  $L = 80$  мГн; сопротивление нагрузки  $R = 39$  Ом; частота ШИМ  $f = 98$  Гц; задающие напряжения с амплитудой  $\bar{U}_m = 0,48$  В; амплитуда пилообразного сигнала  $U_{pm} = 0,5$  В.

Была написана программа для микроконтроллера, позволяющая формировать управляющие импульсы для каждого момента  $t_i$  [1]

На рисунке 1, а – в показаны формы тока в момент времени  $T/4$  при сигналах коррекции  $u_k = -0,5\bar{U}_m$ ,  $-0,25\bar{U}_m$  и  $-0,125\bar{U}_m$  соответственно.

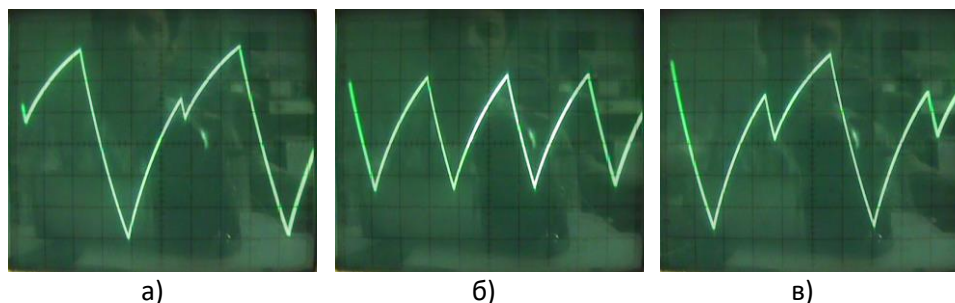


Рис. 1. Ток фазы  $A$  в момент времени  $t_i = T/4$  при разных сигналах коррекции

Из рисунков видно, что в момент времени  $T/4$  амплитуда пульсации тока фазы  $A$  на частоте ШИМ уменьшается в два раза при коррекции  $u_k = -0,25\bar{U}_m$ , что является оптимальной коррекцией. Таким образом, в результате экспериментов

можно сделать вывод о том, что амплитуда пульсации токов на частоте ШИМ имеет в каждый момент времени минимальное значение при определенном оптимальном сигнале коррекции.

Значение оптимального сигнала коррекции, полученное экспериментальным путем, совпадает с теоретическим значением, определенным по формуле

$$u_{0к}(t) = U_{км} \sin(3\omega_{и}t) = \frac{U_m}{4} \sin(3\omega_{и}t) [1, 2].$$

1. Соколов Ю.Г. Проектирование тиристорного преобразователя частоты регулируемого электропривода переменного тока// Ю.Г. Соколов, И.Г. Цвенгер, В.Г. Макаров, В.К. Шишков, Р.Р. Валиуллин. – Казань. Изд-во Казан.гос.технол.ун-та, 2005. – 108 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0.– Санкт-Петербург: Корона принт, 2001.– 320 с.

## ЗАВИСИМОСТЬ КПД ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ОТ ЧАСТОТЫ СКОЛЬЖЕНИЯ

Молостов И.А.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [ilya.molostov96@mail.ru](mailto:ilya.molostov96@mail.ru)

## DEPENDENCE OF ELECTRIC MOTOR EFFICIENCY FROM SLIDING FREQUENCY

Molostov I.A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

In this paper, we investigated the dependence of the efficiency of the motor on the slip frequency. The corresponding graphs were constructed and conclusions were drawn based on the data obtained.

Требуемый электромагнитный момент  $M^o$  при определенной частоте вращения ротора  $\omega$  может быть получен при различных сочетаниях напряжения фазы обмотки якоря  $U_1$  или ее тока  $I_1$  и частоты скольжения  $\omega_2$  [1].

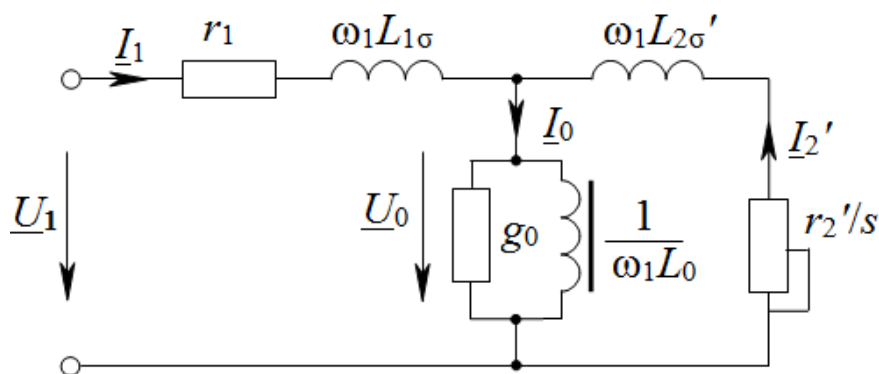


Рис. 1. Схема замещения фазы обмотки статора

Расчет схемы проводится методом единичного тока по следующему алгоритму.

1 – полагаем  $I_{2p}' = 1$ ; 2 – вычисляем  $\underline{U}_{0p} = - (r_2' / s + j \omega_1 L_{2\sigma}') I_{2p}'$ ;

3 – вычисляем  $\underline{I}_{0p} = (g_0 - j / (\omega_1 L_0)) \underline{U}_{0p}$ ; 4 – вычисляем  $\underline{I}_{1p} = \underline{I}_{0p} - \underline{I}_{2p}'$ .

5 – вычисляем  $\underline{U}_{1p} = \underline{U}_{0p} + (r_1 + j \omega_1 L_{1\sigma}) \underline{I}_{1p}$ ; 6 – находим  $M_p = m_1 p_{\pi} r_2' / \omega_2$ ,

где  $m_1$  – число фаз обмотки статора;  $p_{\pi}$  – число пар полюсов (см. п.1).

7 – находим отношение требуемого момента к найденному моменту:  
 $\gamma = M^o / M_p$ , где  $M^o$  – требуемый момент;  $M_p$  – расчетный момент.

8 – определяем ток и напряжение фазы обмотки статора:  $I_1 = \sqrt{\gamma} I_{1p}$ ;

$$U_1 = \sqrt{\gamma} U_{1p}.$$

9 – находим механическую мощность:  $P_M = M^o \cdot \omega / p_{\pi}$ .

10 – находим активную электрическую мощность:  $P_{\Sigma} = m_1 \gamma \operatorname{Re} \{ \underline{U}_{1p} \cdot \underline{I}_{1p}^* \}$ .

11 – находим КПД:  $\eta = P_M / P_{\Sigma} [1, 2]$ .

На рис. 2 приведены графики КПД в зависимости от частоты скольжения  $\omega_2$  при различных фиксированных значениях  $\omega$ . На каждом графике найдена точка максимума КПД, и эти точки соединены плавной кривой.

Графики отмечены числами от 0 ( $\omega = 0$ ) до 10 ( $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$ ). Видно, что с увеличением частоты вращения  $\omega$  максимальное значение КПД увеличивается. Увеличивается и частота скольжения  $\omega_2$ , при которой максимум достигается.

Отметим, что механические потери при расчете не учитывались. При нулевом электромагнитном моменте минимизировалась потребляемая от сети мощность, так как КПД при этом равен нулю.

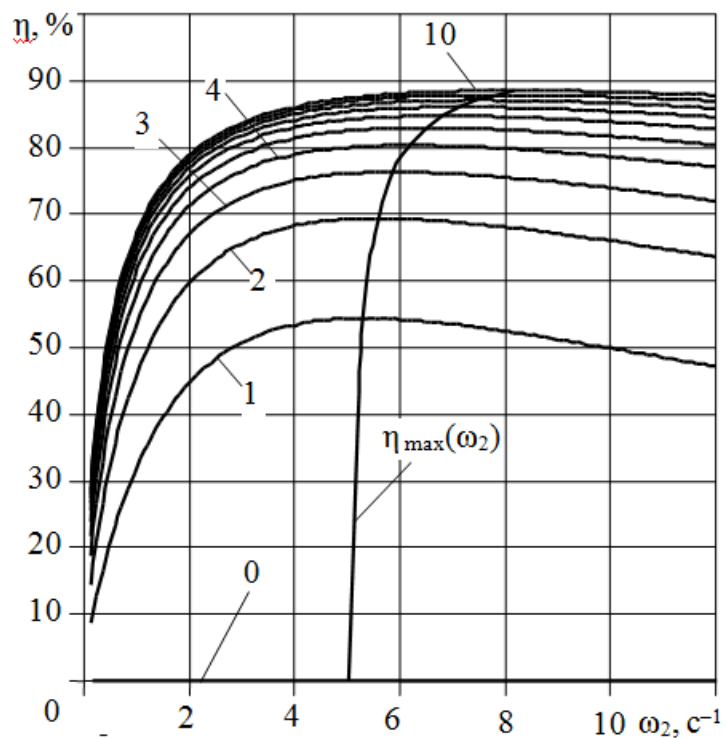


Рис. 2. Зависимости КПД от частоты скольжения

1. Копылов И.П., Фильц Р.В., Яворский Я.Я. Об уравнениях асинхронной машины в различных системах координат // Электромеханика. - 1986.- № 3. - С. 22 - 23.
2. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. - М.: Энергия, 1980. - 928 с.



## ЦИФРОВОЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СПЕКТРОСКОПИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Мухин Р.С.<sup>1\*</sup>, Кокорин А.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [romah76b@mail.ru](mailto:romah76b@mail.ru)

## DIGITAL METHOD OF PROCESSING INFORMATION IN SPECTROSCOPY: PROBLEMS AND PROSPECTS

Mukhin R.S.<sup>1\*</sup>, Kokorin A.F.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of the research is to analyze the main problems and prospects for the transition to a digital method of processing information in spectroscopy. Researches are considered on example of the Laboratory of Nuclear Reactions.

Одной из задач Лаборатории ядерных реакций им. Флерова ОИЯИ г. Дубна Московская обл. является изучение закономерностей образования и вероятностей выживания возбужденных компаунд-ядер, синтезируемых в реакциях полного слияния с тяжелыми ионами.

При изучении свойств короткоживущих изотопов, всегда актуальна задача улучшения временного разрешения исследовательской установки. На сегодняшний момент исследователи столкнулись с тем, что невозможно улучшить временные характеристики за счет модернизации уже разработанного оборудования.

Это связано с тем, что используемые на данный момент измерительные системы представляют собой аналоговые измерительные тракты, работающие по стандарту КАМАК. В соответствии с этим стандартом синхронизирующая частота составляет порядка 1 МГц. Учитывая временные разрешения таких частей измерительного тракта, как схема совпадений и АЦП, общее временное разрешение измерительной установки составляет десятки микросекунд.

Перспективным выглядит переход к использованию цифровых спектрометрических трактов. Это потенциально позволит получить временное разрешение исследовательской установки порядка  $10^2$ - $10^3$  наносекунд, благодаря чему появится возможность получать больше причинно-следственной информации о короткоживущих изотопах сверхтяжелых элементов.

Цифровой метод обработки данных заключается в следующем: сигнал с детектора подается на предусилитель, после чего сразу же поступает на вход АЦП. Полученный код программно обрабатывается и формируется спектр. Важным преимуществом такого метода является возможность отслеживания формы сигнала. Это дает возможность эффективно обрабатывать пары наложенных импульсов.

Получить информацию об энергии входного импульса можно, используя алгоритм свертки. Суть метода в следующем: создается трапецеидальный сигнал с известными параметрами (назовем его эталонным), далее, получая на вход измеряемый сигнал, производим его свертку с эталонным. Процесс свертки выступает в роли спектрометрического усилителя в аналоговом тракте, т.е. служит для формирования сигнала некоторой стандартной формы из импульса с детектора.

Для реализации цифрового измерительного спектроскопического тракта в ЛЯР было решено использовать аппаратуру National Instruments, работающую по высокопроизводительному стандарту PXIe.

В работе будет рассмотрена разработка программной части измерительного канала, а именно: сравнение нескольких алгоритмов преобразования сигнала к трапецеидальной форме в среде разработки LabVIEW, совместимой с выбранным оборудованием.

## **ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТЕРИЛИЗАТОР ЯЙЦА НА ОСНОВЕ УСКОРИТЕЛЯ УРТ05-М**

Недорезов М.Н.<sup>1\*</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>1,2</sup>, Бalezин М.Е.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\* E-mail: [maxnedor@yandex.ru](mailto:maxnedor@yandex.ru)

## **SURFACE EGG STERELIZER BASED ON URT05-M ACCELERATOR**

NedorezovM.N.<sup>1,2</sup>, SokovninS.Yu.<sup>1,2</sup>, BalezinM.E.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics Ural Branch RAS

Annotation. The current development of radiation technologies makes it possible to revise their scope. A fast and energy efficient way of surface sterilizing eggs on an industrial scale is being designed. The use of an electronic vacuum-diode accelerator and a radiation-resistant transporter is considered.

Метод радиационной стерилизации – это известный и изученный пример радиационных технологий, который обладает лучшими дезинфекционными способностями в сравнении с традиционными термическими и химическими методами, а в некоторых случаях и единственным применимым[1]. Однако одним из главных ограничений для применения данного метода является дороговизна облучающих установок. Поэтому целью для дальнейшего развития метода является поиск дешевых аналогичных материалов и применение более экономных конструкторских решений.

Целью работы является разработка удобного и экономичного поверхностного стерилизатора яиц на базе УРТ-05М.

Ускорители электронов серии УРТ позволяют осуществлять набор дозы: 200-600 Гр за импульс, с регулируемыми частотами 1-300 Гц[2]. Замена конденсаторов КВИ-3-12кВ–6800пФ на конденсаторы типа DHS (Murata, Япония) позволила увеличить надежность и сделать конструкцию более компактной.

Кроме того, удалось не только удешевить установку, заменив сердечник импульсного трансформатора из пермаллоя 50НП на сердечник из аморфного сплава 1В-М [3] производства Ашского металлургического завода, но и снять проблему с поставщиком сердечников. Использование вакуумного диода для двухстороннего облучения позволило производить двухстороннее облучение при использовании одного ускорителя электронов[4], что в совокупности с специальным радиационно-устойчивым транспортером обеспечит высокую производительность стерилизатора.

1. Саушкина А.С. Применение радиационной деконтаминации (стерилизации) в технологии стоматологических лекарственных пленок / А.С. Сушкина // Экспериментальные исследования. – 2012. – №38. – С. 97-101.
2. Соковнин С.Ю. Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий. – Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2017. – 42-46 с.
3. *BALEZIN M.E., SOKOVNIN S.YU., ANDREEV A.A., AVERIN F.V. // UPGRADE OF THE PULSE TRANSFORMER URT-0,5M ACCELERATOR / ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ФИЗИКА. 2018. Т. 6. № 9/2. С.101-104*
4. Котов Ю.А., Соковнин С.Ю., Балезин М.Е. Вакуумный диод для облучения объектов электронами с двух сторон. ПТЭ, 2003, № 3, с.103-107.

## МАГНИТНАЯ ДЕФЕКТОМЕТРИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ В ФЕРРОМАГНЕТИКЕ

Никитин А.В.<sup>1\*</sup>, Гобов Ю.Л.<sup>1\*\*</sup>, Ольховская Е.В.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> Институт физики металлов, имени М.Н. Михеева, УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [an@imp.uran.ru](mailto:an@imp.uran.ru)

\*\*E-mail: [go@imp.uran.ru](mailto:go@imp.uran.ru)

## MAGNETIC DEFECTOMETRY OF SURFACE DEFECTS IN FERROMAGNET

Nikitin A.V.<sup>1</sup>, Gobov Yu.L.<sup>1</sup>, Olkhovskaya E.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

For the first time it has been proposed to use magnetic field lines as a tool for the quantitative description of surface defects in soft magnetic ferromagnets. By measured the values of the scattering magnetic field, created by defects, it is possible to restore the field values in a ferromagnet and then build the magnetic field lines. The magnetic field lines in soft magnetic ferromagnets with great accuracy coincide with the boundary of a ferromagnet - air.

Задача количественного описания геометрических параметров дефектов с помощью магнитного метода актуальна, например, для внутритрубной дефектоскопии при контроле труб магистральных нефте- и газопроводов.

Поскольку в магнитомягких ферромагнетиках магнитные силовые линии с большой степенью точности совпадают с границами металла [3], а материалы для изготовления труб магистральных трубопроводов являются магнитомягкими ферромагнетиками, то геометрические параметры поверхностных типов дефектов можно с большой точностью определять магнитным методом. Решая обратную задачу, вычислим значения магнитного поля в металле. По известным значениям компонент магнитного поля в ферромагнетике строится семейство силовых линий, каждая из которых начинается в бездефектной области на определенной толщине металла. Выбрав, линию на толщине, соответствующей толщине исследуемой пластины получим форму дефекта [1-2]. Отметим, что каждая магнитная силовая линия (для соответствующей толщины пластины) удовлетворяет начальным условиям и тем самым описывает форму дефекта, который также создал бы магнитное поле рассеяния соответствующее начальным условиям. То есть система магнитных силовых линий представляет из себя множество решений. Если известна толщина пластины в бездефектной области, мы выбираем это решение как единственно верное для геометрии задачи.

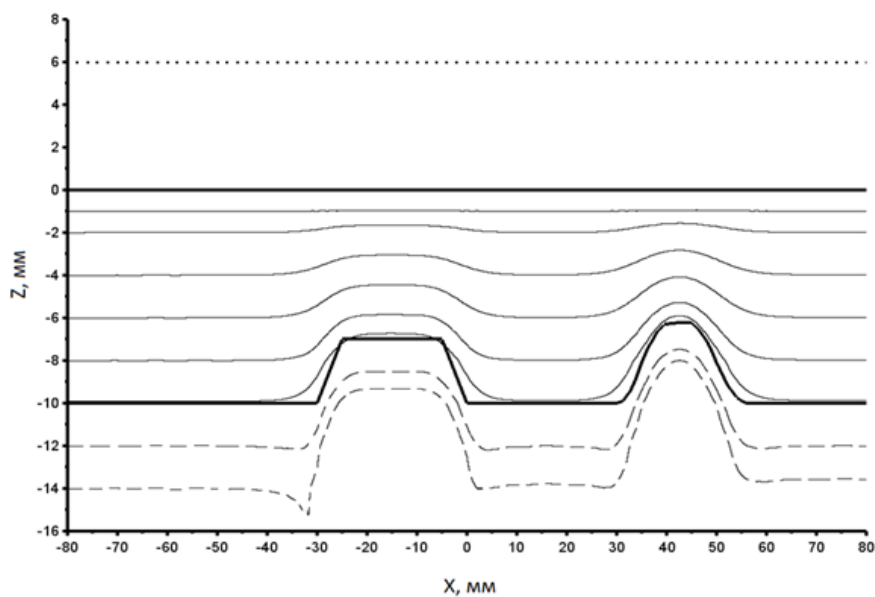


Рис.1 Результаты решения обратной задачи в пакете Scilab, намагничивающее поле направлено вдоль оси абсцисс.

1. Решение обратной геометрической задачи магнитостатики для дефектов коррозии / Ю.Л. Гобов, А.В. Никитин, С.Э. Попов // Дефектоскопия. — 2018. — V. 10. — P. 51—57.
2. Решение обратной геометрической задачи магнитостатики для дефектов коррозии с учетом нелинейных свойств ферромагнетика / Ю.Л. Гобов, А.В. Никитин, С.Э. Попов // Дефектоскопия. — 2018. — V. 12. — P. 31—37.
3. Дж. Джексон. Классическая электродинамика. М.: "Мир", 1965. - 702 с.

## **СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА БОРТУ ОДНООСНОГО ВЕРТОЛЕТА**

Ахнапов Р.Т., Хакимуллин С.И., Яландаева Т.Н., Никитин А.В.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А.Н. Туполева-КАИ, г.Казань, Россия

E-mail: [nikitin.rf@mail.ru](mailto:nikitin.rf@mail.ru)

## **SYSTEM FOR MEASURING WIND VECTOR PARAMETERS ON BOARD THE SINGLE ROTOR HELICOPTER**

Akhnapov R.T., Khakimullin S.I., Yalandaeva T.N., Nikitin A.V.

Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia

The design scheme of the wind sensor based on a stationary combined aerometric receiver is proposed.

Измерение скорости и направления вектора ветра относительно продольной оси вертолета на его борту современными средствами [1] ограничивается существенными аэродинамическими помехами, вносимыми воздушными потоками от вихревой колонной несущего винта, а также турбулентностью атмосферы.

Исходя из особенностей аэродинамики и динамики движения вертолета на стартовых и взлетно-посадочных режимах, а также на режимах висения, набора высоты и посадки, предложено для определения скорости и направления вектора ветра использовать информацию аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, а ее восприятие осуществить с помощью неподвижного комбинированного аэрометрического приемника – датчика ветра (рис. 1) [2].

Датчик ветра содержит неподвижный многоканальный проточный аэрометрический приемник 1, необходимый для регистрации параметров набегающего воздушного на стоянке до раскрутки несущего винта и работы трансмиссии.

На верхнем экранирующем диске 3 установлен дополнительный полусферический аэрометрический приемник 7, предназначенный для восприятия информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта на стартовых режимах (при рулении и маневрировании по земле) и на взлетно-посадочных режимах при работе силовой установки и вращении несущего винта

Предлагаемая система измерения параметров вектора ветра на стоянке, стартовых и взлетно-посадочных режимах одноосных вертолетах позволяет обеспечить регламентируемый уровень безопасности эксплуатации и эффективность выполнения полетных задач в условиях значительных аэродинамических возмущений, вносимых вихревой колонной несущего винта, что решает важную для авиации задачу обеспечения безопасности полетов вертолетов различного класса и назначения.

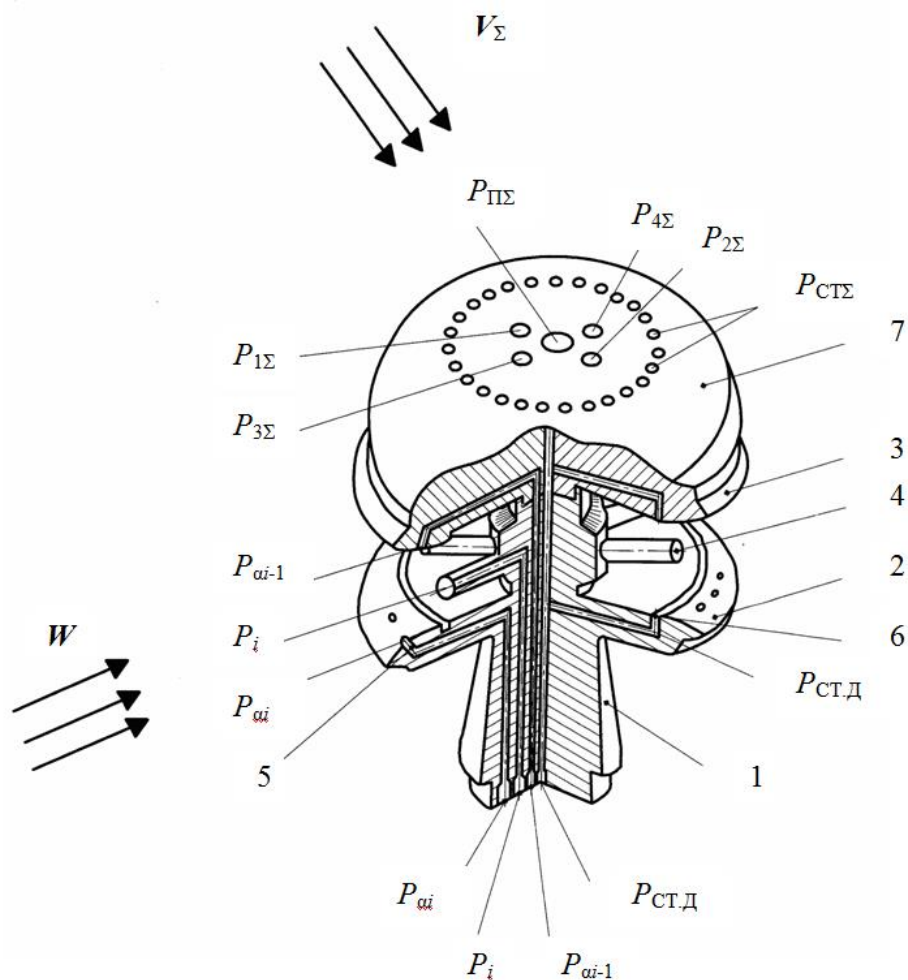


Рис. 1. Конструктивная схема датчика ветра на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника

1. Азбукин А.А., Богушевич Л.Я., Кобров А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А., Шелевой В.Д. Автоматические метеостанции АМК–03 и их модификации // Датчики и системы, 2012. №3. С.42-52.
2. Никитин А.В. Бортовая система измерения параметров вектора ветра на стоянке и взлетно-посадочных режимах вертолета: Автореф. дис. канд. техн. наук. Изд-во КНИТУ-КАИ. 2015. 16 с.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОЛЩИН ТОНКИХ ПЛЕНОК ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

Островский В.В.<sup>1\*</sup>, Тягунин А.В.<sup>1</sup>, Орлов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

<sup>2)</sup> Архангельский колледж телекоммуникаций Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций имени проф.М.А.Бонч-Бруевича, Архангельск, Россия

\*E-mail: [v.v.ostrovsky@mail.ru](mailto:v.v.ostrovsky@mail.ru)

## **DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM OF HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX TO DETERMINE THIN FILMS THICKNESS BY INTERFERENTIAL METHOD**

Ostrovsky V.V.<sup>1\*</sup>, Tyagunin A.V.<sup>1</sup>, Orlov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2)</sup> Arkhangelsk College of Telecommunications, branch office of Saint-Petersburg Bonch-Bruevich's State University of Telecommunications, Arkhangelsk, Russia

The article is devoted to the development of a control system for an experimental setup for determining the thickness of thin films by the interference method. Presents the main features of the developed system.

Настоящая работа посвящена разработке системы автоматического управления измерительным процессом экспериментальной установки по определению толщины тонких пленок интерференционным методом, представленной работе [1]. Для реализации данной системы были использованы:

1. Микроконтроллер K1986BE92QI [2];
2. фоточувствительная матрица ILX554B [3];
3. источники монохроматического света с различными длинами волн, соответствующих красному, зеленому и фиолетовому светам;
4. радиомодуль, работающего на частоте 27 МГц, через который осуществляется передача данных с установки на компьютер
5. детали корпуса, спроектированные в программе FreeCad 0.17 и распечатанные на 3D-принтере пластиком PETG;

На рисунке 1 представлена печатная плата, разработанная в программе проектирования электрических принципиальных схем EAGLE.



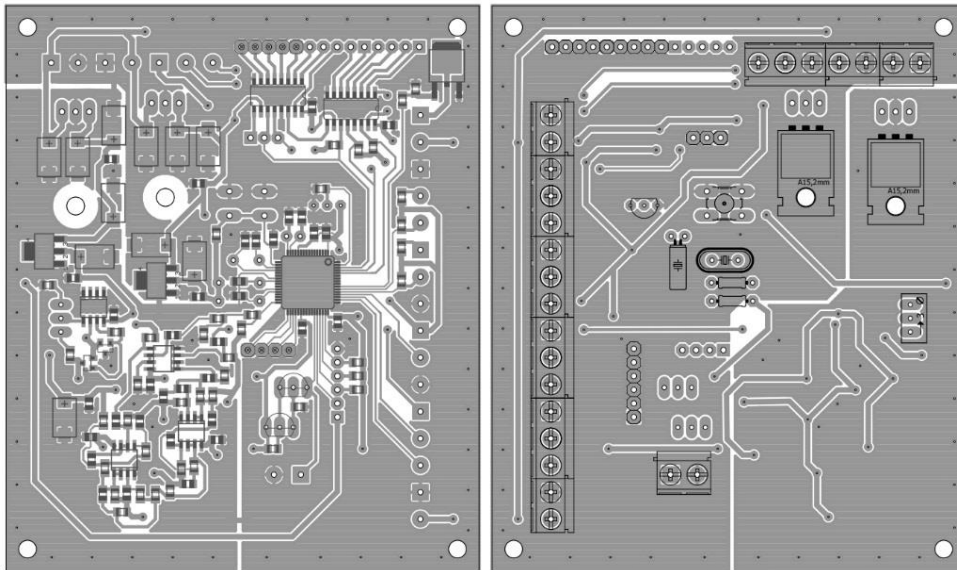


Рис.1. Блок управления установкой: двухсторонняя печатная плата

Основными возможностями разработанной системы являются:

- задание угла сканирования;
- управление лазером;
- управление фотоматрицей, в том числе фильтрация сигнала
- термостатирование корпуса с платой

1. Ostrovsky V., Tyagunin A., Orlov A. AIP Conference Proceedings 2015, 020067 (2018)
2. Спецификация микроконтроллеров серии K1986BE92QI (2017)
3. Datasheet ILX554B (2017).

## СРАВНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ТИРИСТОРОВ В РЕЖИМЕ УДАРНО-ИОНИЗАЦИОННОГО ЗАПУСКА

Патраков В.Е.<sup>1\*</sup>, Гусев А.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт Электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vitpatrakov@gmail.com](mailto:vitpatrakov@gmail.com)

## COMPARISON OF COMMERCIAL AND INTEGRATED THYRISTORS TRIGGERED IN IMPACT-IONIZATION WAVE MODE

Patrakov V.E.<sup>1\*</sup>, Gusev A.I.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

This work provides a comparison between conventional and integrated thyristors triggered in impact-ionization wave mode. Switching time and current rise rate were of interest. The possibility of the impact-ionization triggering was shown for the integrated thyristors 5STH 20H4501. The following parameters were obtained for two series connected thyristors at initial voltage of 10 kV: switching time less than 0.5 ns, current rise rate 115 kA/ $\mu$ s, and current amplitude 43 kA.

В настоящее время перспективным направлением в развитии импульсной техники является разработка быстрых полупроводниковых переключателей высокой мощности. В работах [1,2] демонстрируются динисторы с быстрой ионизацией (д.б.и.) – полупроводниковые приборы, разработанные в ФТИ им. Иоффе, способные переключать импульсные токи со скоростями нарастания до 200 кА/мкс за счёт возбуждения в структуре ударно-ионизационной волны. В то же время в [3] было показано, что при воздействии на обычный тиристор импульса перенапряжения со скоростью нарастания  $dU/dt$  более 1 кВ/нс также возможно осуществить его запуск в режиме ударно-ионизационной волны. В таком случае время коммутации тиристора будет составлять сотни пикосекунд, а скорость нарастания тока в нагрузке может достигать значений более 100 кА/мкс. Также на сегодняшний день выпускаются интегральные тиристоры, которые за счет особенностей структуры обеспечивают скорость нарастания тока в нагрузке до 18 кА/мкс при традиционном запуске через управляющий электрод. Практический интерес представляет запуск интегральных тиристоров в ударно-ионизационном режиме для выявления возможных преимуществ или недостатков по сравнению с обычными тиристорами. В данной работе была исследована возможность работы интегральных тиристоров в режиме ударно-ионизационного запуска, полученные характеристики были проанализированы в сравнении с характеристиками обычных тиристоров в таком режиме.

В качестве интегральных тиристоров использовались тиристоры 5STH 20H4501 производства ABB Group. Заявленная производителем

предельная скорость нарастания тока для них составляет 18 кА/мкс. В наших экспериментах к двум тиристорам, соединённым последовательно, прикладывался импульс перенапряжения, скорость нарастания которого варьировалась в пределах от 1,5 до 7,0 кВ/нс. При этом время перехода тиристоров в проводящее состояние составляло сотни пикосекунд (рис. 1). Далее через тиристоры проходил импульс тока от накопительной батареи конденсаторов, заряженных до напряжения 10 кВ, в нагрузку. При этом были получены следующие максимальные параметры импульса тока: амплитуда 43 кА, скорость нарастания 115 кА/мкс. При этом наблюдалась высокая стабильность параметров импульса.

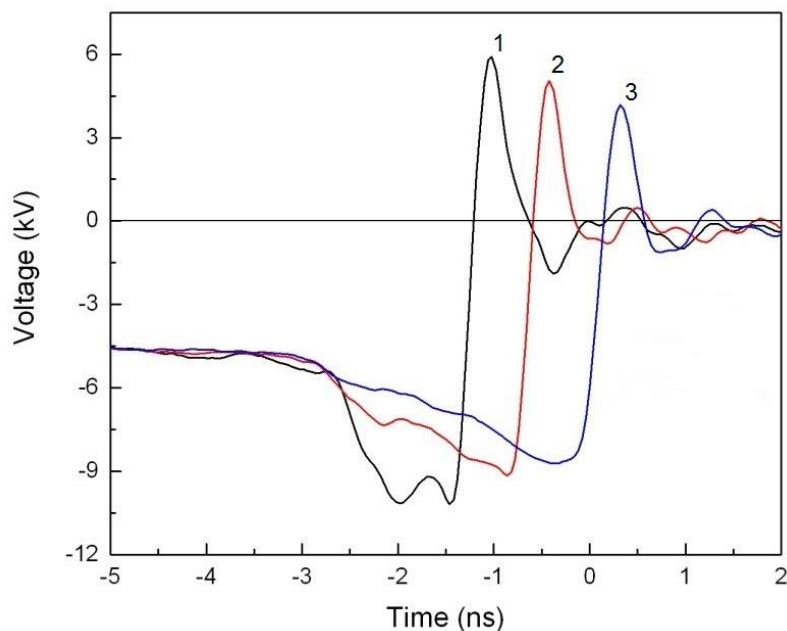


Рис. 1. Осциллограммы импульсов напряжения в процессе переключения интегрального тиристора при разных значениях  $dU/dt$  запускающего импульса: 1 – 7 кВ/нс, 2 – 4,4 кВ/нс, 3 – 1,5 кВ/нс.

Показано, что интегральные тиристоры способны работать в режиме ударно-ионизационного запуска, при этом параметры коммутации сравнимы как с параметрами обычных тиристоров в данном режиме, так и с параметрами д.б.и.

1. I.V. Grekhov, S.V. Korotkov, and P.B. Rodin, IEEE Trans. Plasma Sci., 36, 378 (2008).
2. Ю.В. Аристов, В.Б. Воронков, И.В. Грехов, Д.А. Коротков, С.В. Коротков, П.Е. Матлашов, Приборы и техника эксперимента, 2, 57 (2017)
3. A.I. Gusev, S.K. Lyubutin, S.N. Rukin, and S.N. Tsyranov, IEEE Trans. Plasma Sci., 44, 1888 (2016).

## МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УВЕЛИЧЕННЫМ ВЫХОДНЫМ МОМЕНТОМ

Петров А.А., Зайнуллин А.А.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [PetrovAlekse95@mail.ru](mailto:PetrovAlekse95@mail.ru)

## AC MACHINES WITH INCREASED OUTPUT MOMENT

Petrov. A.A., Zainullin A.A.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

In this paper we consider the winding of the stator of an alternating current machine with 12 slots per pole division. During the calculation, the numerical values of the engine output torque were obtained.

Схема включения обмоток и векторная диаграмма напряжений показаны на рис. 1.

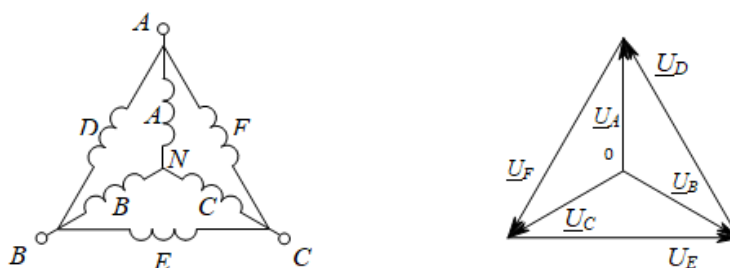


Рис. 1. Схема включения фаз обмотки и векторная диаграмма напряжений

Основной эффект данного расположения обмоток достигается из-за того, что обмотки смещены в пространстве на угол  $\pi/6$  радиан (на 30 электрических градусов). Фазные напряжения обмоток сдвинуты по фазе на тот же угол и отличаются по амплитуде в  $\sqrt{3}$  раз. В результате первые пространственные гармоники МДС обмоток совпадают в пространстве, т.е. их амплитуды складываются арифметически.

На рисунке 2 показана обмотка двойного питания с обмоткой  $A, B, C$ , соединенной в звезду, и с обмоткой  $D, E, F$ , соединенной в треугольник. Обмотки  $A, B, C$  и  $D, E, F$  являются диаметральноными, сдвинуты в пространстве на один паз.

В ходе расчетов были получены следующие основные величины и выводы :

1. Переход на обмотку двойного питания с соединением фаз в звезду и треугольник позволяет при сохранении мощности потерь в обмотке статора увеличить амплитуду МДС на 7,18 %, что соответствует увеличению момента синхронной машины на 7,18 %, а асинхронной машины – на 14,87 %. Однако при сохранении плотности тока мощность потерь в лобовых частях обмотки статора немного возрастет из-за увеличения длины лобовых частей при диаметральной

обмотке. Мощность потерь в обмотке ротора асинхронного двигателя прямо пропорциональна электромагнитному моменту и в случае обмотки двойного питания увеличивается вместе с моментом.

2. Переход на диаметрально обмотку двойного питания практически не меняет относительный состав высших пространственных гармоник.

3. Отметим полное отсутствие высших пространственных гармоник с номерами 5, 7, 17, 19, 29, 31 и т.д. у новой обмотки. Это облегчает устранение других высших пространственных гармоник.

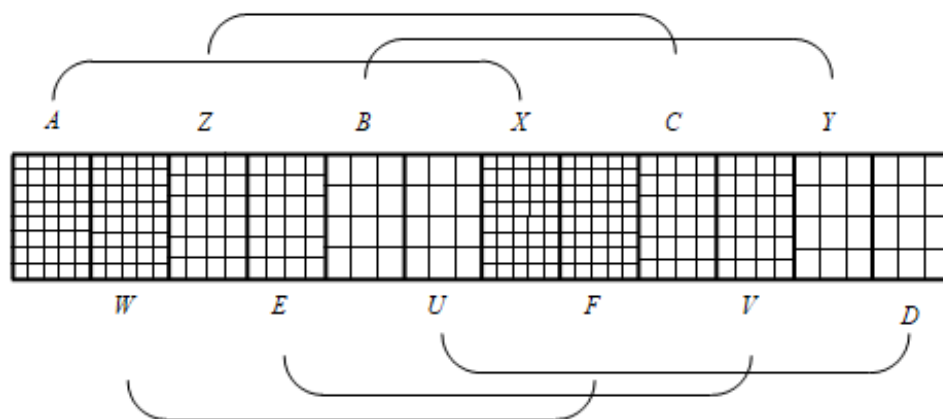


Рис. 2. Схема обмотки двойного питания

1. *Афанасьев А.Ю., Петров А.А., Каримов А.Р.* «Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева» – Казань: Издательство КНИТУ-КАИ, 2018, № 1. С. 62 – 65.
2. *Прохоров С.Г.* Электрические машины: учеб. пособие для студ.вузов / С.Г. Прохоров, Р.А. Хуснутдинов. – Ростов на Дону: Феникс, 2012. – 409 с.

## МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УВЕЛИЧЕННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРИ 24 ПАЗАХ НА ПОЛЮСНОЕ ДЕЛЕНИЕ

Петров А.А., Чувиляев О.В.

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им А.Н. Туполева, Казань, Россия

\*E-mail: [PetrovAlekse95@mail.ru](mailto:PetrovAlekse95@mail.ru)

## AC MACHINES WITH ENLARGED ENERGY CHARACTERISTICS AT 24 SLOTS ON THE POLES DIVISION

Petrov A.A., Chuvilyaev O.V.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

In this paper, we consider the winding of the stator of an alternating current machine with 24 slots per pole division. In the course of the calculation, numerical values of the highest spatial harmonics were obtained.

На рисунке 1 показана обмотка двойного питания с полуобмоткой  $A, B, C$ , соединенной в звезду, и с полуобмоткой  $D, E, F$ , соединенной в треугольник. Полуобмотки  $A, B, C$  и  $D, E, F$  имеют укороченный шаг (11 пазов) и сдвинуты в пространстве на два пазы или на  $30^\circ$ . Фазы  $A, B, C$  отмечены штриховкой.

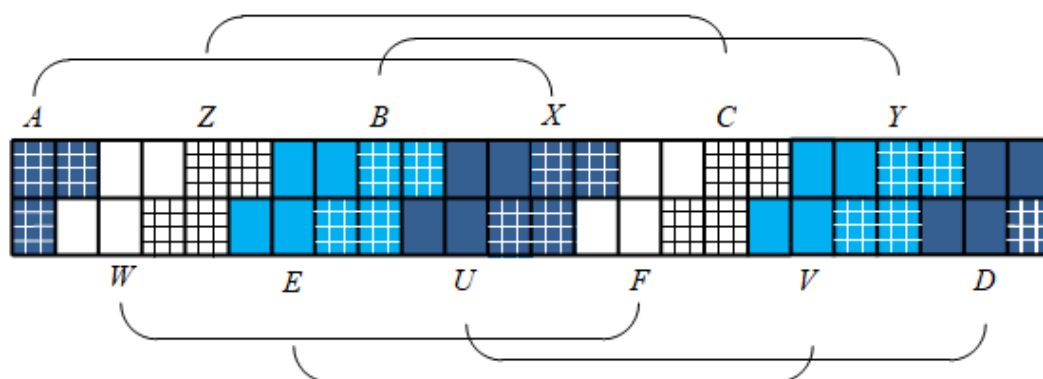


Рис. 1. Схема обмотки двойного питания

В ходе расчетов было получено распределение МДС по окружности статора (см. рисунок 2).

Так же были рассчитаны амплитуды высших пространственных гармоник МДС. В таблице представлены значения амплитуд различных гармоник для двухслойной традиционной обмотки  $A_{nm}$  и для двойной обмотки с комбинированным питанием  $A'_{nm}$ . Видно, что во втором случае гармоники с номерами 5, 7, 17, 19, 29, 31 и т.д. отсутствуют. Далее, амплитуда первой гармоники традиционной обмотки составляет 0,941064 от амплитуды второй обмотки.

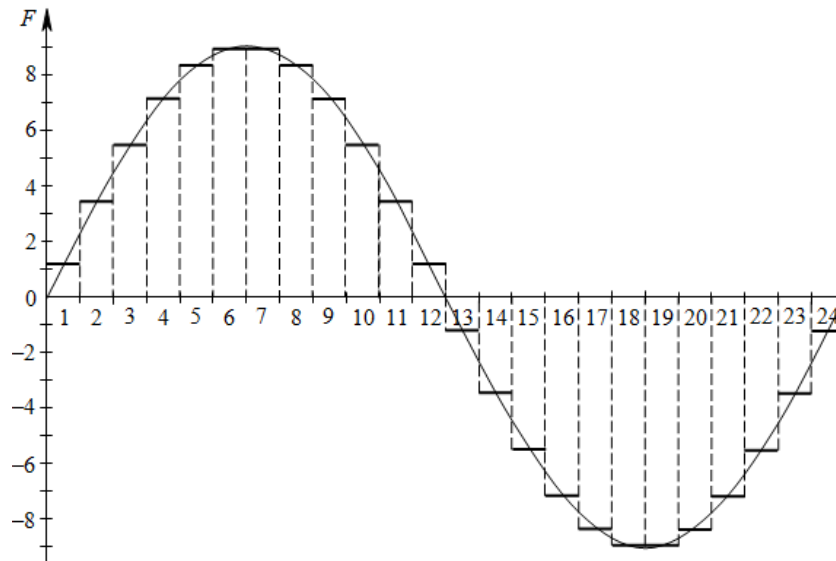


Рис. 2. Распределение МДС обмотки двойного питания

$n$	1	5	7	11	13	17	19	23	25
$A_{,nm}$	7,0667	0,0812	0,0445	0,0846	0,0716	0,0183	0,0214	0,3075	0,2830
$A'_{nm}$	7,5093	0	0	0,0118	0,0100	0	0	0,3268	0,3007

1. Прохоров С.Г. Электрические машины: учеб. пособие для студ.вузов/ С.Г. Прохоров, Р.А. Хуснутдинов. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 409 с.
2. Усольцев А.А. Электрические машины. Учебное пособие. [Электронный ресурс] – Электрон.дан. – Спб.:НИУ ИТМО, 2013. – 41 с.

## **ВИХРЕВАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Полетаев Д.А.<sup>\*</sup>, Соколенко Б.В., Нудьга А.А., Старосек А.В.

Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского, г. Симферополь, Россия

\*E-mail: [poletaevda@cfuv.ru](mailto:poletaevda@cfuv.ru)

### **VORTEX HOLOGRAPHIC MICROSCOPY FOR CONSTRUCTION OF ARCHAEOLOGICAL OBJECTS' THREE-DIMENSIONAL MODELS**

Poletaev D.A.<sup>\*</sup>, Sokolenko B.V., Nudga A.A., Starosek A.V.

V.I. Vernadsky Crimean federal university, Simferopol, Russia

In this work a new method for building a three-dimensional model of archaeological objects was proposed. Its experimental part is described. Conclusion about its applicability is made.

Археологические объекты довольно часто оказываются поврежденными: они разделены на несколько составных частей. Их сбор, установление соответствия и соединение является актуальной научной задачей [1]. Для восстановления одного средневекового кувшина исследователями тратится довольно много времени. С этой точки зрения является целесообразным предложить метод, использующий современные достижения физики, для упрощения этой кропотливой работы. При этом требуется построить цифровые трехмерные модели отдельных элементов структуры и проверить различные комбинации их сочетания.

Задача получения трехмерных изображений в микромасштабе на сегодняшний день решается с помощью методов классической широкопольной оптической микроскопии [2]. Однако к существенным недостаткам данного метода следует отнести ограничения, связанные с предельным значением разрешающей способности, обусловленной дифракционными явлениями в оптической системе, определяемыми дифракционным пределом Аббе и критериями Рэля. Вихревая голографическая микроскопия представляет собой голографическое восстановление пространственных фазовых распределений волнового поля от изменяющегося во времени объекта с высокой разрешающей способностью. Применяя ее, можно определить относительные изменения фазы исследуемого сигнала (пространственного или временного) путем сравнения восстановленных волновых полей от объекта, прошедших по одному оптическому пути в разные моменты времени. Вихревая голографическая интерферограмма выявляет изменения объекта за время между последовательной записью волновых полей на голограмме и дает возможность интерферометрического сравнения этих восстановленных волновых фронтов.

Целью работы является предложение метода вихревой голографической микроскопии для построения трехмерных моделей археологических объектов.



Схема экспериментальной установки содержит: лазер, линзы, делительные кубы, диафрагмы, зеркала, сканируемый объект, фильтры, камеру, устройства перемещения объекта. При изменении геометрии объекта, изменяются параметры оптического вихря (дробный заряд, угол поворота геликоида), которые детектируются по изменению изображения на камере.

Предлагаемый метод помимо качественного наблюдения поверхностных и объемных особенностей объектов позволяет восстанавливать трехмерную геометрическую форму объекта по массиву накопленных в вычислительной системе данных. Экспериментально доказано высокое разрешение и применимость данного метода.

*Исследование выполнено в рамках поддержанного федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» гранта № ВГ18/2018.*

1. Ядута Л., Совр. тенденции развития науки и технологий, 2, 99 (2016).
2. Stanislav K., biophysical journal, 88, 3741 (2005).

## **КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЯХ**

Ригмант М.Б.<sup>1</sup>, Корх М.К.<sup>1</sup>, Проскурина И.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [MilentarA@yandex.ru](mailto:MilentarA@yandex.ru)

## **CONTROL OF ELECTRIC PARAMETERS FOR THE ESTIMATION OF MARTENSITE TRANSFORMATIONS IN AUSTENITIC STEELS**

Rigmant M.B.<sup>1</sup>, Korkh M.K.<sup>1</sup>, Proskurina I.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this work we studied the influence of thermodeformation effects on the phase composition and electrical properties of austenitic chromium-nickel steels. It is shown that the resistivity can serve as one of the control parameters of the phase composition of corrosion-resistant heat-resistant steels. The paper presents a device for express measurements of the values of electrical resistivity.

Измерения фазового состава являются определяющим фактором контроля качества изделий из аустенитных хромоникелевых сталей, особенно в условиях эксплуатации, при которых материал изделий может испытывать

термодеформационные воздействия, при которых возможен распад аустенита с ГЦК решеткой ( $\gamma$ ) и образованием нежелательной фазы мартенсита деформации ( $\alpha'$ ). При этом происходят превращения типа  $\gamma \rightarrow \alpha'$ . Так как мартенсит обладает ферромагнитными свойствами, а аустенит парамагнитен, то для контроля содержания  $\alpha'$ -фазы в аустенитно-мартенситных сталях, часто используют метод магнитного насыщения. Но, для применения этого метода необходимо иметь специальную дорогостоящую аппаратуру. Другой возможный вариант фазового контроля – это использование электрических свойств. При образовании в аустенитном материале фазы деформационного мартенсита резко возрастает количество дислокаций, особенно на межфазных границах. Следствием этого процесса может быть и увеличение значений удельного электрического сопротивления  $\rho$ . Для измерения величины  $\rho$  требуется гораздо меньше измерительной аппаратуры. В Институте физики металлов имеются стационарные установки для определения удельного электрического сопротивления на образцах различной формы и размера. Кроме этого, в Институте разработаны приборы для измерения величины  $\rho$  в широком диапазоне значений, в частности, малогабаритный переносной прибор «МИКРООММЕТР СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ» [1-2].

Для изучения процесса появления мартенситной фазы в аустенитных сталях были изготовлены образцы с различным исходным содержанием фазы феррита – от 2 до 40%. В исходном состоянии были проведены измерения магнитных и электрических свойств – намагниченности насыщения, коэрцитивной силы и удельного электрического сопротивления. После этого образцы были подвергнуты деформированию на 10% прокаткой при температуре жидкого азота. Далее опять проводились измерения магнитных и электрических свойств. На следующих этапах образцы подвергались деформации 20% и 30%.

Результаты измерений показали, что не только намагниченность насыщения может служить параметром фазового контроля образовавшегося мартенсита деформации, но и значения удельного электрического сопротивления однозначно связаны с количеством магнитоупорной фазы мартенсита, полученного при термодеформационном распаде аустенита [3-4].

1. Ригмант М.Б. Дефектоскопия 2018, №2, p.27 (14 pp.) 2018
2. Ригмант М.Б., Корх М.К. МНИЖ, Т.11 (77), №1, с.74-79, 2018
3. Огнева М.А., Ригмант М.Б. и др. Дефектоскопия 9 №, p.35 (9 pp.) 2017
4. Muraviev V.V., Muravieva O.V. et al., AIP Conf. Proc. **2053** №, p.20007 (5 pp.) 2018

## ЗАВИСИМОСТЬ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ОТ ЧИСЛА СФЕР У СПЕКТРОМЕТРА БОННЕРА

Пышкина М.Д.\*, Волошин А.М.

Уральский федеральный университет имени первого президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maria1pyshkina@gmail.com](mailto:maria1pyshkina@gmail.com)

## THE DEPENDENCE OF THE UNCERTAINTY ON THE AMOUNT OF SPHERE AT BONNER SPHERE SPECTROMETER

Pyshkina M.D.\*, Voloshin A.M.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The determination of neutron spectrum using Bonner Sphere Spectrometer has done. The spectrum of  $^{238}\text{Pu}(\alpha, n)\text{Be}$  source has been unfolded. Also, spectrums for different materials and thickness absorbers has been unfolded and represented.

Основные принципы радиационной безопасности согласно статье 3 ФЗ «О радиационной безопасности населения»: обоснования, оптимизации и нормирования. Качество соблюдения этих принципов зависит от точности определения эффективной дозы облучения.

Эффективная доза облучения – основная величина при нормировании ионизирующего излучения, которая используется как мера риска наступления последствий облучения человека для его органов и тканей. Она рассчитывается как сумма произведений эквивалентных доз для органа или ткани на соответствующий взвешивающий коэффициент.

Нейтронное излучение является одним из видов ионизирующего излучения, которое необходимо учитывать при расчётах радиационной безопасности. Его эффективная доза зависит от энергетического спектра, соответственно, чтобы правильно оценить мощность дозы необходимо знать нейтронный спектр, который определяется с той или иной неопределённостью [1-3].

Для определения нейтронного спектра использовался спектрометр Боннера. Целью экспериментальных работ является определение и обоснование достаточного количества сфер спектрометра Боннера для использования на рабочем месте. Исследование проводилось на  $^{238}\text{Pu}(\alpha, n)\text{Be}$  источнике нейтронов.

Задача восстановления спектрометра Боннера неоднозначна, поскольку число математических функций, которые получаются набором сфер, теоретически бесконечен. На практике, информация о спектре увеличивается вместе с увеличением количества сфер, но количество добавленной информации уменьшается с каждой добавленной сферы, поскольку функции откликов от сфер в отдельности частично взаимосвязаны [4]. Также необходимость определения достаточного количества сфер спектрометра обусловлена экономическими соображениями.

1. Пышкина М.Д., Никитенко В.О. и др., АНРИ. №4 (95), 15-23 (2018).
2. Никитенко В.О., Пышкина М.Д. и др., Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2018, Т.1, 889-894 (2018).
3. R. Bedogni, D. Bortot et al., Radiation Protection Dosimetry published August 13, 1-5 (2015).
4. S. Agosteo, R. Bedogni et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. V.A, №694, 55-68 (2012).

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГРУТ

Розевика А.А.<sup>1\*</sup>, Веселков А.Ю., Мартынов Г.В.

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [rozevika@inbox.ru](mailto:rozevika@inbox.ru)

## THE SOFTWARE FOR THE GRUT MOBILE COMPLEX

Rozevika A.A.<sup>1\*</sup>, Veselkov A.U., Martinov G.V.

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Annotation. For ensuring work of a mobile complex on studying of distribution of temperature in the thickness of soil, the software is developed. The software allows to connect a complex with the personal computer and to make receiving data from this complex.

Мобильный комплекс ГрУТ (градиентмер универсальный температурный) был создан для получения данных о распределении температур в толще различных дисперсных сред [1]. Основными его преимуществами являются мобильность и универсальность, позволяющие производить измерения в полевых условиях практически на любых глубинах или толщинах. Кроме того имеется возможность автономной работы измерительного комплекса в течение значительного периода времени.

Для получения данных, снятых датчиками измерительного комплекса с изучаемого объекта, было разработано программное обеспечение. Достоверность получаемых значений было проверено в лаборатории при помещении комплекса в тепловую камеру при различных температурных условиях.

Программное обеспечение позволяет коммутироваться с измерительным комплексом с помощью подключения к компьютеру через USB интерфейс или по беспроводной Wi-Fi линии. Т.к. в измерительном комплексе предусмотрен модуль, позволяющий накапливать измеренные данные в виде текстового файла на карте памяти, то данное программное обеспечение может производить

считывание информации как в on-line режиме, так и непосредственно с карты памяти при подключении к измерительному модулю.

Пользовательский интерфейс (Рис. 1) написан в MS Visual Studio на языке программирования C#. Для облегчения работы исследователя, подключение измерительного комплекса к компьютеру и считывание данных происходит автоматически без дополнительных настроек. Для получения данных с устройства достаточно указать режим работы с измерительным комплексом, способ подключения к измерительному комплексу и место на компьютере, куда будет производиться выгрузка данных. Для оценки работоспособности измерительного комплекса на пользовательской форме программы предусмотрен вывод текущих значений с датчиков, включенных в измерительный модуль. В списке отражается количество распознанных датчиков и значения температур, снимаемые данными датчиками.

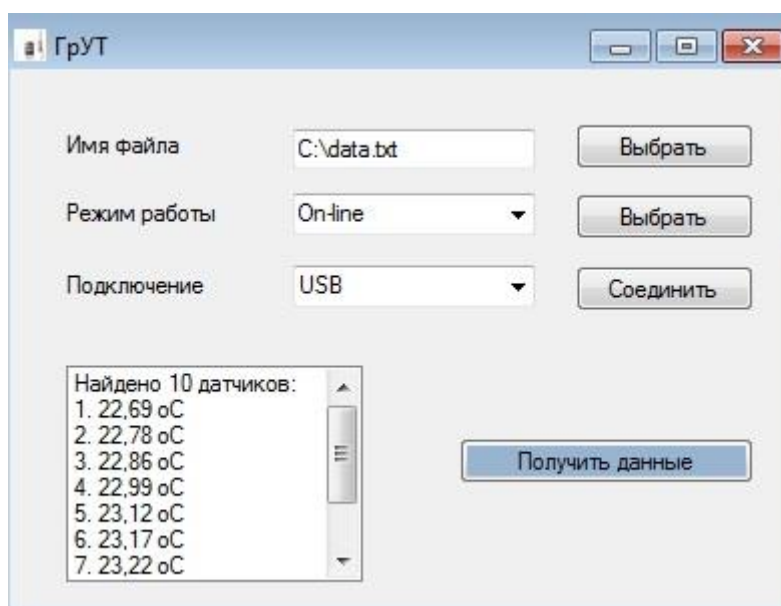


Рис. 1. Пользовательский интерфейс измерительного модуля

1. Розевика А.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В., Physics, Technologies and Innovation (PTI-2018), AIP Conf. Proc (2018).

## ESTIMATE THE ABSOLUTE EFFICIENCY BY MATLAB FOR THE NaI(Tl) DETECTOR USING IAEA-314

Hesham M.H. Zakaly<sup>1,2</sup>, Mohamed A. Uosif<sup>1,3</sup>, Shams Issa<sup>1,4</sup>, Mujahed Saif<sup>2\*</sup>,  
Mahmoud Tammam<sup>1</sup>, Atef El-Taher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, Egypt

<sup>2</sup>Institute of physics and technology, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia.

<sup>3</sup>Physics Department, College of Science, Al Jouf University, KSA

<sup>4</sup>Physics Department, College of Science, Tabuk University, KSA

\*E-mail: [mujahed@azhar.edu.eg](mailto:mujahed@azhar.edu.eg)

This work aims to calculate the absolute efficiency at any interesting  $\gamma$ -energy in the energy range between 10 and 1764 keV by using a fit function which has been developed to calculate theoretically the absolute  $\gamma$ -ray detection efficiencies of a cylindrical NaI(Tl) crystal. The efficiency of the NaI(Tl) calculator is a program built in MATLAB by the author of this paper to make it easier to calculate the efficiency of a standard source. The absolute  $\gamma$ -ray detection efficiencies have been calculated for detectors 3" x 3" inches NaI(Tl) crystal. The absolute efficiency of the NaI(Tl) detector was calculated using standard sources (IAEA-314) which have a known activity of <sup>226</sup>Ra (732 Bq kg<sup>-1</sup>) and <sup>232</sup>Th (17.8 ppm). In this calculation, experimental and theoretical efficiencies have been calculated.

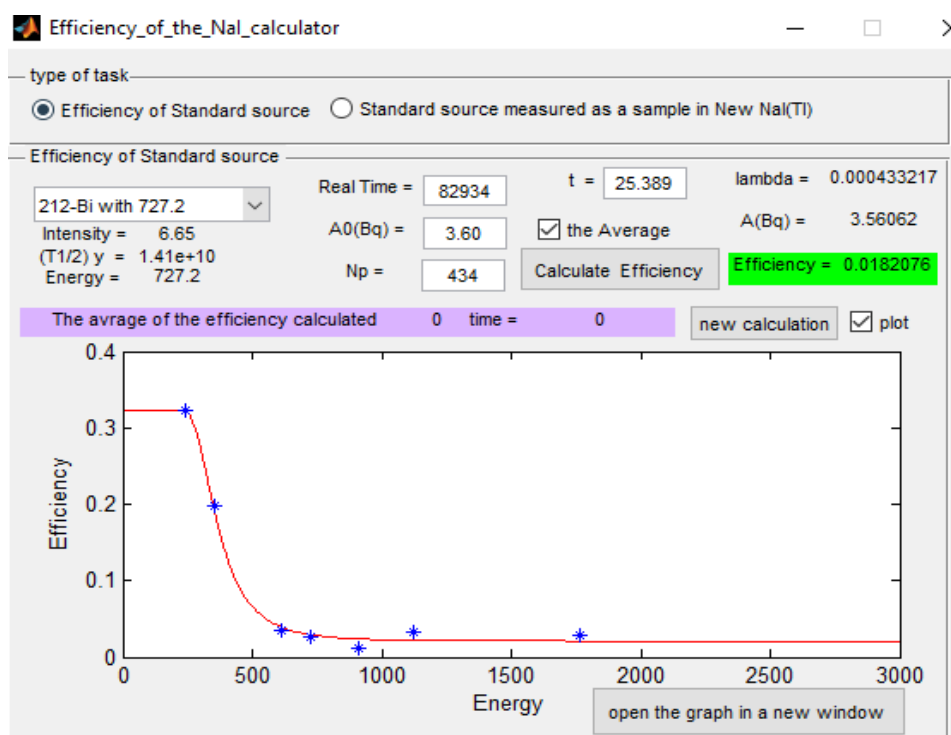


Fig 1. Full energy peak efficiency as a function of gamma ray energy for a typical NaI (Tl) detector for standard source (IAEA-314) which have known activity of <sup>226</sup>Ra (732 Bq kg<sup>-1</sup>) and <sup>232</sup>Th (17.8 ppm)

The uncertainties of efficiency calibration have been calculated also for quality control. Measurements were performed with calibrated point source. Gamma-ray energies under consideration were 0.356, 0.662, 1.17 and 1.33 MeV. Efficiency function was obtained by applying Weibull Model equation to the experimental efficiency data which give Best agreement between experimental and theoretical absolute detection efficiencies of 3×3-inch detector for gamma energy[1,2].

1. Hamed Mohammed H M 2018 Natural Radioactivity along Red Sea Coastline, Egypt: Radiological Impact & Heavy Metals of Sediment Samples, Measurement (Egypt: Al-Azhar University)
2. El-Taher A, Zakaly H M H and Elsaman R 2018 Environmental implications and spatial distribution of natural radionuclides and heavy metals in sediments from four harbours in the Egyptian Red Sea coast Appl. Radiat. Isot. 131 13–22.

## ТРАНСФОРМАТОРЫ ЛЬЮИСА С СОГЛАСУЮЩИМИ СУММАТОРАМИ

Семченко В.А.\*, Кладухин В.В.

Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук,  
Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [laepr@iep.uran.ru](mailto:laepr@iep.uran.ru)

## LEWIS TRANSFORMERS WITH MATCHING ADDERS

Semchenko V.A.\*, Kladukhin V.V.

The Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences  
(IEP UD RAS), Yekaterinburg, Russia

Annotation. The formation of high-powered nanosecond pulses by adding partial pulses within the Lewis transformer model is considered. The variants of the transformer design with matching adders of pulses are given.

Идея согласованного суммирования совокупности парциальных импульсов, распространяющихся по коаксиальным передающим линиям, для получения мощных импульсов высокого напряжения, была изложена в работе Льюиса [1], где сложение импульсов предлагается выполнять путём последовательного соединения выходов передающих линий между собой и с нагрузкой с использованием соединительных проводников. При этом предполагается, что соединения обладают необходимой электропрочностью, а их влияние на электродинамические процессы ничтожно.

Для сложения мощных высоковольтных импульсов наносекундной длительности характерны значительные длины соединений и связанные с ними большие

индуктивности и электромагнитные излучения, приводящие к искажению формы результирующих импульсов относительно парциальных.

В докладе рассматриваются варианты согласующих сумматоров на основе закрытых двухпроводных линий, свободных от вышеуказанного недостатка, которые обеспечивают сложение парциальных импульсов в режиме бегущих ТЕМ-волн, пакетами которых можно заменить импульсы распространяющиеся по двухпроводным линиям. Для реализации сумматоров используются соединения коаксиальных и радиально-коаксиальных Т-образных тройников, с применением вложенного и/или последовательного их сопряжения. Возникающие в процессе соединения ненужные каналы связи, по которым могут протекать шунтирующие (паразитные) токи, блокируются с помощью кольцевых магнитопроводов, создающих индуктивно-резистивную развязку.

1. Lewis A.D., Electronic Eng. Vol. 27. P. 448-450 (1955).

## CURRENT COMPARATOR DESIGN

Serazetdinov A.R. \*, Atkin E.V.

National Research Nuclear University MEPhI

E-mail: [mrsuglikov@gmail.com](mailto:mrsuglikov@gmail.com)

The comparator input is presented by the 6bit differential current output DAC added to the differential signal coming from current output shaper. The comparator is to find the larger of these two differential current signals to determine its output state.

Shaper differential output signals are presented in gaussian form and could vary in amplitude from 50 nA up to 4  $\mu$ A range. DAC DC differential outputs are moved apart at the comparator's input so as to match shapers' range, i.e. from 0 A up to 4  $\mu$ A on each differential line. Shaper's signals are also biased by 3  $\mu$ A current (DC offset).

The comparator is to provide the output switching on the counter load in less than 5 ns range and to be minimized in terms of area and current consumption. We have used UMC CMOS MMRF 180 nm process for the application.

Switching effects and interference through supply rails are to be excluded (main restriction), so there should be no significant (more than 200-300 mV) voltage transitions on intermediate comparator structure stages.

As a reference point of design several current comparator basic schemes have been studied from literature sources, including Traff's [1], Bank's [2], Wang's [3], Chasta's [4]. Finally, the high-compliance mirror topology was chosen as most suitable to fit target requirements. The block-diagram of the current comparator is presented in figure 1.

The distinguishing feature of our design is the absence of high voltage transitions on the intermediate amplification stages to suppress the noise on the input from supply



rail and back-propagation. The signal is presented mostly in differential form, so that common mode noise contributions are mutually subtracted.

This solution however needs tight control over each essential parameter in the schematic by negative feedback paths so that the chip area grows larger. To increase the gain of the converter gain-boosting was used. The description of each block are presented in full version of this work.

Cadence Virtuoso environment was used and the design process was comprised of several steps namely: schematic design, corner analyses and Monte-Carlo modeling, layout, parasitic parameters extraction and verification processes.

The circuit was tested over following corner conditions: power supply variation (1.6 V – 2 V), temperature (0-80 °C), technology variation (ss, tt, ff, fns<sub>p</sub>, fps<sub>n</sub>).

The total area requirements for the design are 100 μm by 50 μm. The total current consumption is not more than 40 μA over all variations.

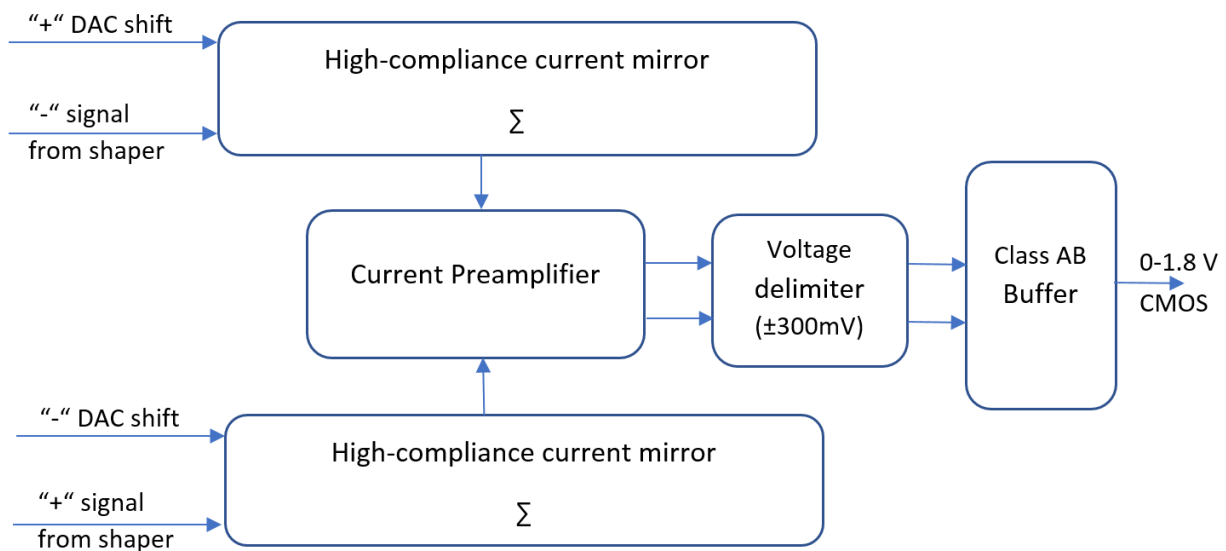


Fig. 1. Block diagram of current comparator

1. H. Traff. *Electronics Letters* **28**, №3, 310-312 (1992).
2. D. Banks and C. Toumazou. *Electronic Letters* **44**, №3, 171-172 (2015).
3. Y. Wang, H. Wang and G. Wen. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, **24** (2015).
4. N.K. Chasta. *International Journal of VLSI Design & Communication Systems (VLSICS)*, **3**, №1, 85-96 (2012)

## **РАСЧЕТ И СОЗДАНИЕ МАГНИТОЭКРАНИРОВАННЫХ ВЫСОКООДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ COMSOL MULTIPHYSICS**

Сергеев А.В.\*, Нархов Е.Д., Денисов А.Ю., Сапунов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [sergeev.ftf@gmail.com](mailto:sergeev.ftf@gmail.com)

## **CALCULATION AND CREATION OF HIGLY HOMOGENEOUS MAGNETIC SYSTEMS USING COMSOL MULTIPHYSICS**

Sergeev A.V.\*, Narkhov E.D., Denisov A.Y., Sapunov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We have studied the magnetic field of solenoid inside multi-layered cylindrical screen. Also we have evaluated heterogeneity orders of this field and presented variations of increasing homogeneity with help of additional electric coils.

Получение магнитного поля, обладающего высокой однородностью в заданном объёме, является важной задачей. Контролируемое однородное магнитное поле может найти множество применений, к примеру, в качестве среды для поверки и калибровки магнитоизмерительного оборудования.

Системы, способные создавать подобное поле, состоят, как минимум, из двух частей: экранирующей и создающей поле. Из практических соображений, простейшая такая система имеет цилиндрическую форму (для удобного доступа в зону однородного поля).

Что касается цилиндрических магнитных экранов, для них аналитически найдены приближенные решения магнитоэстатических задач по ослаблению внешнего поля [1, 2], которые, все же неприменимы, когда речь идет о вычислении однородности магнитного поля и создании высокооднородных систем, имеющих произвольные геометрические параметры.

Для системы, состоящей из соленоида, помещенного внутрь экранирующих оболочек, найти аналитическое решение не представляется возможным. В связи с этим было предложено провести физическое моделирование методом конечных элементов в пакете Comsol Multiphysics. Пример результатов этого моделирования приведен на рисунке 1. Было установлено, что поле, создаваемое помещенным в экран соленоидом, имеет большую однородность в сравнении с обычным соленоидом.

Так же, поле на оси экрана при экранировании внешнего однородного МП – неоднородно. Это связано с двумя факторами: конечные размеры цилиндра позволяют лишь приблизительно считать ослабление МП через материал экрана равным в области рабочей зоны; экспоненциально спадающее поле, проникшее

через открытые концы экрана в силу его малой длины, вносит вклад в общее поле, делая его зависимым от координаты.

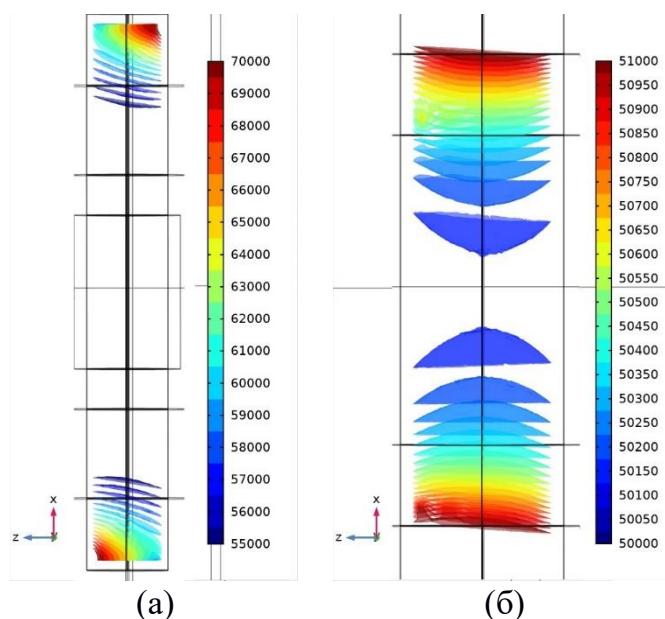


Рис. 1. Эквипотенциальные поверхности поля внутри системы экран-соленоид (поле в нТл), а – крайние области, б – центральная область

В связи с этим может быть предложено использование системы витков с током, расположенных на краях экрана с целью ослабить проникающее внешнее поле, снижая магнитную нагрузку на материал экрана. Согласно расчетам, однородность системы экран-соленоид – возрастает, при правильном выборе величины ампер-витков, на несколько порядков. К сожалению, подобная система связана с параметрами внешнего поля и требуемого создаваемого внутри поля, что лишает этот метод универсальности в плане создания различных значений поля равной однородности.

1. S.M. Freaake and T.L. Thorp, Rev. Sci. Instrum. **42**, 1411 (1971).
2. A. Mager, J. Appl. Phys. **39**, 1914 (1968).

## РАЗРАБОТКА ДОРОЖНОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРАМИ СО СВЕТОДИОДНЫМИ МОДУЛЯМИ

Шилов А.О., Моисейкин Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [artshilovekb@gmail.com](mailto:artshilovekb@gmail.com)

## DEVELOPMENT OF TRAFFIC LIGHTS CONTROLLER FOR LED-BASED TRAFFIC LIGHTS

Shilov A.O., Moiseykin E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This abstract is devoted to the development of traffic lights controller, which is configured to work with LED-based traffic lights. Main characteristics and basic features of the developed controller to provide the necessary performance are described in this paper.

В настоящее время происходит развитие концепций безопасного и умного города, в рамках которых будут интегрированы различные информационные системы с объектами городской инфраструктуры, что создает необходимость в модернизации существующего оборудования, в частности требуется усовершенствование устройств, обеспечивающих управление светофорными объектами – дорожных контроллеров. «Умные» дорожные контроллеры смогут не только управлять движением транспорта по заранее заданной программе, но и, например, оповещать обслуживающие организации о поломке светофоров, регулировать движение с учётом текущей дорожной обстановки или сообщать горожанам о текущей ситуации на дорогах.

В рамках магистерской диссертации совместно с АО «ПО «УОМЗ» ведётся разработка дорожного контроллера для светофоров со светодиодными модулями серий ДС-7, ДС-8. В ходе настоящей работы были разработаны структурная и принципиальная схемы дорожного контроллера, а также реализовано выполнение базовых функций. Контроллер обеспечивает переключение сигналов транспортных и пешеходных светофоров, блокирует одновременное включение сигналов светофоров, разрешающих движение в конфликтных направлениях, обеспечивает защиты выходных цепей от перегрузок и замыканий, позволяет обеспечивать контроль исправности светофорного объекта.

Изделие состоит из блока контроллера и блока симисторов, отвечающих за переключение сигналов светофоров, а также блока питания мощностью 20 Вт. Блок контроллера представляет собой печатную плату с микроконтроллером и подключенной к нему периферией, необходимой для управления работой светофорного объекта. Размещенные на плате разъёмы USB и Ethernet позволяют проводить изменение программы переключения светофорного объекта, в том числе и удалённо. Блок симисторов выполнен в виде двух отдельных идентичных

печатных плат, что позволяет упростить обслуживание устройства на светофорном объекте. Блок питания выполнен по схеме обратного преобразователя с гальванической развязкой.

В настоящее время ведётся доработка программного обеспечения, позволяющего обеспечить взаимодействие устройства с разработанными дорожными светофорами и реализовать концепцию «умного» города.

## **ОПИСАНИЕ СВС-РЕАКТОРА И БЛИЖАЙШИЕ ПЛАНЫ ПО ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ**

Синев М.М.<sup>1\*</sup>, Сидоренко Ф.А.<sup>1</sup>, Райков Д.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [masinogo@gmail.com](mailto:masinogo@gmail.com)

## **DESCRIPTION OF THE SHS REACTOR AND THE NEAREST PLANS FOR ITS USE**

Sinev M.M.<sup>1\*</sup>, Sidorenko F.A.<sup>1</sup>, Raikov D.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The installation is necessary for the synthesis of silicide-oxide composites, which are the basis of metal-free pastes for thick-film resistors. Designed pastes allow to produce thick-film resistors with high performance.

Установка представляет собой вакуумируемый реактор для проведения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Реактор оснащён форвакуумным насосом, понижающим трансформатором для иницирующего поджига вольфрамовой проволоки, а также баллоном с инертным газом.

Процесс СВ-синтеза включает в себя подготовку шихты из исходных порошковых материалов, прессование брикета, помещение его в реактор, вакуумирование с последующим заполнением реактора инертным газом, иницирование реакции (поджиг), длящейся примерно десять секунд, охлаждение до приемлемой температуры и извлечение получившегося спёка.

Установка необходима для синтеза силицидно-оксидных композитов, представляющих основу бездрагметалльных паст для толстоплёночных резисторов. Разработанные пасты позволяют изготавливать толстоплёночные резисторы с высокими эксплуатационными характеристиками (патент получен в 2018 году).

Описанная выше установка необходима для наработки первичного материала для изготовления резистивных паст и поиска составов композитов, обеспечивающих дальнейшее их совершенствование.

Предполагается проведение поисковых работ по созданию толстоплёночных резисторов для детектирования нейтронов.

1. Сидоренко Ф.А., Кротов А.Д. Новое поколение паст для толстопленочных резисторов//Физические свойства металлов и сплавов: VII Всероссийская научно-техническая конференция (Екатеринбург, 11 – 15 ноября 2013 г.) : Сборник тезисов докладов. – Екатеринбург : УрФУ, 2013.– С. 14
2. Кротов А.Д., Сидоренко Ф.А. Паста для толстопленочных резисторов и способ её изготовления.// Проблемы спектроскопии и спектрометрии: вузовско-академический периодический сборник научных трудов. Выпуск 37.– Екатеринбург: УрФУ, 2017, С. 76-78
3. Патент на изобретение №2658644 Способ изготовления и состав пасты для толстопленочного резистора// Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 22 июня 2018 г.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВНУТРИСХЕМНОГО КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ СХЕМ**

Солодков Р.Э., Петрухнова Г.В.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: [gypetruhnova@mail.ru](mailto:gypetruhnova@mail.ru)

## **QUALITY EVALUATION OF THE IN-CIRCUIT CONTROL TEST**

Solodkov R.E., Petrukhnova G.V.

Voronezh state technical university, Voronezh, Russia

The entropy criterion is used to evaluate the quality of the in-circuit control tests in digital devices. The presented approach allows to analyze the in-circuit control test and to reduce its length.

При внутрисхемном контроле (ВК) на одни контакты цифрового устройства (ЦУ) подаётся совокупность входных сигналов ВК, а с других контактов снимаются реакции на эти сигналы. ЦУ, например, может быть представлено в виде печатной платы. Цель ВК - выявить неисправности типа «константная» и «короткое замыкание». В технологическом процессе производства цифровых устройств ВК имеет очень низкую себестоимость по сравнению с себестоимостью последующих операций контроля. Однако, в абсолютном отношении, себестоимость операций ВК является достаточно высокой. Она может достигать десятков процентов от цены ЦУ.

Оценка качества теста должна учитывать полноту покрытия им возможных неисправностей и длину теста. Тест является более эффективным, если покрывает все возможные неисправности за меньшее время (за меньшее число тестовых воздействий).

Пронумеруем в удобной для разработчика тестов последовательности все контрольные точки ЦУ, исследуемые на наличие константных неисправностей и коротких замыканий. В число контролируемых точек могут входить входы цифрового устройства, его выходы и внутренние точки, к которым имеется доступ. Пусть количество таких точек будет  $K$ . Будем считать эти точки выходами ЦУ. В той же последовательности будем фиксировать соответствующие этим точкам выходные логические сигналы, которые получаются после подачи на ЦУ некоторого входного воздействия и образуют реакцию устройства.

Представим реакцию ЦУ в виде матрицы:

$$\begin{matrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1N} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{K1} & y_{K2} & \dots & y_{KN} \end{matrix} \quad (1)$$

Для решения поставленной задачи предлагается использовать энтропийный критерий качества, представленный ниже [1]:

$$H(k_1, k_2, \dots, k_N) = - \sum_{i=1}^s k_i \cdot \ln k_i, \quad (2)$$

где  $k_i$  – число столбцов  $i$ -того типа реакции ЦУ, представленной в виде матрицы (1);  $s$  – число типов столбцов матрицы (2).

Из нескольких тестов ВК больше неисправностей покрывает тот, которому соответствует большее значение критерия. Если тестом покрываются все возможные неисправности типа «короткое замыкание», то значение критерия, будет равно 0, и все столбцы матрицы будут различными, если архитектурой ЦУ допускается такая ситуация.

Для покрытия возможных неисправностей типа фиксация необходимо, чтобы в матрице отсутствовали столбцы, состоящие только из логических единиц и столбцы, состоящие только из логических нулей.

1. Петрухнова Г.В., Вестник Воронежского государственного технического университета, 9, 17 (2013).

## АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Грозных М.В., Стурис А.Ю., Рябухин О.В.

Уральский Федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: [sturis.aleksey@yandex.ru](mailto:sturis.aleksey@yandex.ru)

## HARDWARE FOR ELECTRON BEAM ENERGY CONTROL MEASURING IN REAL TIME

Groznykh M.V., Sturis A.Y., Ryabukhin O.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of the work is to create an elaboration system for monitoring the process of sterilization. The device allows to evaluate the energy of electron beam by measuring electric current obtained from aluminum plates.

В Уральском федеральном университете на основе ускорителя электронов УЭЛР-10-10С реализован Инновационно-внедренческий центр радиационной стерилизации, который, обеспечивает радиационную обработку, в том числе и стерилизацию, различных медицинских изделий.

Целью данной работы было создание схемы для непрерывного измерения энергии ускорителя УЭЛР-10-10С. Для реализации схемы был проведён ряд экспериментов для определения формы импульса приходящего от источника сигнала (алюминиевая пластина). Форма импульса представлена на рисунке 1.а.

Для обработки данного импульса была составлена структурная схема, представленная на рисунке 1.б.

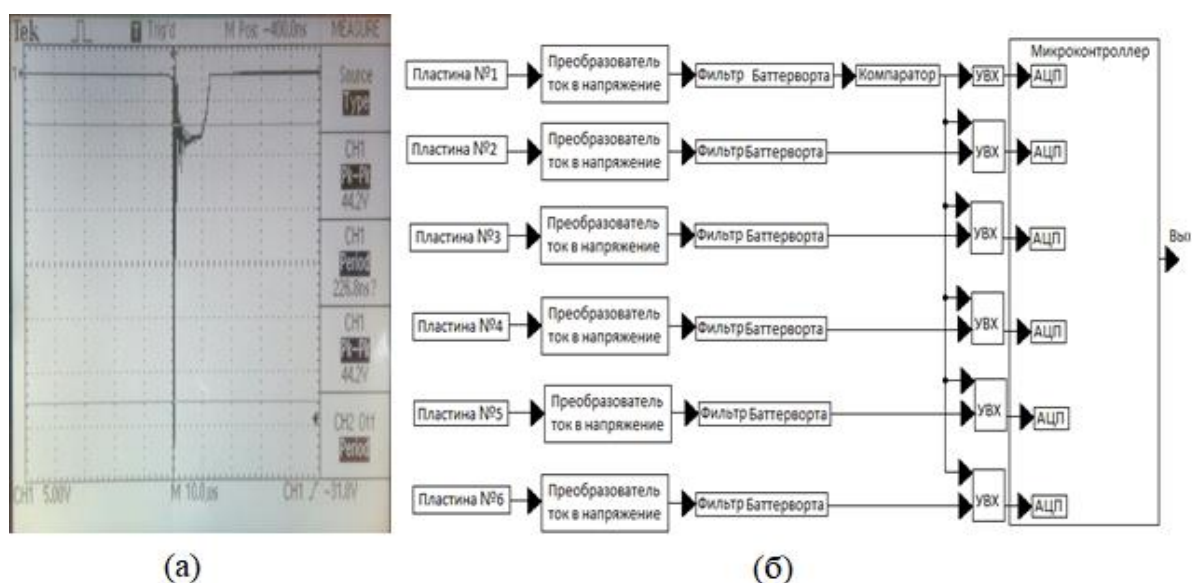


Рис. 1. (а) Форма импульса; (б) Структурная схема измерителя энергии ускорителя УЭЛР-10-10-С

Структурная схема состоит из:



1. Алюминиевой пластины являющейся источником сигнала;
2. Преобразователя ток в напряжение, в состав которого также входит ограничитель для избавления от помех большой амплитуды;
3. Фильтра Баттерворта, для фильтрации сигнала и исключения высокочастотных помех;
4. Компаратора совместно с одновибраторами для запуска устройства выборки – хранения;
5. Устройства выборки – хранения;
6. Микроконтроллера, в состав которого входит 6 АЦП для измерения сигнала с 6-ти пластин.

При использовании данного устройства, появляется возможность непрерывного контроля энергии, анализа ее изменения в зависимости от различных параметров и, как следствие, обеспечит подтверждение стерильности облучаемой продукции. Также устройство позволяет сократить эргономические и экономические затраты на однократно используемые дозиметрические пленки.

**СЕКЦИЯ 3**  
**ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

## **BERYLLIUM BIOSORPTION ON CHEMICALLY MODIFIED SULFONATED CHITOSAN: KINETICS AND THERMODYNAMICS STUDIES**

Abu El-Soad A.M.<sup>1\*</sup>, Abd El-Magied M.O.<sup>2</sup>, Kovaleva E.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Nuclear Materials Authority, El Maadi, Cairo, Egypt

\*E-mail: [chemistasmaa60@yahoo.com](mailto:chemistasmaa60@yahoo.com)

Sulfonated cross linked chitosan (SCG) has been synthesized for effective extraction of beryllium ions from their aqueous solutions. SCG has been obtained through two reaction steps. The first step is the conversion of chitosan into non-soluble cross linked chitosan (CG) by the interaction between chitosan and glutaraldehyde. The second step is the formation of sulfonate groups on the adsorbent surface through interaction between CG and chlorosulfonic acid.

Beryllium is brittle metal that is found in nature as a mineral. It has the ability to make strong covalent bonds beside its ability to form ionic bonds. It isn't soluble at neutral pH [1]. In recent decades, Scientists have given serious attention to the extraction of beryllium due to its high importance. It has been used in wide range in nuclear weapons and nuclear reactors, inertial guidance components, x-ray tubes, space optics, and microelectronics due to its light weight and high strength [2]. Although there are many methods for extraction and concentration of beryllium such as precipitation, ion exchange, ion flotation, liquid-liquid extraction and solid phase extraction-, adsorption is taken as the most effective and convenient technique [3]. Chitosan is one of the important natural cationic poly electrolytes. It is a random linear copolymer of (1-4)-N-acetyl-d-glucosamine and (1-4)-d-glucosamine units, derived by the deacetylation of chitin using high concentration of sodium hydroxide [4]. Because of easy dissolution of chitosan in dilute mineral acids, crosslinking treatments have been developed to reinforce chitosan stability in acidic solutions. The crosslinking treatments can be done by using different reagents such as ethylene glycol diglycidyl ether, epichlorohydrin, hexamethylenediisocyanate or glutaraldehyde. The Schiff's base reaction takes place between aldehyde ends of the crosslinking agent and amine moieties of chitosan to form imine functions in case of using glutaraldehyde as crosslinking agent [5,6,]. In the present work, chitosan is undergone sulfation after crosslinking with glutaraldehyde by using chlorosulfonic acid as a sulfating agent and N, N-dimethylformamide as a medium. The sorption properties of the sulfonated crosslinked chitosan (SCG) have been tested by using batch method to achieve equilibrium parameters.

1. Greene T.M., Lanzisera D.V., Andrews L, Downs A.J., Journal of the American Chemical Society, 120(24), 6097–6104 (1998).
2. Ramesh A., Rama K., Mohan, Seshaiyah K. and Venkateswarlu Choudary N., Separation Science Technology, 37(5), 1123–1134 (2002).

3. El-Magied Mahmoud O. Abd, Mansoura Asmaa, Alsayed Fathi A. Al Ghani, Atrees Mohamed Shaban & Eldayem Samia Abd, Journal of Dispersion Science and Technology, 39(11), 1597-1605 (2018).
4. Falco Cigdem Yucel, Sotres Javier, Rascon Ana, Risbo Jens, Cardenas Marite, Journal of Colloid and Interface Science, 487, 97-106 (2017).
5. Rorrer G.L., Hsien T.-Y., Way J.D, Ind. Eng. Chem. Res. 32 (1993) 2170.
6. Guibal E., Milot C., Tobin J.M., Ind. Eng. Chem. Res. 37 (1998) 1454.

## СИНТЕЗ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ТИТАНА В ПОТОКЕ ВОДОРОДА

Дорошева И.Б.<sup>1,2,3\*</sup>, Адияк Е.В.<sup>1</sup>, Валеева А.А.<sup>1,2</sup>, Ремпель А.А.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург

<sup>3</sup>) Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург

\*E-mail: [eadiyak@gmail.com](mailto:eadiyak@gmail.com)

## SYNTHESIS OF NONSTOICHIOMETRIC TITANIUM DIOXIDE IN HYDROGEN STREAM

Dorosheva I.B.<sup>1,2,3</sup>, Adiyak E.V.<sup>1</sup>, Valeeva A.A.<sup>1,2</sup>, Rempel A.A.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>) Institute of Metallurgy, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

Nostoichiometric titanium dioxide ( $\text{TiO}_{2-x}$ ) with different oxygen content was synthesized by sol-gel method followed by annealing in hydrogen stream at 200, 400, 600, 800, or 1000°C for one hour. Synthesized powders of  $\text{TiO}_{2-x}$  were characterized by XRD, BET, and DRS methods.

Образцы наноразмерного  $\text{TiO}_2$  были синтезированы золь-гель методом при pH раствора равным 6. Исходными реагентами являлись тетрабутоксид титана  $\text{Ti}(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_4$ , этиловый спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и вода  $\text{H}_2\text{O}$ . Гомогенизация раствора проводилась в перемешивающем устройстве в течение 90 мин при температуре 60 °С. Сушка полученных гелей происходила на воздухе в течение 10 часов. Отжиг порошков  $\text{TiO}_2$  проводился в потоке водорода в течение 1 часа в печи МПТ-2МР при температурах 200, 400, 600, 800 и 1000°C. Водород вырабатывался в устройстве генератора чистого водорода ГВЧ-12А.

Рентгенограммы синтезированного порошка  $\text{TiO}_2$  и порошков после отжига в среде водорода получены на автодифрактометре Shimadzu XRD-7000. Размер областей когерентного рассеяния (ОКР) оценивался по формуле Шеррера. Ширина запрещенной зоны (ЗЗ) рассчитана с помощью функции Кубелки-Мунка по

спектрам диффузного оптического отражения, записанных на спектрофотометре Edinburgh Instruments FS-5.

Установлено, что синтезированный золь-гель методом порошок  $\text{TiO}_2$  и порошок  $\text{TiO}_{2-x}$  после отжига в потоке водорода при  $200\text{ }^\circ\text{C}$  имеют аморфную структуру. Отжиг порошков при температуре выше  $200\text{ }^\circ\text{C}$  приводит к появлению кристаллической структуры – образуются анатаз и фазы Магнели.

Кроме того, порошки отличаются по цвету (от белого до коричневого), размерам ОКР (от 2 до 50 нм), удельной площади поверхности (от 30 до  $200\text{ м}^2/\text{г}$ ) и ширине ЗЗ до и после отжига (от 2.6 до 3.3 эВ). Выявлено, что при повышении температуры отжига происходит уменьшение ширины ЗЗ. Таким образом, показана возможность получения диоксида титана с уменьшенной шириной ЗЗ до 2.6 эВ, что позволит использовать его в качестве фотокатализатора, активного при его облучении видимым светом, как для окисления органических веществ [1], так и для синтеза новых органических молекул в видимом диапазоне света [2].

*Работа поддержана проектом УрО РАН 18-3-3-5.*

1. Valeeva, A.A., Kozlova, E.A. et. al., Scientific Reports, 8(1), 9607 (2018).
2. Dorosheva I. B., Rempel A. A. et. al., Inorganic materials 55 (1), 21 (2019).

## **КОРРОЗИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАСПЛАВАХ $\text{KCl-LiCl-UCl}_3$ , СОДЕРЖАЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ЦИНК**

Алимгулов Р.Р., Мальцев Д.С., Волкович В.А., Карпов В.В.,  
Абрамов А.В.\* , Половов И.Б., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [abramov.urfu@mail.ru](mailto:abramov.urfu@mail.ru)

## **CORROSION OF STRUCTURAL MATERIALS IN MOLTEN $\text{KCl-LiCl-UCl}_3$ CONTAINING METALLIC ZINC**

Alimgulov R.R., Maltsev D.S, Volkovich V.A., Karpov V.V.,  
Abramov A.V.\* , Polovov I.B., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Corrosion resistance of ferritic-martensitic 16Kh12MVSFBR steel was studied in fused  $\text{KCl-LiCl}$  mixtures containing uranium(III) chloride in the presence of metallic zinc. The rate and the mechanism of the corrosion of the material studied were determined. The processes taking place during the interaction between the steel and the melt and zinc were investigated.

Хлоридные солевые системы на основе  $\text{KCl-LiCl-UCl}_3$  являются перспективными средами для организации пирохимической технологии переработки облученного ядерного топлива. Ряд разрабатываемых технологических схем

предполагает операцию растворения оболочек ТВЭЛов в жидком цинке. В итоге, существует вероятность попадания цинка в технологические солевые электролиты, используемые на стадии электрорафинирования ОЯТ. Присутствие цинка может повлиять на коррозионную стойкость конструкционных материалов, поэтому основной целью настоящей работы являлось исследование влияния цинка на коррозионную стойкость конструкционных материалов в солевом расплаве  $KCl-LiCl-UCl_3$ .

В качестве конструкционного материала использовали ферритно-мартенситную сталь 16X12МВСФБР(ЭП823). Коррозионные испытания проводили при 500 и 650 °С. Уран в расплав вводили в виде  $UCl_3$ , содержание урана в электролите составляло 1 мол. %. Исходное содержание цинка не превышало 0.2 мас. %.

По итогам испытаний, выяснили что присутствие цинка в солевом электролите привело к увеличению скорости коррозии образцов данной стали и изменению механизма коррозии. В присутствии цинка наблюдали развитие межкристаллитной коррозии, глубина проникновения после 100 ч контакта с расплавом при 650 °С составляла 50–60 мкм. Вдоль границ зерен было обнаружено значительное количество цинка, что указывает на его роль в качестве инициатора коррозии. Кроме того, металлический цинк выступает в качестве растворителя самой стали, что приводит к потере её коррозионной стойкости.

## INSERTION OF SILICA INTO NANOPOROUS ALUMINA BY CHEMICAL DEPOSITION TECHNIQUE

Yuferov Y.V., Arnautov A.I.<sup>\*</sup>, Zykov F.M., Chukin A.V.,  
Kudyakova V.S., Shishkin, R.A.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [nero96n@gmail.com](mailto:nero96n@gmail.com)

This paper presents an experimental consideration of the deposition of silicon dioxide in a nanoporous material. The matrix was filled in organic media containing tetraethoxysilane. The analysis of the obtained product on XRD, silica, was carried out using scanning electron microscopy in combination with EDX analysis. The characteristics of the filling of nanoporous materials by chemical precipitation from organic liquid media are considered. Electro-physical characteristics of the obtained composite were studied.

Anodic nanoporous self-ordered films, have received in recent years a wide range of applications, due to their capabilities in the field of manufacturing nanofibers, nanodrotholes, nanotubes, membranes and coatings. Numerous studies have been carried out to obtain nanoporous ordered anodic films by electrochemical means [1,2]. However, within the framework of using these films as electrical insulating coatings, only the oxide layer of alumina turns out to be insufficient. In accordance with this, it is

necessary to fill the porous space of the anodic oxide film of aluminum. CVD, ALD, electrophoretic deposition and chemical deposition can be used to fill such coatings [3].

Choosing the method of filling the anodic oxide, it is necessary to take into account that the material, after obtaining by the anodizing, is chemically active and rapidly dissolves in alkaline media. Based on these prerequisites, it is necessary to select an easily decomposable organic precursor to obtain silicon dioxide without contaminating the material with hard-to-remove impurities of precursors. For the synthesis, the most industrially available material was chosen, this is tetraethoxysilane (TEOS). The following composition was used: TEOS:H<sub>2</sub>O (1:1) v/v, with the addition of HCl in an amount of 0.15%<sub>mol</sub>, and AlCl<sub>3</sub> in catalytic amounts. After that, the sample was immersed in the organic phase, in which it was well wetted. Then the sample was heat treated at 170 °C, under vacuum, for depositing silica from the liquid phase into the solid phase with a nanoporous matrix, the filling result was analyzed using SEM-EDX analysis, which is shown in Fig.1.

Electrophysical characteristics of the obtained films are divided into two categories, before filling and after. Anodic nanoporous aluminum oxide without filling, with a thickness of 30 μm and an average pore diameter of about 80±10 nm, has the following characteristics, the breakdown voltage of 375±25V, the resistance at a constant voltage of 250V is about 10±1M. The presented method of filling allows improving these parameters. When the obtained filling with silica, the breakdown voltage on the coating thickness was 642±20V, the resistance at a constant voltage at 250V was about 15MΩ, at 500V about 4.0±0.5MΩ. It is shown that the filling of pores with dioxide can improve the electrophysical characteristics of a porous material made of alumina as an electrical insulator.

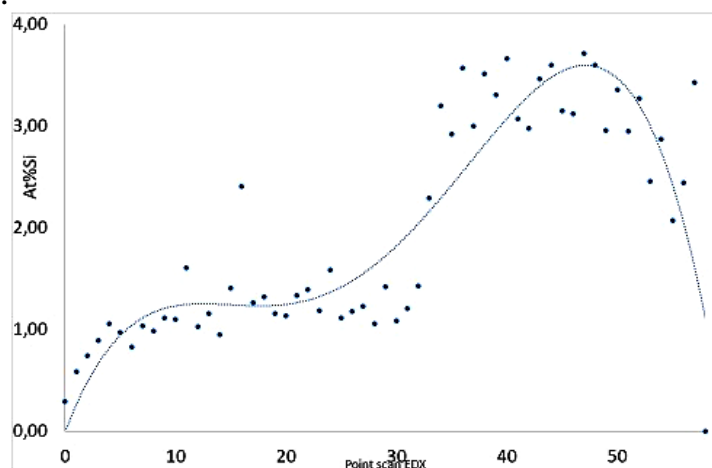


Fig. 1. Analysis of the filling of the matrix (thickness 30 μm each point 500 nm)

1. Yuferov Y.V., Arnautov A.I., et al., AIP Conf. Proc., 2015, 020113 (2018).
2. Sulka, G.D., et. al., Submicron Porous Materials, 107-156 (2017).

## ОБНАРУЖЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ МЕТОДОМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИЗОМЕРНЫХ СОСТОЯНИЙ

Бачина Т.Э., Рябухин О.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [ba4inatanya@yandex.ru](mailto:ba4inatanya@yandex.ru)

## DETECTION OF HEAVY METALS IN FOOD PRODUCTS BY THE METHOD OF EXCITATION OF ISOMERIC STATES

Bachina T.E., Ryabukhin O.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Study of the possibility of detecting and determining the concentration of heavy metals in food products by activating the isomeric state of  $^{111m}\text{Cd}$ ,  $^{87m}\text{Sr}$ ,  $^{115m}\text{In}$  by  $(\gamma, \gamma')^m$  reaction. The content of heavy metals was determined by a gamma spectrometer based on a detector of ultrapure germanium. According to the energy spectra of the decay of isomeric states, their affiliation with one or another isotope was determined.

Ряд тяжелых металлов относится к сильно ядовитым веществам. Их малые количества могут являться смертельными для человека (например, для Cd это 150 мг/кг массы тела). При этом наибольший процент металлов может поступать в организм человека с пищей (суточное поступление Cd - 10-35 мкг). Тяжелые металлы накапливаются в организме, а периоды их полувыведения могут составлять десятки лет [1]. Поэтому контроль содержания тяжелых металлов в пищевой продукции является важной задачей.

Целью данной работы является исследование возможности обнаружения и определения концентрации тяжелых металлов (на примере кадмия, стронция и индия) в пищевых продуктах посредством активации изомерного состояния  $^{111m}\text{Cd}$ ,  $^{87m}\text{Sr}$ ,  $^{115m}\text{In}$  в реакции  $(\gamma, \gamma')^m$ .

Для обнаружения стронция используется изомерное состояние изотопа  $^{87m}\text{Sr}$ , обладающее большим периодом полураспада  $T_{1/2}=2,8$  часа и образующееся по реакции  $(\gamma, \gamma')^m$ , индия –  $^{115m}\text{In}$  ( $T_{1/2}=4,5$  часа). Для кадмия, имеющего большое количество изотопов в смеси, интерес представляет только  $^{111m}\text{Cd}$  ( $T_{1/2}=49$  мин) [2].

Для анализа были выбраны грибы, рябина, каштан, выросшие в городской черте. Перед облучением выбранные продукты подвергались процедуре сухой минерализации (сжигание), в соответствии с ГОСТ-26929-94.

Для активации ядер использовалось тормозное излучение линейного ускорителя электронов УЭЛР-10-10С Инновационно-внедренческого центра радиационной стерилизации УрФУ. Энергия и ток пучка электронов составили 9,5 МэВ и 610 мкА соответственно. Содержание кадмия, стронция и индия определялось гамма-спектрометром на основе коаксиального детектора из сверхчистого германия БДЕГ-40190. По энергетическим спектрам распада изомерных состояний



определялась принадлежность к тому или иному изотопу  $^{150}\text{Cd}$  и  $^{247}\text{Cd}$  –  $^{388}\text{Sr}$ ,  $^{335}\text{In}$  и  $^{497}\text{In}$ , по площади – активность радионуклидов в образцах продуктов.

1. Лакиза Н.В., Нудачина Л.К., Анализ пищевых продуктов, Изд-во Урал. Ун-та (2015).
2. Jean Blachot. Nuclear data sheets for  $A=111$ . CEA/IN2P3 Service de Physique Nucleaire CEA, B.P. 12 F-91680 Bruyeres-le-Chatel, France (2004).

## СИНТЕЗ ПАЛЛАДИЙ СОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ЦЕРИЯ И ЦИРКОНИЯ

Бакшеев Е.О.<sup>1, 2\*</sup>, Машковцев М.А.<sup>1</sup>, Буйначев С.В.<sup>1</sup>,  
Аликин Е.А.<sup>2</sup>, Денисов С.П.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> ООО «Экоальянс», г. Новоуральск, Россия

\*E-mail: [rzmetall102@gmail.com](mailto:rzmetall102@gmail.com)

## SYNTHESIS OF PALLADIUM CONTAINING SOLID SOLUTIONS BASED ON CERIUM AND ZIRCONIUM OXIDES

Baksheev E.O.<sup>1, 2\*</sup>, Mashkovtsev M.A.<sup>1</sup>, Buinachev S.V.<sup>1</sup>,  
Alikin E.A.<sup>2</sup>, Denisov S.P.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> «Ecoalliance LTD», Novouralsk, Russia

The work is devoted to the synthesis and study of the physicochemical and catalytic properties of solid solutions of cerium and zirconium oxides with palladium content in the crystalline lattice of solid solution and catalysts prepared on their basis.

Эффективность очистки выхлопных газов автомобилей с бензиновыми двигателями трехмаршрутными катализаторами во многом зависит от способа его приготовления. Компонентами исследуемых катализаторов являются палладий, выступающий в роли активного компонента и твердые растворы на основе оксидов церия и циркония (Oxygen Storage Materials - OSM). Основная функция OSM – кислородная ёмкость, которая заключается в способности обратимо высвободить кислород из своей кристаллической решетки, тем самым поддерживая соотношение воздух/топливо во время работы двигателя около стехиометрического значения, при котором повышается эффективность очистки выхлопных газов.

В данной работе был проведен синтез твердых растворов оксидов церия и циркония (OSM) с содержанием Pd в решетке твердого раствора методами пропитки по влагоемкости, сорбции в размолотую суспензию OSM, а также методом

[1], где внедрение палладия в кристаллическую решетку OSM осуществлялось за счет использования в синтезе слабых органических оснований. Из полученных материалов были приготовлены образцы катализаторов для исследования параметров каталитической активности.

Испытания каталитической активности и измерение динамической кислородной ёмкости проводили при помощи газоаналитического стенда Horiba CTSJ.2003.12 по методике [2]

Внедрение Pd в кристаллическую решетку OSM методами сорбции и сорбции с использованием ТЭАГ в качестве слабого органического основания способствует объемному промотированию перехода  $Ce^{4+} \leftrightarrow Ce^{3+}$  за счет генерации кислородных вакансий в решетке твердого раствора. Это обуславливает увеличение динамической кислородной емкости (Рис.1) в отличие от образца, приготовленного методом пропитки по влагоемкости, при котором палладий локализуется на поверхности OSM, при этом, не оказывая объемного промотирования окислительно-восстановительных свойств церия в составе OSM.

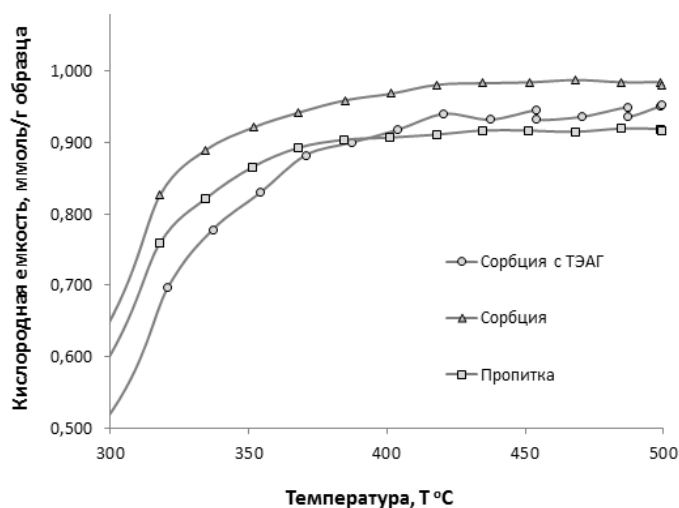


Рис.1. Зависимость кислородной емкости от температуры

Полученные результаты могут быть использованы для создания технологии синтеза твердых растворов церия и циркония с содержанием палладия в кристаллической решетке твердого раствора с целью применения в составе трехмаршрутных катализаторов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

1. Golden S.J., Hatfield R., et al., US patent 20150196902 (2015)
2. Porsin A. V., Alikin E. A. et al., Catalysis Science & Technology, 6, 5891–5898 (2016)

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОТДЕЛЕНИЮ НИКЕЛЯ, ТИТАНА, ХРОМА, МОЛИБДЕНА, ВОЛЬФРАМА, КОБАЛЬТА, ТАНТАЛА И ЖЕЛЕЗА ОТ СЕЛЕНА И ТЕЛЛУРА

Бардина М.Н.<sup>1,2\*</sup>, Майорова А.В.<sup>1,2</sup>, Денисова Э.И.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Институт металлургии УрО РАН г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maskoooy@mail.ru](mailto:maskoooy@mail.ru)

## OPTIMIZATION OF CONDITIONS OF SEPARATION OF NICKEL, TITAN, CHROME, MOLYBDEN, TUNGSTEN, COBALT, TANTAL AND IRON FROM SELENIUM AND TELLUR

Bardina M.N.<sup>1,2\*</sup>, Maiorova A.V.<sup>1,2</sup>, A.V., Denisova E.I.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Metallurgy of UBRAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

For the first time, a new approach was given to solve the problem of separation of analytes (Se, Te) from matrix elements Fe, Ni, Ti, Cr, Mo, Co, Ta, W. Matrix elements provide an interfering effect on the results of Se and Te determination employing the ICP-AES analysis. It was found that required deposition conditions of macroamounts Fe, Ni, Cr, Co should meet 5 g Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, 2 g NaF and 15 cm<sup>3</sup> HF. However, in the analyzed solution there are a large number of Ti, Ta, Mo, W.

С учетом требований экологической безопасности и технико-экономической эффективности имеется необходимость в разработке новых методик одновременного определения низкого содержания стратегически значимых редких и рассеянных элементов Se и Te с использованием современного оборудования. В настоящее время содержание Se и Te в рудном сырье, а также в сталях, жаропрочных никелевых сплавах строго регламентируется действующими государственными стандартами (ГОСТы: 5632-2014, 55375-2012, ГОСТ 1292-81). Методики определения содержания Se и Te приведены в соответствующих ГОСТах (13047.25-2002, 13047.23-2014, 32221-2013, 12363-79, 1293.11-83). Используемые методики анализа продолжительны и трудоемки, требуют предварительного экстракционного отделения Se и Te от основных компонентов материала и не позволяют проводить их одновременное определение. Поэтому целесообразно разработать альтернативные и более простые в практической реализации методики одновременного определения содержания Se и Te в рудном сырье, сталях и сплавах и др. материалах с использованием современного аналитического оборудования, например, ИСП-АЭС спектрометра.

Для точного ИСП-АЭС определения содержания Se и Te необходимо предварительное отделение основы анализируемого материала. В данной работе проведены исследования по оптимизации условий осаждения макрокомпонентов (оптимизация концентрации осадителей и комплексообразующего агента). В

качестве осадителя использовался щавелевокислый натрий ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) и фторид натрия ( $\text{NaF}$ ), а комплексообразующего агента – фтороводородная кислота ( $\text{HF}$ ).

Найдено, что при индивидуальном осаждении 0.15 г матричных элементов с помощью 5 г  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  и 2 г  $\text{NaF}$  в присутствии 5 см<sup>3</sup>  $\text{HF}$  (40 мас.%) приводит к успешному отделению Fe, Ni, Co, Cr (см. рис.). Однако в анализируемом растворе в большом количестве остаются Ti, Ta, Mo, W, а из-за спектральных помех от линий данных элементов точное определение содержания аналитов невозможно.

Необходимо проведение дальнейших исследований по поиску условий осаждения макроколичеств Ti, Ta, Mo, W приводящих к их полному отделению от Se и Te.

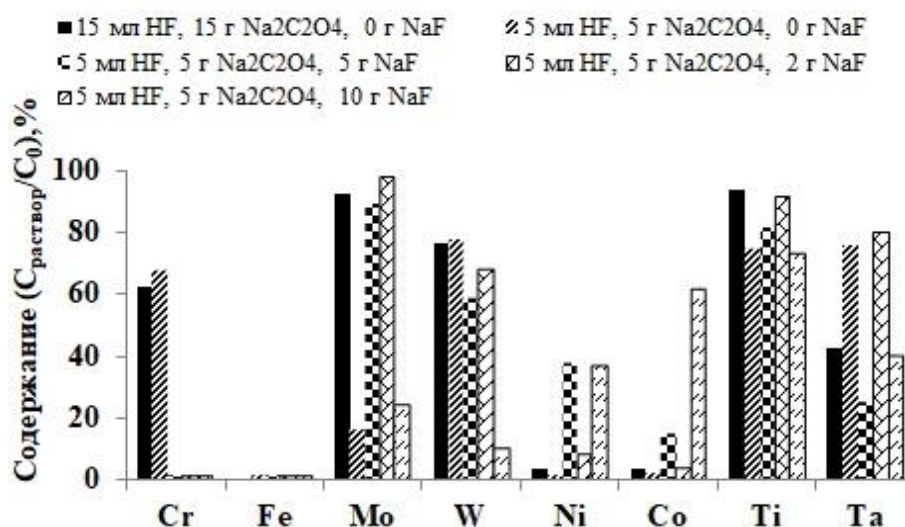


Рис. 1. Зависимости относительного содержания элементов в жидкой фазе (относительно начального, %) от массы  $\text{NaF}$  и  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , объема  $\text{HF}$ . Условия осаждения: начальная масса макрокомпонентов 0.15 г, поочередное добавление  $\text{NaF}$  и  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , время выдерживания осадка при температуре кипения составляло 10 мин,  $\text{pH}=0-1$ .

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН.*

## ДЕХЛОРИРОВАНИЕ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С МЕТОКСИДОМ НАТРИЯ

Майорова А.В.<sup>1,2</sup>, Куликова Т.В.<sup>1,2</sup>, Бардина М.Н.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1)</sup> Институт металлургии УрО РАН г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maskoooy@mail.ru](mailto:maskoooy@mail.ru)

## DECHLORINATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN THE INTERACTION WITH SODIUM METHOXIDE

Maierova A.V.<sup>1,2</sup>, Kulikova T.V.<sup>1,2</sup>, Bardina M.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Metallurgy of UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The objective of this work were the theoretical and experimental studies of nucleophilic substitution reactions of chlorine atoms in the PCBs structure during interaction with CH<sub>3</sub>ONa in the presence of DMSO, and DMSO/methanol. The TM results of interaction processes congeners of PCBs contained in the mixture "Sovol" with CH<sub>3</sub>ONa in the presence of DMSO/methanol and experimental data shows 100% conversion.

Объектом исследований настоящей работы являются реакции нуклеофильного замещения атомов хлора в структуре полихлорированных бифенилов ПХБ (техническая смесь марки «Совол») при взаимодействии с метоксидом натрия в присутствии растворителей ДМСО и ДМСО/метанол (8:1 масс.).

Реакции нуклеофильного замещения моделировались с использованием программного комплекса «НСС». По результатам моделирования установлено, что замещения атомов хлора в структуре ПХБ на метокси- группы протекает полностью при соотношении CH<sub>3</sub>ONa/ПХБ равным 4:1 в присутствии растворителя ДМСО/метанол и равным 6:1 в присутствии ДМСО (см. рис. 1). Увеличения температуры процесса замещения приводит к небольшому снижению степени конверсии при использовании растворителей ДМСО/метанол, и увеличению при использовании ДМСО.

Экспериментальные исследования взаимодействия в течение 8 ч смеси ПХБ «Совол» с CH<sub>3</sub>ONa в присутствии ДМСО/метанол при  $T = 115$  °С показывают, что конверсия конгенов составляет 100 % [1]. Основными продуктами реакции являются гидроксипроизводные (51%), а содержание метокси- и метоксигидроксипроизводных ПХБ составляет 21.5 и 27.5% соответственно. Результаты термодинамического моделирования процессов взаимодействия конгенов ПХБ, содержащихся в смеси «Совол», с CH<sub>3</sub>ONa в присутствии ДМСО/метанол и экспериментальные данные подтверждают, что выбранные условия приводят к полной конверсии конгенов.

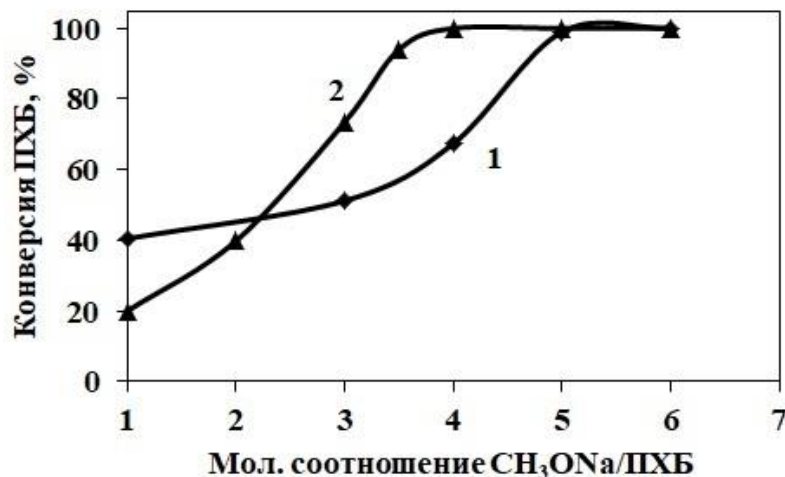


Рис. 1. Зависимости рассчитанной из результатов ТДМ степени конверсии конгенов ПХБ при  $T=170\text{ }^{\circ}\text{C}$  при различном исходном мольном соотношении ПХБ/ $\text{CH}_3\text{ONa}$ . 1 - замещение в присутствии ДМСО, 2 - в присутствии ДМСО/метанол

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-29-24126)*

1. Плотникова К.А., Первова М.Г. и др., Доклады академии Наук, 476, 45 (2017).

## КВАТЕРНИЗАЦИЯ ПОЛИ-N-[3-(ДИМЕТИЛАМИНО)ПРОПИЛ]-МЕТАКРИЛАМИДА РАЗЛИЧНЫМИ ГАЛОГЕНАЛКАНАМИ

Баринов А.А.<sup>1,2\*</sup>, Сесина Н.А.<sup>2</sup>, Коротаев М.С.<sup>2</sup>, Симагин А.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup>)Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексева, Нижний Новгород, Россия

\*E-mail: [ncl8@mail.ru](mailto:ncl8@mail.ru)

## QUATERNIZATION OF POLY-N-[3-(DIMETHYLAMINO)PROPYL] - METACRYLAMIDE BY DIFFERENT HALOGENALCANES

Barinov A.A.<sup>1,2</sup>, Sesina N.A.<sup>2</sup>, Korotaev M.S.<sup>2</sup>, Simagin A.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup>)Nizhny Novgorod State Technical University. (Dzerzhinsky branch), Dzerzhinsk, Russia

The reactivity of poly-N-[3-(dimethylamino)propyl]metacrylamide with a number of quaternization agents is investigated.

Одним из видов высокоэффективной жидкостной хроматографии является ионная хроматография, позволяющая определять ионы в различных жидких средах. Все чаще в ионной хроматографии применяются монолитные колонки с

полимерной матрицей, содержащей заряженные функциональные группы. Кватернизация третичных аминов – это один из способов модификации монолитных сорбентов для получения функциональных ионогенных групп.

Целью данной работы было исследование кинетики взаимодействия, перспективного с точки зрения получения монолитных анионообменных колонок полимера N-[3-(диметиламино)пропил]-метакриламида (полиДМАПМА) с различными галогеналканами в диметилформамиде при температуре 60°C. На основе полученных данных были построены кинетические кривые убыли третичных аминных групп в ходе кватернизации.

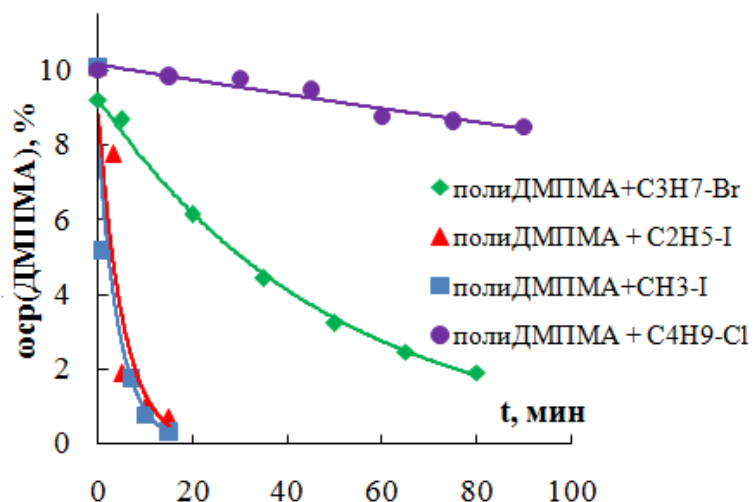


Рис.1. Зависимость концентрации полиДМАПМА от времени реакции

Из графика видно, как меняется доля звеньев ДМАПМА в полимере с течением времени в зависимости от используемого реагента. Скорость реакции убывает в ряду иодиды > бромиды > хлориды.

Для модификации функциональных групп сорбента наиболее подходящим кватернизирующим агентом с точки зрения кинетики алкилирования является йодметан. Кроме того, он имеет наименьший углеродный заместитель, что обеспечит меньшее взаимодействие гидрофобных фрагментов анализируемых органических веществ, имеющих заряженные группы, с матрицей сорбента.

1. Нейланд О. Я., Органическая химия, Высшая школа (1990)

## АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АПАТИТ ГЕРМАНАТА

Баталова Е.В.<sup>1\*</sup>, Зуев М.Г.<sup>1,2</sup>, Васин А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральское Отделение Российской Академии Наук, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zabava.fine@gmail.com](mailto:zabava.fine@gmail.com)

## ANALYSIS OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF APATITE GERMANATE

Batalova E.V.<sup>1\*</sup>, Zuev M.G.<sup>1,2</sup>, Vasin A.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University (named after the first President of Russia B.N. Yeltsin), Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Based on X-ray phase and energy dispersive analysis, it was shown that the synthesized crystal phosphors formed the phase of apatite germanate. The optimal concentration of the activator ion ( $\text{Er}^{3+}$ ) corresponds to the composition with  $x = 0.075$ . The maximum emission intensity observed in the 510–560 nm region when excited by laser radiation with a wavelength of 980 nm is observed for the sample with  $x = 0.075$ .

Люминофоры со структурой апатита, активированные ионами РЗЭ, имеют важное значение среди материалов электронной техники, основная задача подобных исследований состоит в преобразовании ИК-излучения в видимый свет.

Применение твердофазного синтеза для получения кристаллофосфоров со структурой апатита позволяет получать высокоомогенные порошки оксидных материалов. Синтезированные соединения с общей формулой  $\text{Sr}_2\text{La}_{8(1-x-y)}\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{Ge}_6\text{O}_{26}$  ( $x = 0,01; 0,05; 0,075; 0,1; 0,15; y = x$ ) охарактеризованы при помощи методов рентгенофазового и энергодисперсионного анализа: все кристаллофосфоры образуют фазу апатит германата с пространственной группой  $\text{P } 6_3/m$ .

Анализ полученных спектральных характеристик показал наличие свечения во всем диапазоне длин волн.

При увеличении концентрации активатора ( $x$ ) иона  $\text{Er}^{3+}$  происходит изменение структуры спектров эмиссии. Оптимальная концентрация иона-активатора ( $\text{Er}^{3+}$ ), соответствующая максимуму интенсивности эмиссии при возбуждении свечением в УФ-области, соответствует составу с  $x = 0,075$ .



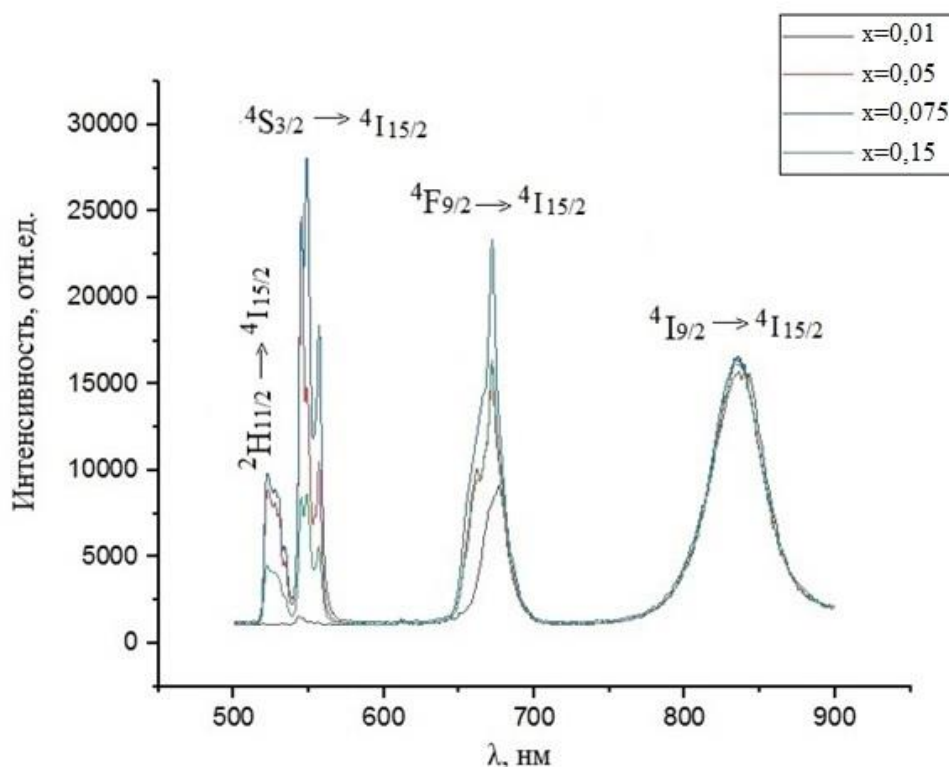


Рис. 1. Спектры апконверсии образцов  $\text{Sr}_2\text{La}_{8(1-x-y)}\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{Ge}_6\text{O}_{26}$  ( $\lambda_{\text{ex}} = 980 \text{ nm}$ ) с указанием переходов энергетических уровней

Спектры возбуждения, записанные на спектрометре Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer с использованием лазера KLM-N980-200-5, показаны на рис. 1. Максимальная интенсивность свечения, наблюдаемая в области 510–560 нм (переходы  $^2H_{11/2}$ ,  $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ ), при возбуждении лазерным излучением с длиной волны 980 нм (антистоксовая люминесценция, соответствующая апконверсии  $\text{Er}^{3+}$ ), наблюдается также для образца с  $x = 0,075$ .

## ВЛИЯНИЕ МЕТОДА СИНТЕЗА НА ПАРАМЕТРЫ ПОРИСТОСТИ И ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ СМЕШАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ - ЦЕРИЯ-ЦИРКОНИЯ (АСЗ)

Берескина П.А.<sup>\*</sup>, Бакшеев Е.О., Машковцев М.А.

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [polina.bereskina@urfu.ru](mailto:polina.bereskina@urfu.ru)

## THE INFLUENCE OF SYNTASIS METHOD ON PARAMETERS OF POROSITY AND SURFACE OF ALUMINA-CERIA-ZIRCONIA COMPOSITE

Bereskina P.A.<sup>\*</sup>, Baksheev E.O. Mashkovtsev M.A.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Composite containing 50% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 50% Ce<sub>0,4</sub>Zr<sub>0,5</sub>Y<sub>0,05</sub>La<sub>0,05</sub> were prepared. It is concluded that co-precipitation at constant pH value, heating and washing by alcohol give the highest values of porosity and surface parameters measuring by the low-temperature nitrogen adsorption and desorption method.

Требования к ресурсу автомобильного катализатора непрерывно ужесточаются, что требует увеличения термической стабильности его компонентов, в том числе стабилизированного  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и t-Ce<sub>0,4</sub>Zr<sub>0,5</sub>Y<sub>0,05</sub>La<sub>0,05</sub>. Сегодня эти материалы при производстве каталитических блоков смешиваются механически, однако известно [1,2], что более термически стабильной является их смесь на уровне кристаллитов, которую можно получить только на этапе синтеза указанных соединений. Цель работы – проследить влияние метода синтеза композиции 50масс.%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 50масс.%Ce<sub>0,4</sub>Zr<sub>0,5</sub>Y<sub>0,05</sub>La<sub>0,05</sub> на значения параметров пористости и поверхности.

Синтезировали образцы методом соосаждения при постоянном pH=9 аммиаком (10масс.%) из общего раствора нитратом металлов (50 г смеси оксидов/л) с pH=2. Далее 2/3 от всего объема суспензии подвергли нагреву до 130°C, половину суспензии промыли спиртом. Образцы сушили и обжигали при 900°C. Таким образом были получены 3 образца: без обработок («АСЗ»), с нагревом («АСЗ-н»), с нагревом и промывкой в спирте («АСЗ-н-с»). Параметры пористости и поверхности определяли с помощью низкотемпературной адсорбции/десорбции азота на приборе 1200 Nova Quantohrom с предварительной часовой дегазацией в вакууме при 290°C.

Из рис.1 видно, что при разных методах обработки одинаковой суспензии образуется разная форма пор: АСЗ – цилиндрическая, АСЗ-н и АСЗ-н-с – бутылочная. Значения удельной поверхности равны: АСЗ – 119, АСЗ-н – 87, АСЗ-н-с – 124 м<sup>2</sup>/г. Значения общего объема пор АСЗ – 0,19; АСЗ-н – 0,29; АСЗ-н-с – 1,2

см<sup>3</sup>/г. Значения среднего диаметра пор: ACZ – 6 нм, ACZ-н – 13 нм, ACZ-н-с – 40 нм.

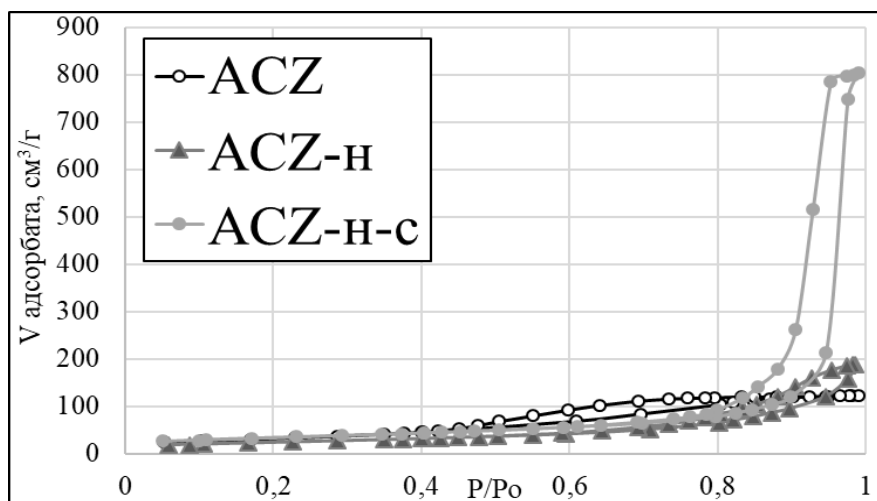


Рис.1. Изотермы сорбции азота

Таким образом, образец с наибольшими значениями характеристиками пористости и поверхности может быть синтезирован методом осаждения при постоянном pH=9 с последующим нагревом и промывкой осадка спиртом.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

1. Lan L., Chen S., Zhao M., Gong M., Chen Y., Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 394, 10–21 (2014).
2. Wang Q., Li Z., Zhao B., Li G., Zhou R., Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 344, 132–137 (2011).

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ МОДИФИКАТОРА НА ПАРАМЕТРЫ ПОРИСТОСТИ И ПОВЕРХНОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ГАММА-ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Берескина П.А.\*, Осолихина А.Ю., Машковцев М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [polina.bereskina@urfu.ru](mailto:polina.bereskina@urfu.ru)

## THE INFLUENCE OF MODIFIER ADDITIVES ON PARAMETERS OF POROSITY AND SURFACE AREA OF THE GAMMA-ALUMINA COMMERCIAL SAMPLES

Bereskina P.A.\*, Osolihina A.U. Mashkovtsev M.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Porosity and surface parameters of modified samples were investigated. These characteristics were measured by the low-temperature nitrogen adsorption and desorption method. It was concluded that barium nitrate is more preferable as a metal-promoter compound.

Стабилизированный  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  известен в качестве носителя частиц драгоценных металлов даже при температурах эксплуатации более  $1000^\circ\text{C}$ . Нанесенные палладиевые катализаторы более эффективны в присутствии соединения металла-промоутера, например, La или Ba [1,2]. Цель работы – исследовать влияние добавки соединений La и Ba на параметры пористости и поверхности двух коммерческих марок стабилизированного  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ : с 4масс.%  $\text{La}_2\text{O}_3$  (шифр «L») и с 3масс.%  $\text{ZrO}_2$  (шифр «Z»).

Порошки суспензировали в воде (40масс.% тв. фазы) и подвергали помолу. После вводили расчетное количество раствора нитрата лантана (151 г  $\text{La}_2\text{O}_3$  / л) или кристаллическую соль нитрата бария так, что в пересчете на оксиды их содержание составляло 3,6 масс%. Далее образцы сушили и обжигали при температуре  $1100^\circ\text{C}$ . Параметры пористости и поверхности определяли с помощью низкотемпературной адсорбции/десорбции азота на приборе 1200 Nova Quantohom с предварительной часовой дегазацией в вакууме при  $290^\circ\text{C}$ .

Показано, что введение нитрата бария не оказывает влияния на значение удельной поверхности образца L ( $83 \text{ м}^2/\text{г}$  без модификации и  $81 \text{ м}^2/\text{г}$  с модификацией), тогда как введение нитрата лантана вызывает его снижение ( $73 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Общий объем пор образца L не зависит от введения нитрата бария или лантана ( $0,55$  без модификации;  $0,54$  и  $0,52 \text{ см}^3/\text{г}$  с модификацией соответственно), а средний диаметр пор возрастает на одинаковую величину (от  $25$  до  $28$  и  $29 \text{ нм}$  соответственно). Введение нитратов лантана или бария в образец Z приводит к практически одинаковому росту значений удельной поверхности (от  $34$  до  $75$  и  $70 \text{ м}^2/\text{г}$  соответственно) и общего объема пор (от  $0,14$  до  $0,27$  и  $0,29 \text{ см}^3/\text{г}$  соответственно)

и не сказывается на величине среднего диаметра пор (15 нм без модификации, 16 нм для всех образцов с модификацией).

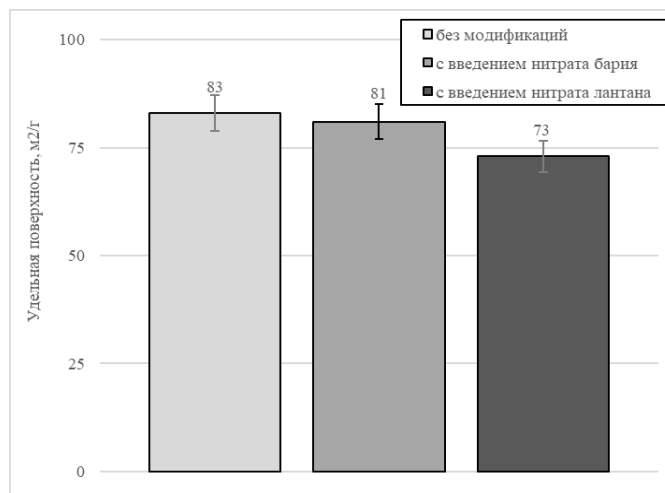


Рис. 1. Гистограмма зависимости удельной поверхности от соединения модификатора

Таким образом, для модифицирования порошков стабилизированного  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  предпочтительнее использовать нитрат бария.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

1. Summers J.C., пат. EP0438492, заявитель Honeywell International Inc (1988)
2. Kobayashi T., Yamada T., Kayano K. Applied Catalysis B: Environmental 30, (2001)

## ОРГАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НИКЕЛЯ (II) И РУТЕНИЯ (III) КАК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ

Бобаренко А.В., Охохонин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [anastasya.082@mail.ru](mailto:anastasya.082@mail.ru)

## ORGANIC NICKEL (II) AND RUTHENIUM (III) COMPLEXES AS ELECTROCHEMICAL CATALYSTS IN GLUCOSE OXIDATION

Bobarenko A.V., Okhokhonin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the complexes of  $\text{Ru}^{3+}/\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ru}^{3+}$  with o-phenanthroline and their catalytic properties in the oxidation of glucose were considered. Various modifications of the electrode were also considered to increase the analytical signal of electrocatalytic oxidation of glucose.

Пониженный уровень сахара в крови (гипогликемия) обычно является следствием заболеваний поджелудочной железы, печени, почек и надпочечников, а также гипоталамуса. Самая частая причина гипергликемии — сахарный диабет. Поэтому определение глюкозы в крови играет важную роль в современной медицине.

Поскольку имеющиеся методы определения глюкозы имеют множество недостатков, например, дороговизна оборудования и ферментов, высокая квалификация персонала, необходимость больших объемов анализа, чтобы окупить оборудование, имеется потребность в создании новых чувствительных бесферментных сенсоров.

Одним из перспективных направлений в этой области является применение бесферментных электрохимических сенсоров на основе электрокатализаторов, позволяющих количественно обнаруживать электронеактивные соединения, например, глюкозу. Таким образом цель данной работы состояла в разработке чувствительных бесферментных рецепторов – электрокатализаторов на основе органических комплексов  $\text{Ru}^{3+}/\text{Ni}^{2+}$ , а также в выборе модификатора, усиливающего аналитический сигнал электрокаталитического окисления глюкозы.

Исследования проводили с использованием потенциостата/гальваностата Metrohm Autolab PGSTAT128N (Metrohm AG, Нидерланды) и дискового стеклоуглеродного электрода. Были рассмотрены комплексы  $\text{Ru}^{3+}/\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ru}^{3+}$  с о-фенантролином, их каталитические свойства в окислении глюкозы. Установлено, что смешанный комплекс  $\text{Ru}^{3+}/\text{Ni}^{2+}$  проявляет лучшую чувствительность к глюкозе по сравнению с комплексом  $\text{Ni}^{2+}$ . Чувствительность (зависимость прироста пика окисления от концентрации глюкозы) и пределы обнаружения глюкозы составили 226,74 мкА/мМ и 0,04 мМ соответственно.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕРМАНИЯ ИЗ ОБЛУЧЕННЫХ ГАЛЛИЙ-НИКЕЛЕВЫХ МИШЕНЕЙ

Бородина Е.К.\*, Денисов Е.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yul96duz@mail.ru](mailto:yul96duz@mail.ru)

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE ISOLATION OF GERMANIUM FROM IRRADIATED GALLIUM-NICKEL TARGETS

Borodina E.K. \*, Denisov E.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A technology for dissolving gallium-nickel targets has been developed. For the isolation and concentration of germanium-68, various extractants and ion exchange materials are used. The separation process provides for cleaning  $^{68}\text{Ge}$ . Original methods have been developed for measuring the content of Ga, Ge and Ni in sorbents (solid phase) and solutions on a QUANT'X X-ray fluorescence spectrometer, followed by calculating the material balance and determining the parameters of the phase distribution.

Современная ядерная медицина является одним из разделов медицины, связанным с применением радионуклидных фармацевтических препаратов в диагностике и лечении. Уникальность методов ядерной медицины позволяет диагностировать функциональные отклонения жизнедеятельности органов на ранних стадиях болезни, когда еще не проявляются симптомы заболевания.

Поскольку для одного из методов (позитронно-эмиссионной томографии) используются изотопы, имеющие короткий период полураспада, есть необходимость установки ПЭТ поблизости с циклотроном, где нарабатываются данные изотопы. Другой возможностью является использование радионуклидных генераторов, к которым относится генератор  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ , что позволяет получать ПЭТ радионуклиды без циклотрона.

В данной работе была разработана технология растворения галлий-никелевых мишеней. Предложена радиохимическая переработка растворов с получением концентрата  $^{68}\text{Ge}$ , при получения которого используются ионообменные и экстракционные методы выделения и очистки германия из растворов. В предложенной методике для выделения и концентрирования германия использованы различные экстрагенты и ионообменные материалы. В процессе выделения также предусмотрена очистка  $^{68}\text{Ge}$  от сопутствующих радионуклидов и стабильных примесей.

Разработаны оригинальные способы измерения содержания галлия, германия и никеля в сорбентах (твердой фазе) и растворах на рентгено-флюоресцентном спектрометре QUANT'X с последующим расчетом материального баланса и определением параметров межфазного распределения.

## RESEARCH INTO BORON-CARBON NANOTUBE MODIFIED BY ALKALINE METAL ATOMS

Strelcova D., Boroznin S.V.\* , Zaporotskova I.V., Boroznina N.P.

Volgograd State University, Volgograd, Russia

\*E-mail: [boroznin@volsu.ru](mailto:boroznin@volsu.ru)

We studied the mechanism of Li, K and Na atoms sorption on the external surface of single-walled BC<sub>5</sub> nanotubes. We defined the optimal geometry of the sorption complexes and obtained the sorption energy values. The analysis of the band gap structure suggests that the band gap is insensitive to adsorption process. The electron density is located near the surface atoms of the tube.

The boron carbon nanotube (6,0) has been chosen as a main object of the research. The borders of the nanotube modified with hydrogen pseudo atoms for compensation of the unsaturated chemical bonds. The calculations has been carried out using molecular cluster model and Density Functional Theory (DFT) method [1-4].

For avoiding the border effects, the sorption centers located in the middle of the nanotube. The calculation has been carried out using reaction coordinate method. The approaching step has been chosen equal to the 0,1 Å along the perpendicular to the longitude axis of the nanotube. All geometry parameters has been optimized during the calculation process. After the calculation, the adsorption energy and distance have been carried out. The adsorption energy and sorption distance for obtained processes are presented on the figure 1.

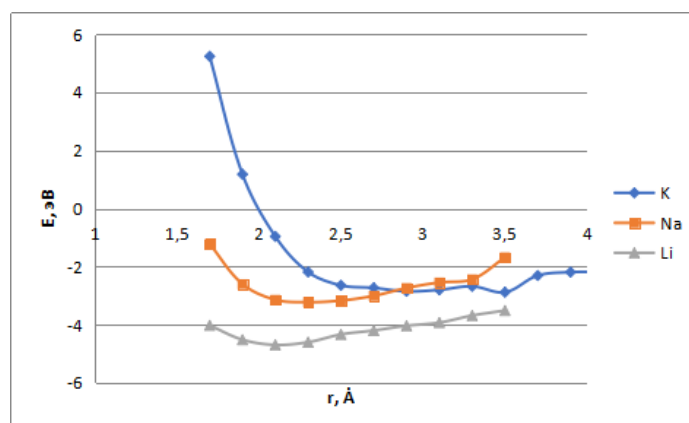


Fig. 1. Potential energy curves of the interaction process for BC nanotube and alkali metal atoms

The adsorption energy has been calculated using equation 1:

$$E_{ад} = E_{ад.к.} - (E_{tub} + E_{Li,K,Na}) \quad (1)$$

where  $E_{ад}$  – adsorption energy;  $E_{ад.к.}$  – the energy of the obtained complex;  $E_{tub}$  – the nanotube energy;  $E_{Li, K, Na}$  – the metal atom energy.

The charge distribution over the metal atoms indicates that electron transfer to boron and carbon atoms located on the nanotube external surface takes place, which



increases the number of majority charge carriers in tubulenes; as a result BC<sub>5</sub> nanotubes, which we had previously classified as narrow-gap semiconductor, begin to take on metallic properties (the occurrence of surface conductivity is attributed to electrons from metal atoms)

*The reported research was funded by Russian Foundation for Basic Research and the government of Volgograd region, grant № 18-42-343009.*

1. Dresselhaus, M.S. Springer-Verlag. (2000)
2. D'yachkov, P.N. M.: BINOM. LABORATORIA ZNANII, Russia, 488, (2010).
3. Saito, R., Dresselhaus, M.S., Dresselhaus, G. Imperial College Press, 251 (1999)
4. Harris, P. M.: TECHNOSHERA, 336 (2003)

## INVESTIGATION OF EFFICIENCY INCREASING FOR PACKING COLUMNS USING CARBON NANOTUBES

Strelcova D.<sup>1</sup>, Boroznin S.V.<sup>1\*</sup>, Zaporotskova I.V.<sup>1</sup>, Boroznina N.P.<sup>1</sup>, Polyakov V.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Volgograd State University, Volgograd, Russia

<sup>2</sup>) St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great, St. Petersburg, Russia

\*E-mail: [boroznin@volsu.ru](mailto:boroznin@volsu.ru)

The aim of this paper was to investigate the possibility of selectivity increasing for packing columns with carbon nanotubes (CNT). For this purpose we used three types of columns: pure CNT, pure Plate (siliceous gel), mixture of plate and CNT. As analyzed materials three organic compounds have been chosen: hexane, acetone, benzol. The results of the analysis showed, that pure CNT couldn't be used for the chromatography, but adding them in the plate made the selectivity process more effective.

Carbon nanotubes due to the feature properties [1-4], have unique sorption properties. The structure which represents the decanter monolayer curtailed into a tube gives to material very high rate of a specific surface [5]. This indicator is one of the main in the choice of a sorbent of a motionless phase for a gas adsorption chromatography. Therefore, use of tubulen in a nozzle column can raise relevance of the last and compete with capillary columns [6,7].

For comparison of dividing ability of columns it was decided to use values of volumes of keeping of the divided substances at various temperature of columns. The volume of keeping is on a formula:

$$V_r = a * t_r [ml]$$

where a — the speed of gas carrier (ml/c), t<sub>r</sub> — time of keeping of the divided component (c).

Detecting, by means of the voltmeter, peaks of substances and writing down their time of an exit, data were obtained and errors are calculated. Errors were calculated by the Kornfelda method [8-10].

During the second stage of an experiment columns with four motionless phases have been studied.

The following main results were received and conclusions have been done:

7 samples of a motionless firm phase for a nozzle column are made. All 7 samples were tested in a gas adsorption chromatography. Columns MUNT filled only cannot be used in the analysis. Phases with MUNT on silica gel successfully divided the chosen organic anolytes — hexane, benzene and acetone.

A number of chromatographic analyses with use of the organic matter stated above was carried out. Graphics of dependence of volume of keeping of substances on column temperature are constructed. Results showed that each substance was adsorbed better on silica gel with MUNT, than without them. Increase in concentration of nanotubes in a phase positively influenced division of acetone and actually did not affect hexane division in any way.

*The reported research was funded by Russian Foundation for Basic Research and the government of Volgograd region, grant № 18-42-343009*

1. Dresselhaus, M.S. Springer-Verlag. (2000)
2. D'yachkov, P.N. M.: BINOM. LABORATORIA ZNANII, Russia, 488, (2010).
3. Saito, R., Dresselhaus, M.S., Dresselhaus, G. Imperial College Press, 251 (1999)
4. Harris, P. M.: TECHNOSHERA, 336 (2003)
5. Krüger A. Weinheim: Wiley, 230 (2010)
6. Kanyuk, M.I. Biotechnologia Acta, 33, (2015)
7. Melezhyk A.V. Romantsova I.V., Tkachev A.G. Equipment and Technologies of Nanoproduction. 78 (2013)
8. Bota, P.M. et al., Journal : Elerctronic Processing of materials, 26, 40 (2014).
9. Liying Jiao et al., Nature, 877 (2009).
10. Katja, D.W. et. al., Berlin: Springer. 140, 156 (2014)

## ОСАЖДЕНИЕ ПЕРОКСИДА УРАНА ИЗ НИТРАТНО-СУЛЬФАТНЫХ РЕГЕНЕРАТОВ

Бритвина А.С.\*, Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Britvinanastya@gmail.com](mailto:Britvinanastya@gmail.com)

## PRECIPITATION OF URANIUM PEROXIDE FROM NITRATE-SULPHATE PREGNANT SOLUTIONS

Britvina A.S.\*, Titova S.M., Skripchenko S.Yu., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The process of uranium concentrate precipitation from nitrate-sulphate pregnant solutions using hydrogen peroxide as a precipitant was investigated. It was established that the pH value of precipitation process must be 2.0-3.0. The amount of hydrogen peroxide was at least 100 % in excess of stoichiometry. The pulp holding time was 60 minutes. The element composition of uranium concentrate obtained under these conditions fully meet the requirements of the international standard ASTM C967-13.

В настоящее время на рудниках Витимского и Зауральского районов добыча урана ведется с применением метода скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Переработка образующихся в ходе СПВ продуктивных растворов осуществляется с использованием сорбционной технологии, конечной стадией которой является осаждение концентрата урана из товарного регенерата (ТР). В качестве базовых реагентов-осадителей используют аммиак и углеаммонийную соль. Однако полученный в результате осаждения полиуронат по примесному составу не отвечает требованиями ASTM C967-13. Соответствие концентрата урана данному стандарту позволяет в дальнейшем сократить число аффинажных операции на пути получения продукта ядерной чистоты, что несет за собой не малый экономический эффект.

Целью данной работы было определение возможности получения концентрата урана из нитратно-сульфатных товарных регенератов, соответствующего требованиям ASTM C967-13, с применением в качестве реагента-осадителя пероксида водорода.

Процесс осаждения пероксида урана проводили периодическим и полунепрерывным способом, для реализации которых были выбраны два основных метода. Первый заключался в медленном добавлении пероксида водорода в ТР (периодический). Согласно второму методу осаждение вели путем одновременной раздельной подачи товарного регенерата и реагента-осадителя в азотнокислый «буферный» раствор (полунепрерывный). В работе использовали нитратно-сульфатные товарные регенераты с содержанием урана 19-26 г/дм<sup>3</sup>. Процесс вели при постоянном значении рН (1,5-4,0), температуре 45-50 °С и интенсивном перемешивании (300 об/мин). Регулирование рН осуществляли за счет добавления 25%

водного раствора аммиака. Время выдержки пульпы после осаждения составляло 0,3-5 ч.

Согласно результатам исследований, процесс осаждения пероксида урана необходимо вести путем одновременной отдельной подачи в реактор раствора пероксида водорода и товарного регенерата при  $\text{pH} = 2,0-3,0$ , избытке реагента-осадителя не менее 100% относительно стехиометрии и времени выдержки пульпы 60 мин. Это обеспечивает содержание урана в маточниках осаждения менее 25 мг/дм<sup>3</sup>. При этом массовая доля урана в концентрате составляет 73-75%.

Таблица 1. Содержание элементов в пероксиде урана (% от массы урана)

As	0,0001	I	0,001	Na	0,019	Th	0,001
B	< 0,00004	K	0,001	P	0,006	Ti	0,005
Ca	0,007	Mg	0,007	S	0,03	V	0,00004
Fe	0,034	Mo	0,0001	Si	0,01	Zr	0,044

Полученный в ходе осаждения пероксид урана по примесному составу полностью соответствует требованиям международного стандарта ASTM C967-13, только по цирконию превышен лимит, не предполагающий начисление пени (табл. 1). Однако содержание того же циркония и титана в концентрате в 1,5-2 раза меньше, чем при использовании базовых реагентов-осадителей. Кроме того, в готовом продукте значительно снижено содержание серы, бора, ванадия и молибдена. Таким образом, применение пероксида водорода на стадии осаждения урана из нитратно-сернокислых товарных деорбатов позволяет получить готовый продукт, соответствующий всем требованиям стандарта ASTM C967-13.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРОКСИДА УРАНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ НИТРАТНО-СУЛЬФАТНЫХ РЕГЕНЕРАТОВ

Бритвина А.С.<sup>\*</sup>, Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Britvinanastya@gmail.com](mailto:Britvinanastya@gmail.com)

## PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF URANIUM PEROXIDE OBTAINED FROM NITRATE-SULPHATE PREGNANT SOLUTIONS

Britvina A.S.<sup>\*</sup>, Titova S.M., Skripchenko S.Yu., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Uranium peroxide patterns, obtained from nitric-sulphate pregnant solutions, were analyzed by different physico-chemical methods. As results of XRD, uranium peroxide was precipitated as  $\text{UO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . IR-spectra had the bands, which belong to valence vibration of  $\text{UO}_2^{2+}$ -groups. The average diameter of concentrate particles was 21-36  $\mu\text{m}$ . As a result of SEM, particles of uranium peroxide had a shape close to spherical and were consisted of needle-like crystals with a length from 500 nm to 1  $\mu\text{m}$ .

В настоящее время ведется оценка экономической целесообразности замены базовых реагентов-осадителей (аммиака и углеаммонийной соли), используемых для получения концентратов урана в технологии сорбционной переработки продуктивных растворов скважинного подземного выщелачивания, на пероксид водорода. Проведенные исследования показали, что применение пероксида водорода на стадии осаждения урана из нитратно-сернокислых регенератов позволяет получить готовый продукт, соответствующий всем требованиям стандарта ASTM C967-13. Нарботанные пероксидным методом образцы химконцентрата были изучены с применением различных физико-химических методов анализа. Результаты исследований представлены в данной работе.

Процесс осаждения пероксида урана проводили из нитратно-сульфатных товарных регенератов (19-26 г/дм<sup>3</sup> U) при постоянном значении pH (2,0-3,0), температуре 45-50 °C и интенсивном перемешивании (300 об/мин). Регулирование pH осуществляли за счет добавления 25% водного раствора аммиака. После выдержки пульпы (0,3-5 ч), осуществляли процесс фильтрации, промывки осадка и его дегидратации при температуре 120 °C.

В результате расшифровки рентгенограммы образцов концентрата установлено, что уран осаждается в виде  $\text{UO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Кристаллы относятся к ромбической сингонии, параметры кристаллической решетки:  $a = 6,726 \text{ \AA}$ ;  $b = 11,961 \text{ \AA}$ ;  $c = 4,149 \text{ \AA}$ . Инфракрасный спектр полученного пероксида урана содержит полосы поглощения, соответствующие валентным (максимумы при 3084  $\text{cm}^{-1}$  и 3463  $\text{cm}^{-1}$ ), а также деформационным колебаниям связи O–H (максимум при 1623  $\text{cm}^{-1}$ ). Полоса при 905  $\text{cm}^{-1}$  обусловлена асимметричными валентными колебаниями уранильной группировки. Полоса с максимумом при 443  $\text{cm}^{-1}$  связана с

валентными колебаниями U-O. Полоса около  $2414 \text{ см}^{-1}$  относится к некомпенсированной помехе из-за присутствия углекислого газа в атмосфере камеры съемки образца.

Согласно результатам химического анализа, полученный пероксид урана является продуктом высокой степени чистоты, среднее содержание урана в концентрате в пересчете на  $\text{U}_3\text{O}_8$  составляет 87,26%.

По данным гранулометрического анализа диапазон распределения частиц концентратов достаточно узок, дифференциальные кривые распределения частиц по размеру имеют по одному единственному пику, что указывает на высокую однородность гранулометрического состава образцов. Средний диаметр частиц пероксида урана лежит в интервале 21-36 мкм и увеличивается с ростом pH осаждения. Насыпная плотность после утряски порошков пероксида урана составляет 980-1600  $\text{кг}/\text{м}^3$ . При этом отмечено увеличение насыпной плотности образцов с ростом избытка пероксида водорода на осаждение урана относительно стехиометрии.

Сканирующая электронная микроскопия показала, что пероксид урана представлен агрегатами, состоящими из кристаллов игольчатой формы длиной от 500 нм до 1 мкм. Форма агрегатов приближена к сферической, что вместе с однородностью гранулометрического состава обуславливают высокую скорость фильтрации ( $1,52-1,85 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ) и седиментации осадка пероксида урана.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗНАЧЕНИЯ PH НА СТЕПЕНЬ СОРБЦИИ ИТТРИЯ НА ГИДРАТИРОВАННОМ ДИОКСИДЕ ЦИРКОНИЯ**

Буйначев С.В.\*, Машковцев М.А., Алешин Д.К., Гордеев Е.В., Бакшеев Е.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [iammaggot55@yandex.ru](mailto:iammaggot55@yandex.ru)

## **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PH IN THE SORPTION OF YTTRIUM ON HYDRATED ZIRCONIUM DIOXIDE**

Buinachev S.V.\*, Mashkovcev M.A., Aleshin D.K., Gordeev E.V., Baksheev E.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the study of the sorption of yttrium oxide on hydrated zirconia at different pH values. It is shown that with an increase in the pH value, the concentration of yttrium in the suspension decreases. X-ray diffraction analysis showed the formation of pure yttrium zirconate of a tetragonal structure.

На сегодняшний день материалы на основе стабилизированного диоксида циркония широко применяются во многих отраслях промышленности, в том числе для создания технической керамики, для формирования керамических

термобарьерных покрытий, в производстве твердотельных топливных элементов, кислородных сенсоров и т.д. В качестве стабилизирующего компонента все чаще используют оксиды редкоземельных элементов, при этом содержание стабилизирующего компонента может варьироваться в широком диапазоне вплоть до цирконатов РЗЭ. Задача поиска простого и дешёвого метода синтеза цирконатов РЗЭ, обеспечивающего получения материала с требуемыми характеристиками является актуальной на сегодняшний день. Работа направлена на исследование влияния значения рН на степень сорбции иттрия на гидратированном диоксиде циркония.

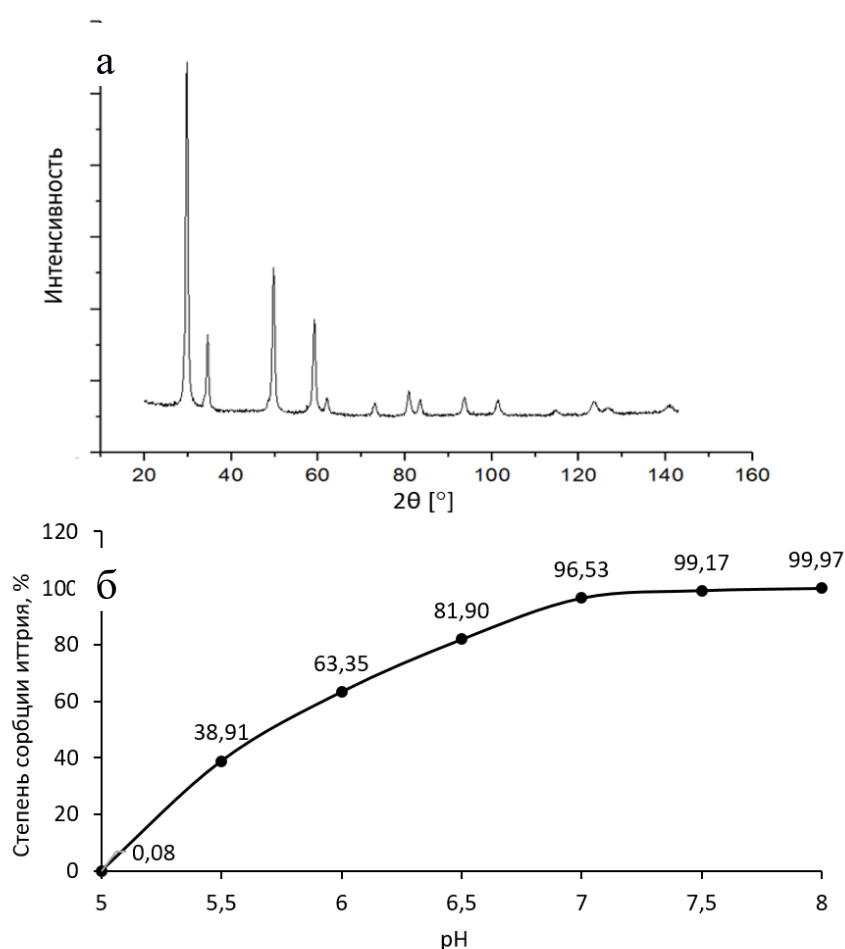


Рис. 1. Результаты рентгеноструктурного анализа (а) и зависимость степени сорбции иттрия от значения рН (б)

Для проведения данных исследований готовили суспензию гидратированного диоксида циркония с концентрацией по диоксиду циркония на уровне 300 г/л. Затем к суспензии добавляли раствор нитрата иттрия, после чего выдерживали суспензию в течение 2 часов при перемешивании для установления равновесия. Далее в суспензию начали приливать 0,5% раствор аммиака для повышения значения рН, при этом отбирали пробы для установления концентрации иттрия. Для этого отбирали небольшую часть суспензии при достижении определенного

значения рН и фильтровали. Содержание иттрия в фильтрате определяли при помощи метода титрования. После доведения суспензии до значения рН=8, суспензию фильтровали, подвергали сушке и термообработке. Получившийся порошок исследовали при помощи рентгеновского фазового анализа.

Показано, что степень сорбции иттрия постоянно увеличивается при повышении значения рН. Это связано с процессом соосаждения иттрия, вследствие которого происходит его встраивание в структуру гидратированного диоксида циркония. Так, при значении рН=7 наблюдается практически полный захват иттрия диоксидом циркония, при повышении значения рН до 8 степень сорбции иттрия составляет 99,97%. По результатам рентгеновского фазового анализа было показано, что получившийся порошок представляет собой твердый раствор замещения тетрагональной структуры, при этом не было обнаружено отдельных фаз, соответствующих чистому оксиду иттрия, что говорит о полном и равномерном распределении иттрия в матрице диоксида циркония.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188).*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНО-АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕКТИНА ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА**

Булатова Р.Т.<sup>1\*</sup>, Минзанова С.Т.<sup>2</sup>, Ахмадуллина Ф.Ю.<sup>1</sup>, Газизова О.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань, Россия

<sup>2)</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ  
РАН, г. Казань, Россия

\*E-mail: [byraz@mail.ru](mailto:byraz@mail.ru)

## **APPLICATION OF MECHANICAL - ACOUSTIC INFLUENCE TO INTENSIFY THE PROCESS OF OBTAINING PECTIN FROM SUGAR BEET PULP**

Bulatova R.T.<sup>1\*</sup>, Minzanova S.T.<sup>1</sup>, Akhmadulina F.Yu.<sup>2</sup>, Gazizova O.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, FRC Kazan Scientific Center,  
Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

<sup>2)</sup> Kazan national research technological University, Kazan, Russia

The influence of the mechano-acoustic action on the efficiency of the process of obtaining pectin from beet pulp was studied.

Сахарное производство характеризуется высокой отходоёмкостью. В отраслях пищевой промышленности России ежегодно образуется около 40 млн. т вторичных сырьевых ресурсов (ВСР), в том числе в сахарной промышленности



около 12 млн. т. Основную долю отходов составляет свекловичный жом, отличающийся высокой кормовой ценностью. Однако, небольшой срок хранения не позволяет использовать свежий свекловичный жом в полном объеме, что обуславливает разработку новых технологий его переработки. К числу перспективных и актуальных направлений следует отнести получение пектина. Это объясняется отсутствием в Российской Федерации промышленного производства пектинов, вследствие чего отечественная пищевая промышленность зависит от поставки зарубежной продукции, несмотря на то, что наша страна имеет богатую сырьевую базу для производства пектина. Во-вторых, никакой другой вид пектинодержавшего сырья не может конкурировать со свекловичным жомом по своей дешевизне. Кроме того, утилизация многотоннажных отходов сахарной промышленности соответствует требованиям и принципам ресурсосбережения и импортозамещения. Однако, технология получения пектина из свекловичного жома является многостадийным продолжительным процессом, включающем экстракцию измельченного высушенного сырья горячей водой, растворами органических кислот, фильтрацию, концентрирование экстракта, осаждение пектина и сушку, поэтому требуется разработка новых подходов для его интенсификации [1,2].

Цель данной работы – изучение влияния механо-акустического воздействия на эффективность процесса получения пектина из свекловичного жома.

В работе предложено использование механо-акустического воздействия на основной стадии – процесс гидролиза-экстракции. Обработку сырья проводили в условиях механо-акустического воздействия с использованием роторно-пульсационного аппарата (РПА) «УМІХ», условия процесса гидролиза-экстракции: скорость вращения ротора 3000 об/мин, гидромодуль 1:7, гидролизующий агент – 0.5% раствор щавелевой кислоты, продолжительность 20 минут.

Полученные результаты показали, что использование механо-акустической обработки в РПА позволяет сократить продолжительность обработки сырья до 15 раз, незначительно увеличить выход (~1%) и получить продукт с хорошими физико-химическими характеристиками (СЭ 68%, М.М. 9,6 кДа). Ожидаемое снижение себестоимости продукции составляет ~25%.

1. Минзанова С.Т., Миронов В.Ф. и др., Пектины из нетрадиционных источников: технология, структура, свойства и биологическая активность, «Печать-Сервис-XXI век» (2011).
2. Ильина И.А., Научные основы технологии модифицированных пектинов, Краснодар, (2001).

## ОБ ОЦЕНКЕ СООТНОШЕНИЯ ВАЛЕНТНЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗА В ХРОМШПИНЕЛИ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВОГО МИКРОАНАЛИЗА

Даниленко И.А.<sup>\*1,2</sup>, Замятин Д.А.<sup>1,2</sup>, Вотяков С.Л.<sup>1</sup>, Чашухин И.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии и геохимии им А.Н.Заварицкого УрО РАН,  
Н, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ira.dnl2014@gmail.com](mailto:ira.dnl2014@gmail.com)

## VALENCE OF IRON IN CHROMITE BY THE DATA OF ELECTRON PROBE MICROANALYSIS

Danilenko I.A.<sup>\*1,2</sup>, Zamyatin D.A.<sup>1,2</sup>, Votyakov S.L.<sup>1</sup>, Chashchukhin I.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB of RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This study is devoted to the development of methods for determining the ratio of  $Fe^{3+}/Fe$  in chrome spinel by analysis of the X-ray emission spectra  $Fe L_{\alpha,\beta}$  obtained on Cameca SX100 microanalyzer, and its testing on minerals from Ural ultramafic rocks with values  $Fe^{3+}/Fe = 0.08-0.423$  certified by Mössbauer spectroscopy.

Соотношение валентных форм  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  в минерале – важный показатель окислительно-восстановительных условий его образования. Оценки этого соотношения, как правило, проводятся с использованием данных классических химических методов анализа или мёссбауэровской спектроскопии. Однако вариации значений  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  как внутри зерен минералов, так и между зёрнами могут быть весьма значимыми, вследствие чего применение аналитических методов, требующих навесок в десятки миллиграмм и усредняющих данные по пробе в целом, не корректно. Электронно-зондовый микроанализ – основной метод определения содержания железа в минералах с микронной локальностью, однако при этом значение  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  оценивается, как правило, на основе предположения о стехеометричности состава [1], что достаточно спорно для хромшпинели ( $AB_2O_4$ , где  $A=Fe^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}$ ;  $B=Cr^{3+}, Fe^{3+}, Al^{3+}$ ) [2]. В [3-4] показано, что значение  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  в стеклах, шпинелях, гранатах, пироксенах, амфиболах, слюдах, хлоритах и др. может быть оценено по отношению интенсивностей рентгеновских эмиссионных линий  $Fe L_{\alpha}$  и  $Fe L_{\beta}$ .

*Цель работы* – развитие методики определения соотношения  $Fe^{3+}/Fe_{общ}$  в хромшпинели методом рентгеноспектрального микроанализа.

*Результаты.* Предложена методика определения  $Fe^{3+}/Fe_{общ}$  в природных хромшпинелях из ультрамафитов Урала на микроанализаторе Cameca SX100, основанная на изучении структуры спектра  $Fe L_{\alpha,\beta}$ , и ее апробации на данных мёссбауэровской спектроскопии минерала в диапазоне величин  $Fe^{3+}/Fe_{общ}$  от 0.08 до 0.423 [2]. Методика включала следующее: подбор оптимальных условий анализа состава хромшпинели и регистрации спектров  $Fe L_{\alpha,\beta}$  (рис. 1а); регистрацию BSE-

изображений зерен минерала; определение их химического состава и расчет  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  из условия стехиометрии [1]; анализ формы линий  $\text{Fe } L_{\alpha,\beta}$  в оксидных минералах железа (вюстите, гематите, магнетите) (рис.1б) и в образцах хромшпинели из ультрамафитов Урала с различным значением  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}_{\text{общ}}$ , определенным интегральным методом мёссбауэровской спектроскопии; расчет метрологических показателей определения  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}_{\text{общ}}$ .

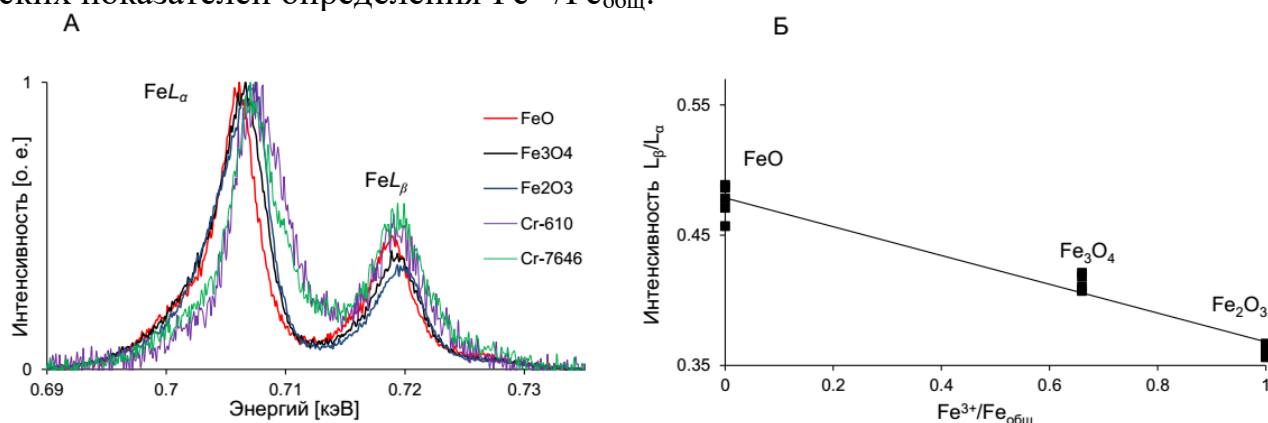


Рис.1. Рентгеновский эмиссионный спектр  $\text{Fe}L_{\alpha,\beta}$  (а) и сопоставление отношение интенсивностей  $\text{Fe}L_{\beta}/L_{\alpha}$  со значением  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}_{\text{общ}}$  (б) в вюстите, магнетите и гематите, в хромитах по данным мёссбауэровской спектроскопии [2].

*Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН при поддержке грантов РФФ № 16-17-10283 и РФФИ №17-05-00618\17.*

1. Finger L.W. Carneg. Inst. Wash. Year Book, 71, 600-603 (1972).
2. Чащухин И.С., Вотяков С.Л., Щапова Ю.В. Кристаллохимия хромшпинели и окситермобарометрия ультрамафитов складчатых областей. Монография. Екатеринбург. (2007).
3. Fialin M., et al. American Mineralogist., 86, 456–465 (2001).
4. Чубаров В.М., и др., Записки РМО, Ч. СХLI №2, 83-91 (2012).

## РАСТВОРИМОСТЬ НЕОДИМА В ЭВТЕКТИЧЕСКОМ СПЛАВЕ ГАЛЛИЯ И ЦИНКА

Дедюхин А.С.\* , Харина Е.А., Щетинский А.В., Ямщиков Л.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.s.dedyukhin@urfu.ru](mailto:a.s.dedyukhin@urfu.ru)

## NEODYMIUM SOLUBILITY IN GALLIUM-ZINC EUTECTIC ALLOY

Dedyukhin A.S.\* , Kharina E.A., Shchetinskiy A.V., Yamschikov L.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Solubility of neodymium was determined in gallium-zinc eutectic alloy between 619-1072 K using sedimentation method. Solubility linearly depends on the reciprocal temperature:  $\lg X_{\text{Nd}(\text{Ga-Zn})} = -3672,6 \cdot T^{-1} + 2,2563 (\pm 0,081)$

Один из перспективных способов переработки отработанного ядерного топлива является пирохимическая переработка с использованием системы «расплавленная среда-жидкометаллические сплавы». Для разработки и моделирования пирохимических процессов необходимы сведения о поведении компонентов отработанного ядерного топлива в таких системах.

Данная работа является продолжением систематических исследований термодинамических свойств редкоземельных металлов в жидкометаллических системах на основе галлия и посвящена определению растворимости неодима в эвтектическом сплаве галлий-цинк, с содержанием цинка 3,64 мас. %.

Растворимость определялась методом отбора проб насыщенной по неодиму жидкой фазы в системе Ga-Zn-Nd. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

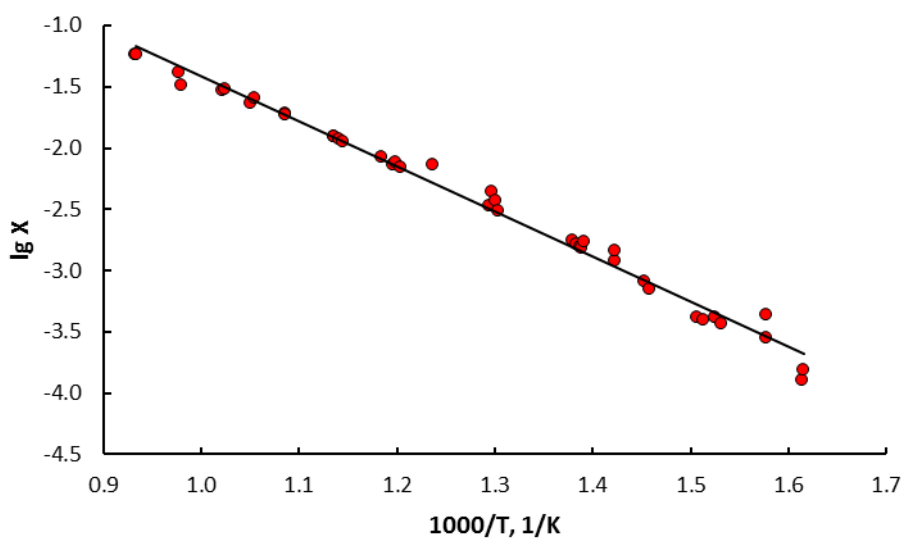


Рис. 1. Температурная зависимость растворимости неодима в эвтектическом сплаве Ga-Zn.

Температурная зависимость растворимости удовлетворительно описывается линейным уравнением (1):

$$\lg X_{\text{Nd}(\text{Ga-Zn})} = -3672,6 \cdot T^{-1} + 2,2563 (\pm 0,081) \quad (6191072 \text{ K}) \quad (1)$$

## СТЕКЛОВИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Дяденко М.В.\*, Малявская В.А.

Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

\*E-mail: [dyadenko-mihail@mail.ru](mailto:dyadenko-mihail@mail.ru)

## GLASS MATERIALS TO REDUCE ELECTROMAGNETIC RADIATION

Dyadenko M.V.\*, Malyavskaya V.A.

Belorussian State Technological University, Republic of Belarus

Results of the development of special types of glass compositions to reduce electromagnetic radiation are given in this work.

В настоящее время все более важную роль приобретают стекла с особым комплексом радиофизических характеристик, предназначенные для высокоэффективного поглощения электромагнитного излучения (ЭМИ). Отличительной чертой радиозащитных стекол является их способность отражать или поглощать СВЧ-излучение. Ослабление электромагнитного излучения зависит главным образом от уровня диэлектрических потерь, из которых являются деформационные потери. Их величина определяется природой оксида-модификатора (однозарядный или двухзарядный), а также их содержанием в составе опытных стекол.

В качестве основы для изучения выбрана система  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  при следующем содержании компонентов, %: 40–60  $\text{SiO}_2$ ; 10–30  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 10–30  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; 20  $\text{R}_2\text{O}$  (где  $\text{R}_2\text{O}$  –  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ). Ее выбор обусловлен возможностью синтеза радиозащитных стекол с высокой устойчивостью стеклообразного состояния и требуемым комплексом физико-химических и электрофизических свойств. Синтез опытных стекол осуществлялся в фарфоровых тиглях в газовой пламенной печи периодического действия при температуре  $1450 \pm 20$  °С.

Для определения кристаллизационной способности опытных стекол была проведена их градиентная термообработка, по результатам которой установлено, что высокой устойчивостью стеклообразного состояния обладают стекла с молярным содержанием 40–55 %  $\text{SiO}_2$  и 10 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; а также стекла с содержанием  $\text{SiO}_2$ , равным 50 %.

Энергия радиоволны при ее распространении в веществе преобразуется в другие виды энергии, в частности в электрическую и тепловую. В связи с этим материал должен быть диэлектриком и иметь высокую термостойкость.

Термостойкость характеризует способность опытных стекол выдерживать резкие перепады температур без разрушения и зависит в первую очередь от температурного коэффициента линейного расширения, определение которого проводили dilatометрическим методом. По результатам исследований установлено, что ТКЛР опытных стекол изменяется в пределах от  $62,4 \cdot 10^{-7}$  до  $89,0 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ . Максимальные показатели термостойкости характерны для стекол, включающих 20–30 %  $\text{V}_2\text{O}_3$ .

Электрофизические свойства опытных стекол оценивались волноводным методом. Показатель ослабления опытных стекол оценивался в диапазонах 8–11,3 ГГц и 26–35 ГГц. На его величину, главным образом, оказывают влияние релаксационные и деформационные потери.

Определено, что суммарное содержание оксидов  $\text{SiO}_2$  и  $\text{V}_2\text{O}_3$ , изменяющееся в пределах 50–65 мол. %, позволяет синтезировать стекла с максимальной величиной ослабления электромагнитного излучения в диапазонах 8–11,3 ГГц и 26–35 ГГц.

Таким образом, проведенные исследования системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{V}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  позволили определить область составов стекол, которые могут быть использованы как радиозащитные.

## ФАЗОПЕРЕХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{NaVO}_3 - \text{KVO}_3 - \text{K}_2\text{CrO}_4$

Фадеев С.Е.<sup>\*</sup>, Губанова Т.В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

\*E-mail: [lecome@yandex.ru](mailto:lecome@yandex.ru)

The stable element  $\text{NaVO}_3\text{-KVO}_3\text{-K}_2\text{CrO}_4$  of the three-component reciprocal system  $\text{Na,K}||\text{VO}_3,\text{CrO}_4$  was studied. By the method of differential thermal analysis, the composition and melting points of the alloys were established: eutectic - 68.4 eq.%  $\text{NaVO}_3$ , 18.6 eq.%  $\text{KVO}_3$  and 13.0 eq.%  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  with a melting point of 457 °C and peritectic - 36.6 eq.%  $\text{NaVO}_3$ , 43.4 eq. %  $\text{KVO}_3$  and 20.0 eq.%  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  with a melting point of 490 °C. The specific enthalpy of melting of the eutectic composition was determined, which was  $\Delta_m H = 311 \text{ kJ/kg}$ .

Расплавы солей щелочных и щелочноземельных металлов отвечают требованиям, предъявляемым к теплоаккумулирующим материалам, в качестве которых используют индивидуальные вещества или смеси, отдающие теплоту при кристаллизации и поглощающие ее при разрушении кристаллической решетки. Расплавы солей обладают необходимой теплопроводностью, термической и химической стойкостью и низкой теплоемкостью в твердом состоянии [1,2].

Исследования проводили методом дифференциального термического анализа (ДТА) на установке ДТА в стандартном исполнении [3]. Точность измерения температур составляла  $\pm 2.5^\circ\text{C}$ , при точности взвешивания навесок  $\pm 0.0001 \text{ г}$  на

аналитических весах VIBРАНТ. Масса исходных смесей составляла 0.2 г, скорость охлаждения (нагрева) – 15° / мин.

Экспериментально изучен квазитройной стабильный элемент  $\text{NaVO}_3\text{-KVO}_3\text{-K}_2\text{CrO}_4$  трехкомпонентной взаимной системы  $\text{Na,K}||\text{VO}_3,\text{CrO}_4$ . Для определения характеристик тройной эвтектики  $E$  в поле кристаллизации хромата калия экспериментально исследован политермический разрез  $AB$ , затем исследованием невариантного разреза  $\text{K}_2\text{CrO}_4\text{-}\bar{E}\text{-}E$  выходящего из  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , пересекающего проекцию  $\bar{E}$  на разрезе  $AB$  определены температура плавления ( $t_{\text{пл}} = 457^\circ\text{C}$ ) и состав –  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  13.0%,  $\text{NaVO}_3$  68.4%,  $\text{KVO}_3$  18.6% (рис. 1), точки, отвечающей эвтектическому равновесию в стабильном элементе  $\text{NaVO}_3\text{-KVO}_3\text{-K}_2\text{CrO}_4$  трехкомпонентной взаимной системы  $\text{Na,K} || \text{VO}_3,\text{CrO}_4$ . В системе невариантному равновесию отвечает фазовая реакция  $\text{Ж} \rightleftharpoons \text{KVO}_3 + \text{D} + \text{K}_2\text{CrO}_4$ .

Разрез  $AB$  также позволил установить проекцию перитектики  $\bar{P}$ ; исследованием разреза  $\text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \bar{P} \rightarrow \text{P}$  найдена точка перитектического равновесия с температурой плавления  $490^\circ\text{C}$ ; отвечающая составу:  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  20.0%,  $\text{NaVO}_3$  36.6%,  $\text{KVO}_3$  43.4%.

Поверхность кристаллизации квазитройной системы  $\text{NaVO}_3\text{-KVO}_3\text{-K}_2\text{CrO}_4$  состоит из четырех полей кристаллизации:  $\text{NaVO}_3$ ,  $\text{KVO}_3$ ,  $\text{D}$  и  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

Для эвтектического состава стабильного элемента  $\text{NaVO}_3\text{-KVO}_3\text{-K}_2\text{CrO}_4$  трёхкомпонентной взаимной системы  $\text{Na,K}||\text{VO}_3,\text{CrO}_4$ , выявленного в процессе исследования определили удельную энтальпию плавления. Для этого использовали установку ДТА в стандартном исполнении. Снимали три кривые охлаждения исследуемого эвтектического состава и эталонного вещества ( $\text{PbCl}_2$   $t_{\text{пл}}=495^\circ\text{C}$ ,  $\Delta_m H_{\text{уд}} = 85.7$  кДж/кг). Ограничение площади пиков на кривых ДТА проводили в соответствии с рекомендациями Международного комитета по стандартизации в термическом анализе [3]. Окончательное значение энтальпии усредняли по результатам нескольких измерений. Точность определения удельной энтальпии плавления эвтектического состава составила  $\pm 5\%$ .

Удельная энтальпия плавления эвтектического состава стабильного элемента  $\text{NaVO}_3\text{-KVO}_3\text{-K}_2\text{CrO}_4$  трехкомпонентной взаимной системы  $\text{Na,K}||\text{VO}_3,\text{CrO}_4$ , определенная методом сравнения с удельной энтальпией плавления эталонного вещества составила  $\Delta_m H_{\text{уд}} = 311$  кДж/кг.

Найденный низкоплавкий состав можно рекомендовать в качестве фазопереходного теплоаккумулирующего материала.

1. Делимарский Ю.К., Барчук Л.П., Прикладная химия ионных расплавов, Наук. Думка (1988).
2. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика, Энергоатомиздат (1991).
3. Гаркушин И.К., Мощенский Ю.В. и др., Термический анализ и калориметрия, Самар. гос. техн. ун-т (2013).

## ПОВЕДЕНИЕ МИКРОДИСПЕРСНОГО ЗОЛОТА ПРИ ПЛАВЛЕНИИ СУЛЬФИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Амдур А.М.<sup>1</sup>, Федоров С.А.<sup>2\*</sup>, Шваб Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт металлургии, УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [saf13d@mail.ru](mailto:saf13d@mail.ru)

## THE BEHAVIOR OF MICRO-DISPERSED GOLD IN SMELTING OF SULFIDE MATERIALS

Amdur A.M.<sup>1</sup>, Fedorov S.A.<sup>2\*</sup>, Shwab E.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural State Mining University, Yekaterinburg city, Russia

<sup>2</sup>) Institute of metallurgy, UrB RAS, Yekaterinburg city, Russia

The processes occurring with gold particles during heating and melting of technogenic sulfide-containing materials are considered. It is established that when heated to temperatures of 1100°C, gold particles are not enlarged. At the temperature of 1300°C, drops of gold radius of 50 microns or more were observed in the sample (mainly at the bottom). Consolidation occurred in the process of flotation with bubbles of sulfur-containing gases.

В техногенных месторождениях, в частности в сульфидсодержащих, золото представлено микроскопическими частицами. Такие частицы можно извлечь только после их укрупнения, что возможно в процессе нагрева и плавления вмещающего сырья [1].

Опыты проводили с золотосодержащими сульфидными материалами, количество сульфидов в которых достигало 80 масс.%. Плавление осуществлялось в корундовых тиглях, в печи сопротивления. Условия среды были окислительные. Размер частиц золота не превышал 10 мкм.

При температуре среды 1100°C частицы золота на поверхностях образца и в его объеме не обнаружены.

Когда температура достигает 1300°C (материал и золото в жидком состоянии), происходит флотации капелек золота пузырьками серосодержащих газов: на поверхности расплава наблюдались частицы металла размером более 50 мкм (рис.1). Это указывает на попутный процесс - коагуляцию (укрупнение). Размер пузырьков достигает 2-3 мм, что достаточно для флотации самых крупных капель золота. В сравнении с карбонатно-силикатными материалами, крупные металлические частицы встречаются намного реже в продуктах плавки сульфидного материала. При том, что содержание золота было одинаково в обоих материалах. Сам продукт плавления – пористый, сульфидов не обнаружено - все железо и медь перешли в оксиды и силикаты, часть золота, которое находилось в качестве примесей в сульфидах – освободилась.



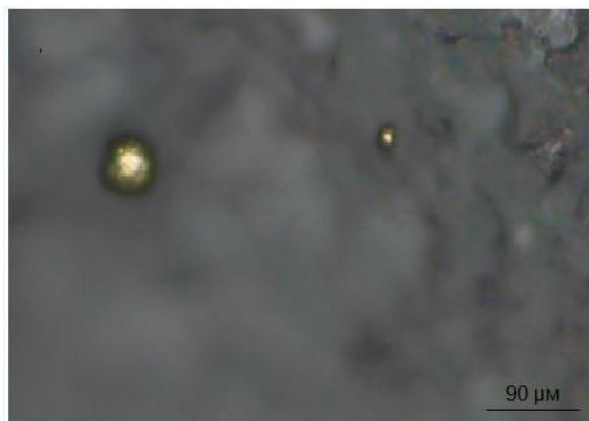


Рис. 1. Капли золота в объеме продукта плавления (снимок получен с РЭМ в режиме BSE).

Таким образом установлено, что укрупнение частиц золота происходит при температуре 1300°C в ходе процесса флотации пузырьками газов  $S_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ . В процессе плавления металлические капли концентрируются, преимущественно, на дне расплава. По сравнению с карбонатно-силикатными материалами, число укрупненных частиц золота значительно ниже, что, вероятно, связано с меньшим количеством выделяемого газа (в 2 раза меньше, чем у карбонатно-силикатной пробы).

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-29-24081\18.*

1. Амдур А. М., Ватолин Н. А. и др. Доклады Академии наук, 465, 3, 307–309 (2015).

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО НИОБИЯ С НИОБИЙСОДЕРЖАЩИМИ ХЛОРИДНЫМИ РАСПЛАВАМИ**

Фофанов Г.Л., Мухамадеев А.С., Половов И.Б.\* , Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.b.polovov@urfu.ru](mailto:i.b.polovov@urfu.ru)

## **INTERACTION OF METALLIC NIOBIUM WITH NIOBIUM-CONTAINING CHLORIDE MELTS**

Fofanov G.L., Muhamadeev A.S., Polovov I.B.\* , Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

In the current study we found that upon contacting metallic niobium with a melt containing higher oxidation state niobium ions the average oxidation state of niobium in the salt phase, mass of the metal and potential difference between niobium and an indicator electrodes decrease. After certain period of time these parameters tend to achieve certain constant values. This moment corresponds to the stationary state of the system. Analysis of the experimental data showed that the mixture of niobium (III) and (IV) ions is the final product of interaction of niobium-containing chloride melts with niobium metal and, therefore, a mixture of niobium ions in two oxidation states is present in equilibrium with the metal. The average oxidation state of niobium in the obtained melts (after contacting with Nb metal) increases with increasing niobium concentration. This observation correlates with the results of cathodic current efficiency measurements during niobium electrorefining. Thermodynamic calculations were performed using niobium red-ox and equilibrium electrode potentials in NaCl-KCl based melts at 700 °C. The results confirmed that equilibrium oxidation state of niobium in the fused chloride can increase with increasing total concentration of niobium in the melt.

В настоящее время во всем мире наблюдается увеличение спроса на высокочистый металлический ниобий. Такая тенденция вызвана расширением применения ниобия и сплавов на его основе в различных областях новой техники - машиностроении, авиакосмической индустрии, атомной энергетике, химической промышленности и радиоэлектронике. Перспективным способом получения высокочистого ниобия является электролитическое рафинирование в хлоридных расплавах.

Стабилизация валентного состояния ниобия в рафинировочных ваннах может быть обеспечена в процессе длительного контакта металлического ниобия с ниобийсодержащим расплавом. В литературе показано, что в случае использования неравновесных с металлом электролитов, на катоде получают рыхлые, относительно плохо сцепленные осадки, которые содержат много электролита

Показано, что в процессе выдержки расплава, содержащего ионы ниобия в высших степенях окисления, с металлом средняя степень окисления ниобия, масса ниобия и разность потенциалов между ниобиевым и индикаторным электродом уменьшаются, асимптотически приближаясь к некоторому постоянному

значению. Эти факты свидетельствуют о стремлении системы к стационарному состоянию. Установлено, что продуктом реакции является смесь ионов трех- и четырехвалентного ниобия. Следует указать на обнаруженное нами явление увеличения средней степени окисления по мере роста концентрации ниобия в выдержанном в контакте с металлом электролите (рисунок 1), что подтверждено измерениями катодных выходов по току при электрорафинировании ниобия. Полученные результаты подтверждены расчетом средней степени окисления ниобия в зависимости от его общей концентрации по литературным данным о стандартных окислительно-восстановительных и равновесных потенциалах ниобия в  $(\text{Na-K})\text{Cl}_{\text{ЭКВ}}$  при  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, продуктами взаимодействия металлического ниобия с расплавами на основе  $(\text{Na-K})\text{Cl}_{\text{ЭКВ}}$ , содержащими ниобий в степенях окисления +5 и +4 является смесь ионов трех- и четырехвалентного ниобия, причем с ростом концентрации ниобия в электролите его интегральная степень окисления увеличивается.

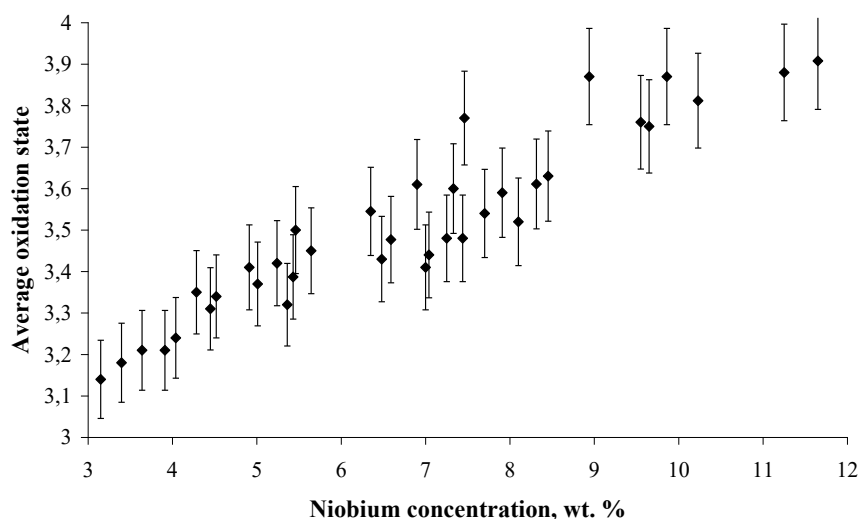


Рис. 1. Зависимость средней степени окисления ниобия от концентрации металла в электролите

## ГАЗОВЫЙ КОНДЕНСАТ КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Глазунов А.М., Мозырев А.Г., Майорова О.О.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [glazunovam@tyuiu.ru](mailto:glazunovam@tyuiu.ru)

## THE GAS CONDENSATE AS THE SOURCE OF DIESEL FUEL

Glazunov A.M., Mozyrev A.G., Maiorova O.O.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

The article deals with studies of obtaining diesel fuel from the remainder of gas condensate using the adsorption method.

Возрастание автомобильного парка приводит к увеличению потребностей в моторных топливах. Дополнительным ресурсом для производства моторных топлив являются нефтяные газовые конденсаты. К наиболее крупным относятся газоконденсатные месторождения Севера Западной Сибири, Астраханское, Прикаспийской низменности и Оренбургское [1].

Последние после выделения из них бензиновых фракций, практически, могут использоваться как дизельное топливо, однако в них содержится еще небольшое количество смолистых веществ, которые можно извлечь, применяя адсорбционную очистку. Работа посвящена адсорбционной очистке остатка газового конденсата (ОГК).

В качестве адсорбентов использовали силикагель марки АСКГ ( $\text{SiO}_2$ ), адсорбент Б (смесь  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), клиноптилолит и цеолит NaA.

Исследования по адсорбционной очистке ОГК проводили на специальной лабораторной установке. Эффективность очистки оценивали по  $n_D^{20}$ , по зависимости  $n_D^{20}$  от количества получаемого десорбата, по цвету получаемого дизельного топлива (ДТ). Приемлемым считалось ДТ от бесцветного до светло-желтого.

Полученные данные показывают, что все адсорбенты хотя и в разной степени, но способны очищать ОГК от асфальто-смолистых веществ и тяжелых ароматических углеводородов (АУ). Наиболее высокой адсорбционной способностью обладает адсорбент Б. Очень близким к адсорбенту Б по эффективности очистки, является силикагель, но его эффективность несколько ниже. Низкой адсорбционной способностью обладают клиноптилолит и цеолит NaA.

По полученным результатам для дальнейших исследований выбрали-силикагель АСКГ и адсорбент Б.

Регенерацию адсорбентов проводили для восстановления их начальных адсорбционных свойств с использованием десорбентов. При выборе десорбентов исходили из того, что основными продуктами, дезактивировавшими адсорбенты, являются АСВ и тяжелые АУ. Известно, что для десорбции таких продуктов

требуется использование высокополярных десорбентов - кетонов, спиртов и их смесей с АУ и др. [2].

В качестве десорбентов использовали ацетон, этанол и их 50%-е по объему смеси с бензолом. Предполагалось выявить на основании исследований наиболее эффективный десорбент.

Исследования показали, что этанол не может использоваться в качестве десорбента, т.к. показатель преломления десорбата не достигает значений показателя преломления исходного этилового спирта. Эффективными десорбентами для адсорбента Б и силикагеля оказались ацетон и смесь ацетона (50%) с бензолом.

Адсорбент Б и силикагель могут рекомендоваться для доведения ОГК по содержанию смол до требований ГОСТа.

1. Демиденко К.А., Нефти и газовые конденсаты России, Техника, (2000).
2. Проскураков В.А., Химия нефти и газа, Химия, (1996).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ ПРИРОДНЫМИ И МОДИФИЦИРОВАННЫМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ КЛИНОПТИЛОЛИТА**

Глазунова Ю.В., Блинова М.О. \*, Воронина А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [m.o.blinova@urfu.ru](mailto:m.o.blinova@urfu.ru)

## **THE STUDY OF KINETICS OF STRONTIUM SORPTION BY NATURAL AND MODIFIED ALUMINOSILICATES**

Glazunova Yu.V., Blinova M.O. \*, Voronina A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Kinetics of strontium sorption from low mineralized waters by sorbents based on natural and modified aluminosilicates was studied. It was found that the process of sorption proceeds in a mixed-diffusion condition. It was shown that cesium sorption by clinoptilolite-based sorbents was limited by ions diffusion in porous space

Поступление антропогенных радионуклидов в природные и аграрные экосистемы является следствием деятельности человека: ядерных испытаний и радиационных аварий, а также выбросов предприятий атомной промышленности и ядерной энергетики. Основная роль в дезактивации природных водных объектов в случае чрезвычайных ситуаций принадлежит сорбционным методам. Сорбционные методы могут быть применены и для реабилитации радиоактивно-

загрязнённых территорий с целью снижения перехода радионуклидов из почвы в растения. Такой переход осуществляется через почвенный раствор.

В работе исследованы особенности кинетики сорбции стронция природными алюмосиликатами (клиноптилолит – Кл) и ферроцианидными сорбентами на основе (смешанными ферроцианидами никеля калия на основе клиноптилолита (НКФ-Кл)) из слабоминерализованных вод.

Показано, что кинетические кривые в координатах « $-\ln(1-F) - t$ » могут быть описаны двумя прямолинейными зависимостями, что говорит о протекании процесса сорбции в двух кинетических режимах, характеризующихся разными скоростями. Результаты исследований представлены в таблице, где  $a_1$ ,  $a_2$  - кажущиеся константы скорости сорбции цезия на первом и втором кинетическом участке,  $b_1$  и  $b_2$  – участки отсекаемые на оси ординат, прямолинейными зависимостями.

Первый участок в интервале времени предположительно соответствует внешнедиффузионному режиму сорбции, на втором имеет место внутридиффузионный режим сорбции. В целом на всем промежутке времени процесс сорбции стронция протекает в смешанно-диффузионном режиме.

Кинетические параметры сорбции стронция исследуемыми сорбентами из слабоминерализованной воды

Сорбент	Скорость, об/мин	I участок $y=a_1 \cdot x+b_1$				II участок $y=a_2 \cdot x+b_2$			
		$a_1$	$\Delta a_1$	$b_1$	$\Delta b_1$	$a_2$	$\Delta a_2$	$b_2$	$\Delta b_2$
Кл	180	0,009	0,002	0,01	0,04	0,0028	0,0007	0,21	0,08
	480	0,006	0,007	0,06	0,11	0,0009	0,0005	0,19	0,05
	900	0,009	0,007	0,04	0,11	0,0009	0,0036	0,20	0,29
НКФ-Кл	180	0,010	0,010	0,05	0,10	0,0050	0,0098	0,07	0,10
	480	0,007	0,004	0,04	0,06	0,0028	0,0011	0,16	0,12
	900	0,006	0,005	-0,02	0,08	0,0001	0,0011	0,22	0,12

Полученные значения коэффициентов диффузии позволяют сделать предположение о том, что процесс сорбции независимо лимитирует диффузия стронция в порах сорбента разного размера, чему соответствуют значения коэффициентов диффузии на уровне  $10^{-13} \text{ м}^2/\text{с}$ .

## АНАЛИЗ ИЗОТЕРМ СОРБЦИИ УРАНА В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ИСТИННЫХ КОЛЛОИДОВ

Гордеева Т.Ю.\*, Недобух Т.А., Семенищев В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург; Россия

\*E-mail: [tnushagor@gmail.com](mailto:tnushagor@gmail.com)

## THE ANALYSIS OF URANIUM SORPTION ISOTHERMS IN THE AREA OF COLLOIDS FORMATION

Gordeeva T.Yu., Nedobukh T.A., Semenishchev V.S.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The areas of formation of own colloidal forms of uranium in aqueous solutions were determined depending on pH and uranium concentration. Theoretical isotherms were calculated according to the Langmuir's and Dubinin-Radushkevich models. The algorithm of treatment of sorption isotherms under the conditions of sequential realization of various sorption mechanisms was described and experimentally confirmed.

Анализ изотерм сорбции позволяет определить характеристики сорбента, выявить особенности сорбционного поведения сорбата и высказать предположение о механизме сорбции. Для описания сорбции урана сорбентами на основе гидроксида титана широко используют изотерму Ленгмюра, которая дает адекватные результаты особенно в области микроконцентраций. Однако для сорбентов, обладающих развитой пористой структурой, особенно в области средних и высоких концентраций урана наблюдается отклонение от изотермы Ленгмюра, что обуславливает необходимость привлечения для описания сорбционного процесса других моделей сорбции и учета возможности образования истинных коллоидов.

Сочетая расчетные методы и метод ультрафильтрации, определили область образования ураном истинных коллоидов и на основании этого предположить, какие механизмы следует учитывать при описании процесса сорбции. Предложен алгоритм обработки изотерм сорбции урана высокопористым сорбентом при условии последовательной реализации процессов мономолекулярной сорбции, описываемой изотермой Ленгмюра, заполнения порового пространства трудно-растворимым соединением сорбата, описываемого изотермой Дубинина-Радушкевича, образования собственной фазы в растворе.

Предложенный алгоритм обработки был использован для анализа изотерм сорбции урана сорбентом на основе гидроксида титана – Термоксид-5 из растворов NaCl при различных значениях pH (2-3 и 5-6) в диапазоне начальных концентраций урана  $C_0 = 10^{-3} - 5$  г/л. Подтверждена реализация различных механизмов извлечения урана: сорбционное извлечение, которое описывается изотермой Ленгмюра (до  $C_0 = n \cdot 10^{-1}$  г/л в зависимости от значения pH исходного раствора), и заполнение порового пространства гидроксидом уранила, которое описывается

изотермой Дубинина-Радушкевича вплоть до концентрации урана в растворе  $C_0/s = 2,1$ , где  $s$  – значение концентрации растворимости труднорастворимого соединения при заданном значении рН. Определены параметры уравнения Дубинина-Радушкевича и рассчитано значение рН в поровом пространстве сорбента – 4 – 4,5, которое не зависит от рН исходного раствора. При дальнейшем увеличении концентрации урана в растворе наблюдается увеличение концентрации урана в твердой фазе, хотя поровое пространство заполнено полностью. Вероятно, это связано с образованием собственной фазы труднорастворимого соединения – гидроксида уранила на поверхности сорбента.

### **ИНТЕРКАЛЯЦИИ СЛОИСТЫХ ГИДРОКСОНИТРАТОВ Gd-Er ФТОРИД-ИОНАМИ И СУЛЬФАТ-ИОНАМИ**

Гордеев Е.В.\*, Машковцев М.А., Алёшин Д.К., Шадрина Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [egorgordeev1998@mail.ru](mailto:egorgordeev1998@mail.ru)

### **INTERKALATION OF LAYERED HYDROXONITRATE Gd-Er FLUORIDE IONS AND SULFATE IONS**

Gordeev E.V.\*, Mashkovcev M.A., Aleshin D.K., Shadrina L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, was shown possibility of anionic bulk nitrate ions on sulfate and fluoride ions of layered hydroxonitrates synthesized by reverse precipitation, direct precipitation, precipitation with hydrothermal treatment and precipitation at a constant pH value. The difference in the concentration of anions with different methods of synthesis may be explained by the different morphology of the particles.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) обладают уникальными оптическими свойствами, поэтому их применяют для изготовления люминесцирующих коллоидных суспензий. Одним из способов их получения является анионный обмен с последующей деаминацией слоистых гидроксидов РЗЭ. Поэтому слоистые гидроксиды РЗЭ являются перспективным прекурсором для создания люминесцентных материалов. Целью данной работы, является определение концентрации нитрат-ионов в гидроксонитрате Gd-Er, и определение содержания фторид и сульфат-ионов в образцах после интеркаляции.

Гидроксонитраты Gd-Er были получены методами прямого осаждения, обратного осаждения, осаждения при постоянном значении рН и осаждения с последующей гидротермальной обработкой. Осаждённые образцы фильтровали,



промывали 3 л деионизованной воды, репульпировали в 0,3 л абсолютного изопропилового спирта и сушили при 50 °С в течении 24 часов.

Далее от каждого высушенного образца отбирали по 6 г порошка, которые помещали в 1 л раствора фторида аммония с концентрацией 0,024 моль/л и в 1 л раствора сульфата аммония с концентрацией 0,008 моль/л. Процессы анионного обмена проводили при температуре 80 °С в течении 24 часов при постоянном перемешивании. Полученные суспензии фильтровали, осадки обрабатывали таким же образом, как и после осаждения.

Полученные образцы были проанализированы методами оптической микроскопии и ИК спектроскопии. Так же эти образцы были переведены в раствор и проанализированы методом капиллярного электрофореза.

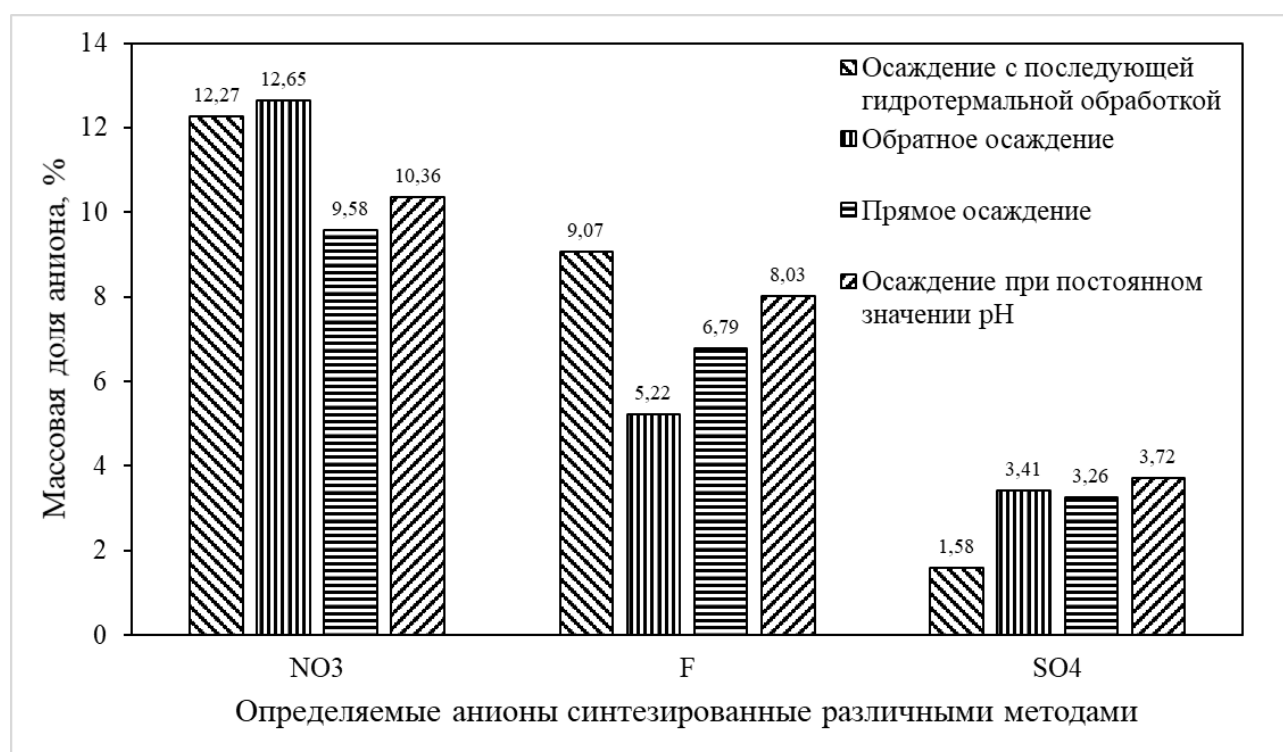


Рис. 1. Концентрации анионов в образцах, синтезированных в различных условиях

Оптической микроскопией были проанализированные гидроксонитраты Gd-Er. Частицы, полученные обратным осаждением и осаждением с последующей гидротермальной обработкой, имеют осколочную форму. Частицы, полученные осаждением при постоянном значении рН, имеют сфероидальную форму. Образец, полученный обратным осаждением, имеет вид геля. Образцы после интеркаляции были проанализированы методом ИК спектроскопии, что показало замещения нитрат-ионов на сульфат-ионы или фторид-ионы во всех образцах. С помощью капиллярного электрофореза было установлена концентрация анионов в каждом из образцов. Стоит отметить, что образцы с различной морфологией имеют разное количество анионов. В гидроксофторидах и гидроксосульфатах не удалось определить остаточную концентрацию нитрат-ионов. Различие в концентрации анионов у образцов, синтезированных разными методами, может быть

связанно с различием в морфологии частиц и взаимодействием анионов с молекулами воды в гидроксидном слое [1].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188)*

1. Wu X. et al. Journal of Materials Chemistry C, 3, 3428-3437.

## **КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПАРАФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ОТ ПРИМЕСЕЙ МЕТАНОЛА**

Гулиянц Ю.С., Таранова Л.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень Россия

E-mail: [yur8486@yandex.ru](mailto:yur8486@yandex.ru)

## **CATALYTIC PURIFICATION OF PARAFFIN HYDROCARBONS FROM METHANOL ADMIXTURES**

Guliyants Y.S., Taranova L.V.

Tyumen industrial University, Tyumen, Russia

The paper proposes a method of catalytic purification of paraffin hydrocarbons from methyl alcohol impurities and a catalyst for the process. The results of studies of the degree of purification using traditional Nickel- and palladium-containing catalysts in comparison with the prototype are presented. The advantage of the synthesized catalyst over the traditional in the degree of purification and parameters of its conduct is shown.

В товарных углеводородах (УВ) присутствуют следы метанола, что отрицательно сказывается на их качестве и цене. Для газового конденсата и пропана содержание метанола ограничиваются величиной от 10 до 50 ppm [1]. Для пропана – как сырья нефтехимического синтеза, в частности, при получении пропилена каталитическим дегидрированием, эти требования еще жестче – не более 10 ppm в связи с негативным влиянием метанола на активность катализатора. Для установок по получению пропилена предусматривают узел двухступенчатой очистки пропана от метанола [2] с реализацией ряда стадий: водной отмывки пропана; осушки и доочистки на цеолитах; регенерации метанола, что делает процесс капиталоемким и энергозатратным.

В этой связи целью данной работы является разработка более простого, способа каталитической очистки парафиновых УВ от примесей метанола с использованием активных и селективных катализаторов, работающих в области низких температур.

В качестве катализаторов испытывались традиционные никель- и палладий-содержащие гидрирующие катализаторы, а также синтезированный опытный образец катализатора.

Исследования проводились на модельной системе (в основе – н-гептан) при атмосферном давлении на проточной лабораторной установке с реактором объемом 100 см<sup>3</sup> с варьированием содержания метанола в пределах 0,19–0,25% масс.; гидрирующий агент – электролитический водород. Анализы проводились на хроматографе Цвет 500 М с пламенно-ионизационным детектором.

Варьируемые параметры процесса очистки: температура 25-50<sup>0</sup>С; объемная скорость подачи 1-6 час<sup>-1</sup>; мольное соотношение Н<sub>2</sub> / СН<sub>3</sub>ОН от 4:1 до 270:1.

Исследования показали преимущества опытного образца катализатора перед традиционного используемыми по степени очистки: достигается практически полное удаление метанола (<1,0 ppm по пределу чувствительности) при небольшом мольном избытке водорода к метанолу и комнатной температуре, в то время как для Ni и Pd содержащих катализаторов обеспечивалась степень очистки не более 5 ppm при повышенной температуре и большем мольном избытке водорода.

1. Крячков А.А., Нефтегазовая промышленность, 6 (18), 46 (2005).
2. Сибур Сегодня, 6, 12 (2008).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА OSC-МАТЕРИАЛОВ

Гурьянова А.А., Пономарев А.В., Жиренкина Н.В., Машковцев М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [79506330744@yandex.ru](mailto:79506330744@yandex.ru)

## STUDY OF THE EFFECTS OF MODIFICATION ON THE PROPERTIES OF OSC-MATERIALS

Gurianova A.A., Ponomarev A.V., Jirenkina N.V., Mashkovtsev M.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The effect of modifying the OSC - materials with compounds of metals such as Ba and La on the technological properties (surface area and density) was studied.

OSC–материалы применяются в катализаторах выхлопных газов автомобильных двигателей. Так как реакция захвата (высвобождения) кислорода является гетерогенным процессом, проходящим на поверхности OSC–материалов, то каталитические свойства зависят от величины удельной поверхности. При этом необходимо обеспечить максимальное содержание вещества, запасующего кислород, в тонком слое материала, а значит плотность покрытия из OSC–материала должна быть максимальной. Цель работы – исследовать влияние модифицирования на свойства OSC – материалов.

Модифицирование проводили путем добавления солей  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{BaAc}_2$ ,  $\text{La}_2(\text{NO}_3)_3$  (массовое содержание добавок в пересчете на оксиды составляло 3,6 %) в размолотую суспензию, состоящую из OSC–материал и воды в соотношении 40 к 60 по массе. Размол суспензии проводили в бисерной мельнице до различных значений среднего размера частиц (больше 10 мкм, от 6,5 – 9,5 мкм, меньше 6 мкм). Имитацию введения нитратов солей драгоценных металлов (Pt, Pd, Rh) осуществляли введением концентрированной  $\text{HNO}_3$ . После модифицирования суспензию сушили и подвергали поэтапному обжигу при 500 °С 2 часа и 1100 °С 4 часа.

Размер частиц во время помола измеряли с помощью лазерного дифракционного анализатора гранулометрического состава Analysette 22 MicroTec plus фирмы FRITSCHE, параметры поверхности образцов исследовали с помощью анализатора сорбции газов Nova 1200e фирмы Quantachrome, плотность определяли с помощью электронного микрометра и аналитических весов с точностью до трех знаков после запятой.

Установлено, что увеличение количества, вводимой  $\text{HAc}$  в систему, не оказывает существенного влияния на удельную площадь поверхности и плотность покрытий. Степень размола суспензии также не оказывает существенного влияния.

Модифицирование солями  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{BaAc}_2$  приводит к существенному снижению удельной площади поверхности. При этом модифицирование солью  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  приводит к существенному снижению плотности покрытий с 2,3 до 1,5 г/см<sup>3</sup>, в то время как модифицирование солью  $\text{BaAc}_2$  не оказывает влияния на удельную плотность. Модифицирование солью  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  не вызывает существенного снижения удельной поверхности и плотности.

Введение  $\text{HNO}_3$  уменьшает влияние тенденции к снижению удельной площади поверхности при введении в систему совместно с  $\text{BaAc}_2$ . В случае введения азотной кислоты и нитрата бария происходит существенное падение удельной поверхности материалов покрытия с 22 до 8 м<sup>2</sup>/г, плотность покрытий при этом не изменяется, введения азотной кислоты и нитрата лантана уменьшает значение удельной поверхности материалов покрытия с 22 до 10 м<sup>2</sup>/г, плотность покрытий не изменяется.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗАЗОРОВ НА ГИДРОДИНАМИКУ ТЕЧЕНИЯ В КОЖУХОТРУБНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ

Гушшамова В.Н.<sup>1\*</sup>, Морданов С.В.<sup>1</sup>, Штырляев И.Е.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> ЗАО «LOTUS®», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [89126634949@yandex.ru](mailto:89126634949@yandex.ru)

## INVESTIGATION OF THE IMPACT OF STRUCTURAL GAPS ON THE HYDRODYNAMICS OF THE FLOW SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER

Gushshamova V.N.<sup>1\*</sup>, Mordanov S.V.<sup>1</sup>, Shtyrlyayev I.E.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> CJSC «LOTUS®», Yekaterinburg, Russia

The simulation of the hydrodynamics of the intertubular space of the shell-and-tube heat exchanger is performed. The influence of structural gaps of elements on the hydrodynamics of the intertubular space is studied.

В настоящее время изучаются вопросы улучшения теплопередачи [1], оптимизации условий эксплуатации [2, 3, 4], влияния скорости среды на различные параметры и характеристики теплообменного оборудования [5, 6], а также влияние конструктивных зазоров на интенсивность теплообмена [7].

В работе представлены результаты исследования влияния конструктивных зазоров на гидродинамику течения в межтрубном пространстве кожухотрубного теплообменника. Рассмотрены три расчетных случая, данные для которых представлены в таблице 1. Геометрические параметры кожухотрубчатого теплообменника оставались постоянными.

Конструктивные и физические данные трех рассматриваемых случаев

№	Конструктивные характеристики			Гидравлическое сопротивление, МПа	Массовый расход через окно, кг/с	Массовый расход через трубки, кг/с	Массовый расход через корпус, кг/с
	Противобайпасн. полосы	Зазоры между трубками и перегородками	Зазоры между обечайкой и перегородкой				
1	-	+	+	17,062	58,5	57,39	60,22
2	+	+	+	22,354	5,44	6,08	6,58
3	-	+	-	25,649	2,86	3,33	-

Выполнено моделирование гидродинамики межтрубного пространства с учетом зазоров в конечно-элементном программном комплексе ANSYS CFX. Получены линии тока теплоносителя, а также поля скоростей и давлений во всем объеме.

Получены интегральные характеристики: гидравлические сопротивления рассматриваемой части межтрубного пространства теплообменного аппарата, которые находятся в диапазоне 17-26 кПа в зависимости от геометрии; массовые расходы теплоносителя через конструктивные зазоры и окна перегородок.

Показано, что протечки, которые возникают между корпусом и перегородкой, ухудшают теплоотдачу, так как данный поток не участвует в теплопередаче. Установлено, что через все конструктивные зазоры одной перегородки протекает порядка 10-15% жидкости, причем 8-10% через зазоры между всеми трубками и перегородкой и 4-5% через зазор между перегородкой и корпусом теплообменного аппарата. Таким образом, уменьшая конструктивный зазор, возможно, предотвратить протечки, а, следовательно, улучшить теплоотдачу.

1. Ammar A. A., Case Studies in Thermal Engineering, 563-568 (2018).
2. Jiayang T., Yufei W., Energy, 1118-1129 (2016).
3. Seddegh S., Applied Thermal Engineering, 1349-1362 (2018).
4. Barros J. J. C., Journal of Cleaner Production, 552-567 (2018).
5. Chen J. H., Journal of Mathematical Analysis and Applications, 492-498 (2014).
6. Aulisa E., IFAC-PapersOnLine, 104-109 (2016).
7. Четверткова О.В., Ризванов Р.Г, Нефтегазовое дело, 109-112 (2012).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ВОДНЫХ АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ

Глоба А.И.\*, Богдан Е.О., Черепко Д.Н.

Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

\*E-mail: [Orion-2308@yandex.ru](mailto:Orion-2308@yandex.ru)

## DETERMINATION OF SIZE OF PARTICLES OF WATER ACRYLIC DISPERSIONS

Hloba N.I., Bogdan E.O., Cherepko D.N.

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

The results of particle size determination using the turbidimetric method (Heller method) for synthetic latexes based on acrylate copolymers obtained under different conditions by emulsion polymerization are presented.

Полимерные дисперсии широко применяются в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, быту. Как правило их получают методом эмульсионной полимеризации в присутствии стабилизаторов полимерных частиц – эмульгаторов. Подбор оптимального качественного и количественного состава мономеров, инициаторов и эмульгаторов, а также условий проведения процесса эмульсионной полимеризации (температура, скорость перемешивания реакционной смеси, рН среды и т.д.) позволяют получать стабильные водные полимерные дисперсии с минимальным размером частиц [1].

В данной работе представлены результаты определения размеров частиц турбидиметрическим методом (метод Геллера) для синтетических латексов на основе сополимеров акрилатов, полученных при различных условиях эмульсионной полимеризацией.

Водные дисперсии полиакрилатов получали двумя способами: путем непосредственного введения сомономеров (способ 1) или предварительно эмульгированной смеси сомономеров в воде при их массовом соотношении 1: (0,2–0,3) в присутствии эмульгатора (способ 2) в водную фазу, содержащую водорастворимый инициатор и эмульгатор, и перемешивания эмульсии при 60–80°C до завершения процесса полимеризации. Далее проводили измерение размеров частиц дисперсной фазы с помощью спектрофотометра СФ-2000.

Турбидиметрическим методом анализа основан на измерении интенсивности света, прошедшего через систему, при условии, что интенсивность падающего светового потока ослабляется в результате его рассеяния дисперсной системой. Он применяется, например, для определения размеров частиц дисперсных систем (метод Рэля и метод Геллера), для определения порогов коагуляции гидрозолей под действием электролитов-коагуляторов, для определения количество

вещества, требуемого для стабилизации единицы объема гидрозоля полимеров и поверхностно-активных веществ по отношению к гидрозолям.

Метод Геллера основан на экспериментальном определении характеристики дисперсности  $m$ , для чего уравнение Геллера приводят к линейному виду путем логарифмирования:

$$\lg D = \lg K - m \cdot \lg \lambda \quad (1)$$

Затем строят график зависимости  $\lg D = f(\lg \lambda)$ , по которому графическим методом определяют  $m$  и, пользуясь таблицей Геллера, устанавливают диаметр  $d$  (нм) частиц дисперсии сополимера. Границы применимости метода Геллера находятся в интервале  $d = 77-189$  нм.

Проведенные исследования показали, что дисперсии, полученные вторым способом (с предварительным получением форэмульсии) характеризуются меньшим размером частиц и являются более стабильными во времени.

1. Прокопчук Н.Р., Крутько Э.Т., Глоба А.И. Химическая модификация пленкообразующих веществ. БГТУ (2012).

## **ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ АЛКИДНОГО ОЛИГОМЕРА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ**

Глоба А.И.<sup>\*</sup>, Яблонская Е.И., Эсауленко Д.В.

Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

\*E-mail: [Orion-2308@yandex.ru](mailto:Orion-2308@yandex.ru)

## **EFFECT OF THE STRUCTURE OF THE ALKYD OLIGOMER ON PHYSICAL, MECHANICAL AND PROTECTIVE PROPERTIES OF PAINT COATINGS**

Hloba N.I., Yablonskaya E.I., Esaylenko D.V.

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

The research covers possible methods of synthesis of alkyd resins, formulations and areas of application this filmformers in paint production.

Варьирование свойств покрытий на их основе алкидных пленкообразователей достигается в значительной мере за счет большого разнообразия мономеров и модификаторов [1].

Целью данной работы являлось улучшение физико-механических и защитных свойств лаковых покрытий за счет регулирования строения алкидного сополимера, синтезированного с использованием в качестве мономеров глицерина (Гл) или пентаэритрита (Пэ), а также фталевого ангидрида и ангидрида 5,6-



бензбицикло-[2,2,2]октанон-8-дикарбоновой-2,3 кислоты (АБ), взятых в определенном соотношении.

Расчет рецептур алкидов осуществляли с учетом функциональности используемых мономеров, заданного избытка гидроксильных групп получаемого алкида и его жирности [2].

Синтез алкидных смол осуществляли путем поликонденсации ФА и АБ с продуктами переэтерификации многоатомных спиртов с различными количествами рафинированного льняного масла при 210 – 215 °С в течение 2,5 – 6,5 ч. В качестве катализатора использовали PbO. В результате получали светло-желтые смолы с кислотным числом 10–65 мг КОН/г, хорошо растворимые в ацетоне, ксилоле. Эти смолы способны отверждаться до третьей степени при нагревании с образованием трехмерных продуктов при 100–105°С в течение 30–45 мин, при 18–23°С в течение 8–10 ч.

Определение основных физико-механических свойств полученных покрытий определяли по гостированным методикам. Данные по составу и свойствам лаковых покрытий, полученных горячей сушкой, приведены в таблице.

Состав и свойства лаковых покрытий

Состав смолы		Физико-механические свойства покрытия				Стойкость покрытия к воздействию, сут.		
Спиртовой компонент	Жирность	Твердость, отн. ед.	Адгезия, балл	Прочность при ударе, см	Эластичность при изгибе, мм	вода	0,5% p-p HCl	3% p-p NaCl
Г	30	0,88	1	80	1	90	15	1
Г	40	0,84	1	85	1	> 90	15	1
Г	50	0,55	1	90	1	> 90	17	1
ПЭ	50	0,76	1	100	1	80	19	2
ПЭ	60	0,74	1	100	1	75	20	2

Таким образом, из таблицы видно, что лаковые покрытия, нанесенные на металлические или стеклянные подложки, образуют после отверждения прочную пленку, обладающую высокой поверхностной твердостью, хорошей адгезией и обеспечивают повышенную коррозионную устойчивость металлических поверхностей к воздействию влаги за счет обеспечения компонентами барьерного и адгезионного механизма защитного действия покрытия в присутствии ангидридной компоненты алкидной смолы (АБ).

1. Прокопчук Н.Р., Крутько Э.Т., и др., Химическая модификация пленкообразующих веществ, БГТУ (2012).
2. Паттон Т.К., Технология алкидных смол, Химия (1970).

## ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИЯ

Игошева В.С.<sup>1\*</sup>, Зайцева П.В.<sup>1,2</sup>, Васильева Н.Л.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург Россия

\*E-mail: [new.vikusik@ya.ru](mailto:new.vikusik@ya.ru)

## ELECTROTHERMAL ATOMIC ABSORPTION DETERMINATION OF INDIUM

Igosheva V.S.<sup>1\*</sup>, Zaitceva P.V.<sup>1,2</sup>, Vasil'eva N.L.<sup>1</sup>,

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Metallurgy UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Influence of the use  $Mg(NO_3)_2$  as a chemical modifier on the temperature of pyrolysis for indium determination was estimated. Thermodynamic simulation of thermochemical processes on the pyrolysis stage without and with  $Mg(NO_3)_2$  was carried out. Theoretical results were confirmed by experimental data.

Экспериментально и теоретически оценена возможность использования нитрата магния в качестве химического модификатора в электротермическом атомно-абсорбционном анализе на примере индия.

Экспериментальное определение температуры стадии пиролиза в отсутствие и присутствии модификатора выполнили с помощью атомно-абсорбционного спектрометра AAnalyst 800 фирмы Perkin Elmer (без  $Mg(NO_3)_2$  – 20 мкл раствора 50 мкг/л  $In(NO_3)_2$ ; с  $Mg(NO_3)_2$  – 10 мкл раствора 100 мкг/л  $In(NO_3)_2$ , 10 мкл раствора 2 г/л  $Mg(NO_3)_2$ ). С использованием программного комплекса HSC 6.1 с собственной базой термодинамических данных выполнено термодинамическое моделирование термохимических процессов стадии пиролиза в отсутствие и присутствии модификатора. Условия моделирования соответствовали использованным экспериментальным данным, а температуру стадии пиролиза определяли для уровня 1% потери индия в газовую фазу.

Согласно экспериментальным данным, температура стадии пиролиза составила 850 °С без  $Mg(NO_3)_2$  и 1100 °С с  $Mg(NO_3)_2$ . Полученные данные согласуются с опубликованными данными 700–800 °С без  $Mg(NO_3)_2$  и 750 °С с  $Mg(NO_3)_2$  [1, 2].

Расчеты показали, что в случае отсутствия модификатора при начальных температурах стадии пиролиза индий находится в виде конденсированного оксида  $In_2O_3^c$  как в зоне поверхности пробы, так и в зоне контакта пробы с углеродом атомизатора. В отсутствие модификатора потери индия в газовую фазу графитовой печи в виде  $In^g$  и  $In_2O^g$  возможны при температуре выше 750 °С. В зоне контакта пробы с поверхностью атомизатора при температуре выше 250 °С восстанавливается  $In_2O_3^c$  до  $In^c$ , а потери индия в газовую фазу наблюдаются при температуре выше 500 °С в виде  $In^g$ . В присутствии модификатора в зоне поверхности пробы наблюдается восстановление  $In_2O_3^c$  до  $In^c$ , а потери индия в газовую

фазу возможны в виде  $\text{In}^g$ ,  $\text{In}_2\text{O}^g$  выше  $800\text{ }^\circ\text{C}$ . В зоне контакта пробы с поверхностью атомизатора при температуре выше  $200\text{ }^\circ\text{C}$  восстанавливается  $\text{In}_2\text{O}_3^c$  до  $\text{In}^c$ , а потери индия в газовую фазу наблюдаются при температуре выше  $850\text{ }^\circ\text{C}$  в виде газообразного  $\text{In}^g$ .

Согласно расчетам индий удерживается в графитовой печи за счет образования конденсированного раствора на основе оксида магния.

Результаты данной работы полезны для изучения механизма действия нитрата магния с целью последующей оптимизации определения других аналитов методом электротермического атомно-абсорбционного анализа.

1. Mofolo R.M., Katskov D.A. et al., Sp. Acta. Part B., 56, 375 (2001).
2. Atomic Absorption Spectrometry. Methods Manual. Thermo (2008).

## ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА (III) В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ СОЛЕЙ СИЛЬНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

Иканина Е.В. \*, Синотова П.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ikael@yandex.ru](mailto:ikael@yandex.ru)

## IRON (III) FORMS IN AQUEOUS SOLUTIONS OF SALTS OF STRONG INORGANIC ACIDS

Ikanina E.V. \*, Sinotova P.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The possible ionic equilibria in  $\text{FeCl}_3$  aqueous solutions were considered and the most probable of them were determined. Mathematical model of complexation was developed. The process of iron (III) transformation to the required complex form by mathematically predicted change of solution composition was shown. The targeted recharge of complex particles was used as a basis for separating iron (III) and heavy nonferrous metals based on the available ion-exchange resins.

Железо относится к широко распространенным элементам, поэтому в промышленности и при решении аналитических задач часто приходится сталкиваться с проблемой разделения растворимых форм железа и других металлов. Знания о составе и устойчивости комплексных форм железа (III) позволят повысить эффективность технологических систем очистки растворов и точность методов анализа. Большое количество работ [1, 2] создает впечатление полной изученности этого вопроса, но при детальном их рассмотрении выясняется, что сведения разных авторов противоречивы.

Целью данной работы являлось определение условий, обеспечивающих наиболее полное извлечение железа (III) из водных растворов солей сильных неорганических кислот ионообменным методом.

Чтобы достигнуть поставленную цель, необходимо было изучить ионные равновесия в растворах железа (III). Для этого в работе применялся спектрофотометрический и потенциометрический метод исследований. Полученные опытные данные обрабатывались в Mathcad с помощью методов математической статистики, а затем использовались для разработки математической модели ионных равновесий в растворах железа (III). Моделирование было построено на основах химической термодинамики.

В качестве примера на рис. 1 показаны спектры водных растворов  $\text{FeCl}_3 - \text{HCl}$  в зависимости от pH при 298 К, записанные через 8 ч после приготовления растворов.

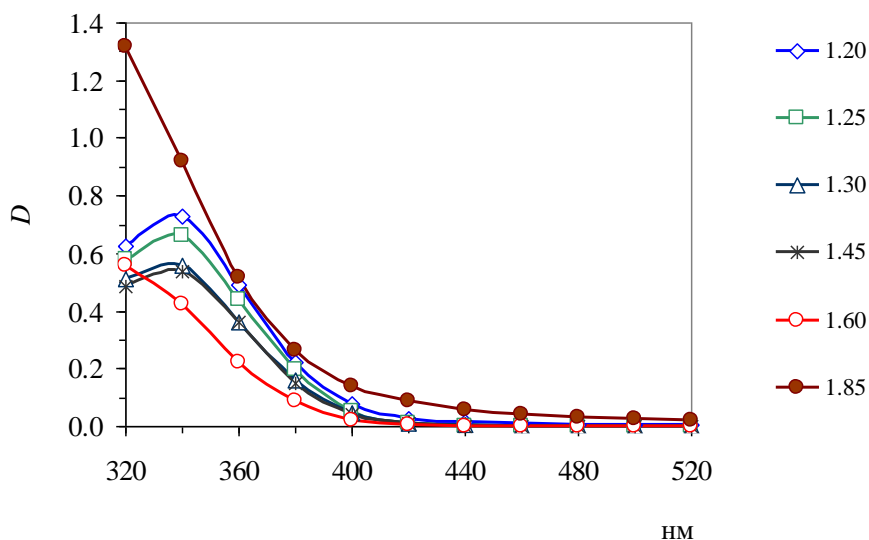


Рис. 1. Спектры водных растворов  $\text{FeCl}_3 - \text{HCl}$  в зависимости от pH, концентрация железа 0.001 М

В ходе работы установлено, что можно перевести железо (III) в требуемую комплексную форму путем математически спрогнозированного изменения состава раствора. В результате, целенаправленная перезарядка комплексных частиц позволяет селективно извлекать железо (III) из растворов доступными ионообменными смолами.

1. Перевощикова Н.Б., Корнев В.И. Вестник Удмуртского университета. Сер. Химия., 8, 189 (2006).
2. Давыдов Ю.П., Давыдов Д.Ю. Формы нахождения металл-ионов (радионуклидов) в растворе, Беларуская навука (2011).

## PREPARATION AND ANALYSIS OF PR-GA-AL ALLOYS

Ismailov M.Sh.<sup>1\*</sup>, Yamshchikov L.F.<sup>1</sup>, Melchakov S.Yu.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Metallurgy, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [murodzhon.ismailov@mail.ru](mailto:murodzhon.ismailov@mail.ru)

Pr-Ga-Al alloys were prepared from individual metals Pr, Ga, Al purified from oxide films in an inert atmosphere of the glove box. The metals were mixed in a certain proportion in crucibles and annealed at  $832.4 \pm 1.7$  °C and  $366.2 \pm 6.3$  °C for 19 hours and 53 hours respectively. Three ingots were obtained with different praseodymium content. X-ray phase analysis showed that the dominant phase of these alloys is PrGa<sub>6</sub>. A formation of Pr(GaAl)<sub>2</sub> solid solution was also detected.

Praseodymium is one of the common rare earth elements. The phase diagrams of praseodymium alloys with p-elements are relatively well studied, although they require further researches. For example, the phase diagram of Pr-Ga alloys is studied poorly in the field of praseodymium concentrations of 30-40 wt.% [1,2].

The composition of the intermetallic compound PrGa<sub>4</sub> on the Pr-Ga phase diagram is indicated tentatively. Moreover, its structure is not known yet. The ternary phase diagram of the Pr-Ga-Al system is also not defined in the open literature.

Since Pr is a component of spent nuclear fuel (SNF), therefore, the aim of our investigation is a comprehensive study of alloys of this metal with a liquid metallic Ga-Al melt promising for SNF reprocessing.

Samples of individual metals Pr, Ga, Al were previously cleaned from oxide films, degreased with alcohol and stored in an inert box. According to the Ga-Al phase diagram [1], the eutectic composition was fixed: 99.2 wt.% of Ga (its melting point is 26.6 °C). The concentration of praseodymium was chosen in accordance with the poorly studied field of the Pr-Ga phase diagram. Three alloys were prepared. The compositions of the alloys are presented below. Their composition was determined by chemical analysis using an AES-ICP spectrometer Optima 2100DV. The deviations of analysis were calculated according to the error accumulation law.

Alloy	w(Pr), %	w(Ga), %	w(Al), %
#1	19.44±0.62	76.43±2.43	0.63±0.02
#2	27.15±0.86	68.31±2.17	0.57±0.02
#3	36.63±1.16	61.03±1.94	0.50±0.02

During the experiment, all alloys annealed into crucibles inside the experimental cell were held at  $832.4 \pm 1.7$  °C and  $366.2 \pm 6.3$  °C for 19 hours and 53 hours, respectively. The temperatures of alloys were recorded periodically using the K-type thermocouple.

After the experiment, the cell was cooled, and the alloys were extracted. Three ingots of these alloys were obtained. The first ingot was powdery. Ingots #2 and #3 were fragile and very hard, they have not sawn with hands and these ingots were cleaved at the edges. Therefore, the cut was carried out with a diamond saw to look at the radial

and longitudinal section of these alloys, as well as to prepare samples for X-ray phase analysis.

X-ray phase analysis showed that alloys #2 and #3 consisted only of a mixture of  $\text{PrGa}_6$  intermetallic compound and  $\text{Pr}(\text{GaAl})_2$  solid solution (see figure 1). Moreover, the content of  $\text{Pr}(\text{GaAl})_2$  compound in the alloy #3 was more than in the second ingot.

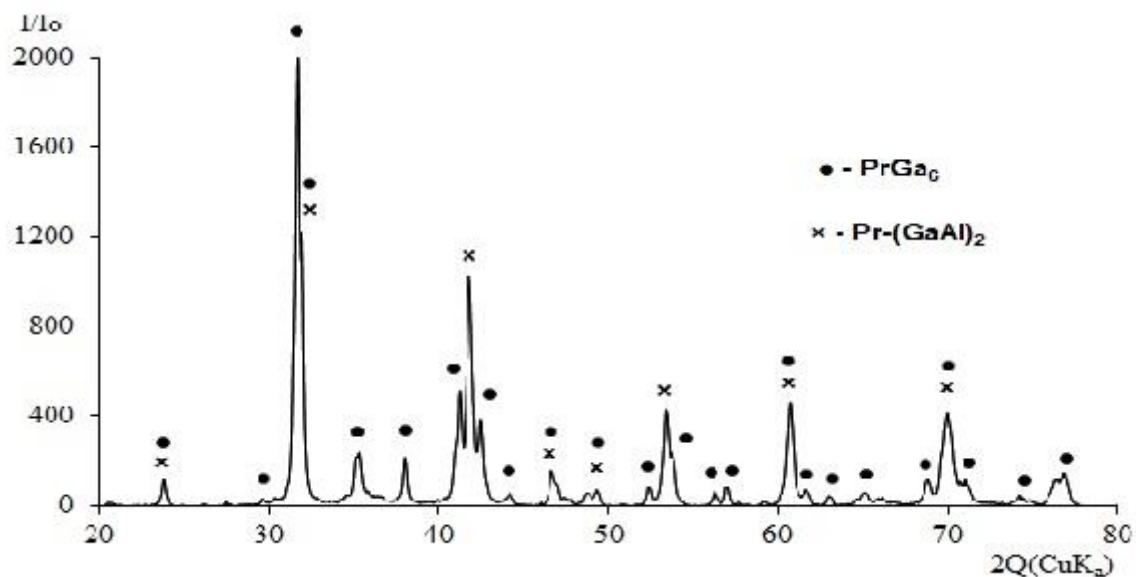


Fig. 1. XRD pattern of alloy #3.

1. Baker H., Okamoto H. et al. ASM Handbook. Alloy Phase Diagrams vol. 3, ASM International (1992).
2. Lyakishev N.P. Diagrammy sostoyaniya dvoynykh metallicheskih sistem, vol. 2, Mashinostroenie (1997).

## ОСАЖДЕНИЕ ФОСФАТОВ ИЗ РАСПЛАВОВ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ СМЕСЬ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ

Иванов А.Б. \*, Волкович В.А., Васин Б.Д., Чукин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chuvash@yandex.ru](mailto:chuvash@yandex.ru)

## PHOSPHATE PRECIPITATION FROM THE MELTS CONTAINING MIXTURES OF RARE EARTH ELEMENTS: PARTICLE SIZE DISTRIBUTION ANALYSIS

Ivanov A.B., Volkovich V.A., Vasin B.D., Chukin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Precipitation of a mixture of rare earth (RE) phosphates from  $\text{LiCl-KCl-RECl}_3$  melts was investigated with lithium orthophosphate acting as the phosphate precursor. The amount of the phosphate precipitant was calculated to enable 100 % precipitation and the ratio of RE elements in the melt corresponded to that of RE fission products found in spent nuclear fuels. Molten salt was stirred with various rates during the precipitation. X-ray powder diffraction analysis was employed for identifying the compounds formed and particle size distribution curves were measured.

В работе исследовано взаимодействия смеси хлоридов 12 редкоземельных элементов, входящих в состав отработанного ядерного топлива, поступающего на переработку (за исключением прометия), с ортофосфатом лития в расплавах на основе эвтектической смеси  $3\text{LiCl}-2\text{KCl}$  в инертной атмосфере при  $550\text{ }^\circ\text{C}$  в условиях постоянного перемешивания расплава. Скорость перемешивания составляла 20, 40 и 60 оборотов в минуту. Рассмотрено влияние исходного мольного отношения ортофосфата лития к смеси хлоридов РЗЭ на фазовый состав и размер частиц образующихся фосфатов, а также полноту осаждения смеси РЗЭ из расплава.

Идентификацию образовавшихся фосфатов РЗЭ проводили методом рентгенофазового анализа на дифрактометре X'Pert PRO ( $\text{CuK}_\alpha$  излучение с  $\beta$ -фильтром (Ni) на вторичном пучке). Расшифровку дифрактограмм осуществляли с использованием программы полнопрофильного анализа Ритвельда и картотеки PDF-2.

Для всех условий осаждения проведено определение размера частиц, составляющих осадок, получены кривые распределения частиц по крупности.

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА НА АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ СПЛАВА 82К3ХСР В СЕРНОКИСЛОМ НАТРИИ

Иванова М.В.<sup>\*</sup>, Мураткозиев П.Е., Барышева Е.С.

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

\*E-mail: [m.ivanova.2010@stud.nstu.ru](mailto:m.ivanova.2010@stud.nstu.ru)

## THE ANODIC DISSOLUTION OF ALLOY 82K3HSR ON SODIUM SULFATE WITH INFLUENCE CONCENTRATIONS

Ivanova M.V.<sup>\*</sup>, Muratkoziev P.E., Barysheva E.S.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Polarization potentiodynamic studies of the dissolution properties of the 82K3XSR alloy in the amorphous state in solutions of the neutral salt of sodium sulfate at various concentrations have been carried out.

Электрохимическая обработка используется при формообразовании твердых и хрупких токопроводящих материалов [1], к которым относятся и сплав 82К3ХСР с особыми магнитными свойствами. Также известно из исследований [2], что на производительность обработки влияет состав электролита, его концентрация, которые необходимо подбирать отдельно для каждого химического состава обрабатываемой детали.

Целью исследований является выявление зависимости влияния концентрации электролита на анодное растворение сплава 82К3ХСР (в аморфном состоянии). В данной работе были выбраны в качестве электролита водный раствор нейтральной соли  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  с концентрациями 10%, 15%, 20%. Использовался при этом потенциодинамический метод исследования. Описание экспериментальной установки, режимных параметров представлено в работах [3 - 4].

Анализ поляризационных кривых (рис. 1.) показал, что при всех исследуемых концентрациях электролита отмечается присутствие участков активного (от 1,7 до 5 В) и пассивного (свыше 5 до 12 В) растворения.

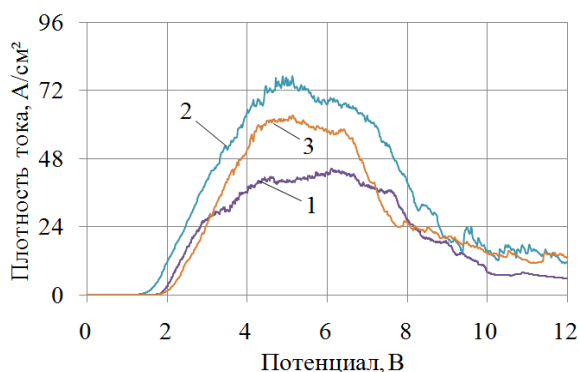


Рис. 1. Поляризационные кривые анодного растворения сплава 82К3ХСР в водных растворах  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при концентрациях: 1 -10%, 2 -15%; 3-20%



При этом наибольшее значение плотности тока для рассматриваемого материала достигает  $74 \text{ A/cm}^2$  (рис. 1, кривая 2) в 15% растворе электролита, чему соответствует максимальная скорость растворения материала.

Это свидетельствует о том, что оптимальной концентрацией электролита с позиции производительности обработки является 15% содержание соли в водном растворе.

1. Рахимьянов Х.М., Инновации в машиностроении (ИнМаш-2017): сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, 266-277 (2017).
2. Иванова М.В., Юсупов А.С., и др., Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации, Т.1., 100-103(2017).
3. Барышева Е.С., Мураткозиев П.Е. и др., Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр.: в 9 ч., Ч. 3, 358-361 (2018).
4. Мураткозиев П.Е., Иванова М.В., и др., Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр.: в 9 ч., Ч. 3, 395-398 (2018).

## **ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА Т15К6 В РАСТВОРЕ НИТРАТА НАТРИЯ**

Кадырбаев Р.М.\*, Шеремет Н.А., Зотов Г.А., Погребняк Д.А.

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

\*E-mail: [be.true@mail.ru](mailto:be.true@mail.ru)

## **POLARIZATION INVESTIGATIONS OF ELECTROCHEMICAL DISSOLUTION OF THE T15K6 HARD ALLOY IN SODIUM NITRATE SOLUTION**

Kadyrbaev R.M., Sheremet N.A., Zotov G.A., Pogrebnyak D.A.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

The features of the electrochemical dissolution of the solid alloy T15K6 in an aqueous solution of sodium nitrate are considered. Polarization investigations of the electrochemical dissolution in potentiodynamic modes and graph with renewal are presented. It is found, that dissolution of the coating in an aqueous solution of 10%  $\text{NaNO}_3$  occurs in the active and passive state. The graph with renewal shows higher current density.

Известно, что для обработки твердого сплава Т15К6 нашло применение электроалмазное шлифование. Данный вид обработки совмещает анодное растворение материала и его механическое резание зернами алмазного круга. Производительность обработки при этом определяется скоростью анодного растворения и режимами резания.

Изучение особенностей анодного поведения металлов и сплавов в электролитах возможно при изучении анодных поляризационных характеристик. Поляризационные исследования проводились на потенциостате П-5827М при развертке потенциалов от 0 до 8 В. В качестве материала электрода сравнения использовалась платина, а вспомогательного электрода – медь [1]. Исследования проводились в 10% водном растворе нитрата натрия.

Анализ поляризационной кривой (Рис. 1, кривая 1), полученной при помощи потенциодинамического метода, указывает на тот факт, что растворение протекает в двух характерных состояниях. Так, в диапазоне потенциалов от 0 до 0,5 В и от 6,5 до 8 В значения плотности тока остаются постоянными. С точки зрения электрохимических процессов эти участки поляризационной кривой следует рассматривать как участки частичного пассивного растворения материала, что подтверждается результатами потенциостатических исследований. В диапазоне потенциалов от 0,5 до 6,5 В (Рис. 1, кривая 1) наблюдается значительный рост плотности тока с ростом потенциала, что свидетельствует об активном растворении покрытия. Максимальное значение плотности тока достигает  $16 \text{ A/cm}^2$ .

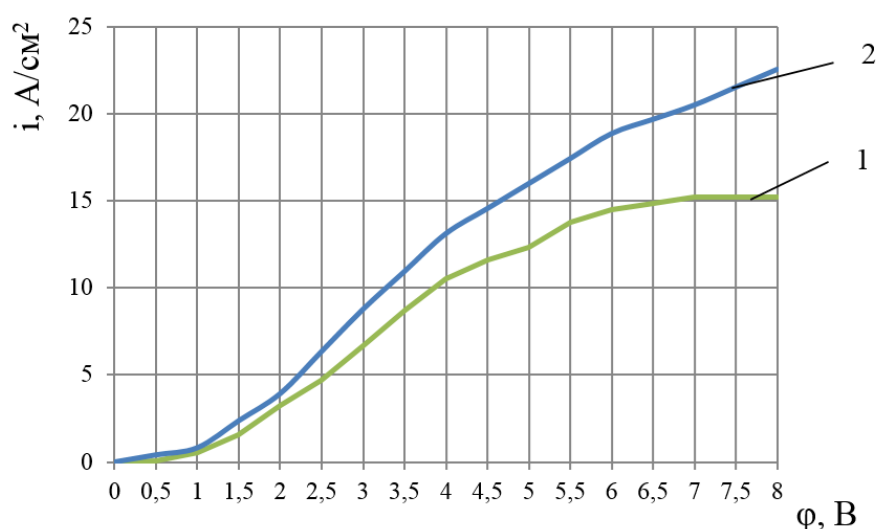


Рис. 1. Поляризационные кривые электрохимического растворения твердого сплава Т15К6 в водном растворе 10%  $\text{NaNO}_3$ . 1 – потенциодинамическая кривая; 2 – кривая с обновлением

Поскольку в процессе электроалмазной обработки происходит непрерывное обновление поверхности обрабатываемого образца зернами алмазного круга, то для более точного изучения характера электрохимического растворения материала необходимо рассмотреть графики зависимости плотности тока от потенциала при обновлении анода. Эти графики строятся на основании данных потенциостатических кривых при времени обработки  $t=5 \text{ с}$ .

Анализируя график электрохимического растворения с обновлением (Рис. 1, кривая 2), можно заметить, что растворение материала протекает в активном состоянии, при этом плотность тока несколько выше, чем при потенциодинамическом методе и достигает  $23 \text{ A/cm}^2$ . Такая разница плотности тока объясняется тем,

что при растворении с обновлением практически нет затрат электричества на преодоление омического сопротивления абсорбционных пленок, образующихся на поверхности образца.

1. Рахимьянов Х.М., Красильников Б.А., и др., Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты), 2, 3-5 (2011).

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭПОКСИДИРОВАНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ИММОБИЛИЗОВАННОЙ ФОСФОРНОВОЛЬФРАМОВОЙ КИСЛОТЫ**

Канакон Е.А., Миронова В.Ю., Отопкова К.В., Есипович А.Л., Загуменнова Д.В.  
Дзержинский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Дзержинск, Россия

\*E-mail: [kan-evg@mail.ru](mailto:kan-evg@mail.ru)

### **INVESTIGATION OF THE FATTY ACID METHYL ESTERS EPOXIDATION USING CATALYSTS BASED ON IMMOBILIZED PHOSPHOTUNGSTIC ACID**

Kanakov E.A., Mironova V.Yu., Otopkova K.V., Esipovich A.L., Zagumennova D.V.

Dzerzhinsk Polytechnic Institute (branch) Nizhny Novgorod State Technical University  
n.a. R.E. Alekseev, Dzerzhinsk, Russia

Currently, a large number of papers are devoted to the epoxidation of vegetable oils and their derivatives using phosphotungstic acid derivatives. These catalysts are soluble in the reaction mixture, and their regeneration is difficult. The aim of this study is developing of a new heterogeneous catalyst based on phosphotungstic acid immobilized onto ion exchange resins. These systems are characterized by high activity and stability in the epoxidation of fatty acid methyl esters.

В данной работе исследована возможность иммобилизации фосфорновольфрамовой кислоты на стирол-дивинилбензольных смолах, модифицированных четвертичными аминами (анионообменных смол). Проведено исследование активности и стабильности полученных каталитических систем в процессе эпексидирования метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) пероксидом водорода.

В настоящее время в связи с уменьшением запасов нефтяных ресурсов и увеличением экологических растительные масла и их производные (жирные кислоты и их эфиры, глицерин) становятся перспективным, дешевым и доступным видом возобновляемого сырья для производства востребованных химических продуктов - биотоплив, ПАВ, пластификаторов, синтетических масел, ингибиторов коррозии и др.

Одним из перспективных направлений переработки МЭЖК является их эпексидирование. Соединения, полученные эпексидированием МЭЖК, способны частично или полностью заменить токсичные пластификаторы и стабилизаторы, применяемые в настоящее время при производстве изделий на основе ПВХ.

Производные фосфорновольфрамовой кислоты и четвертичных аммониевых солей проявляют высокую каталитическую активность в реакции эпексидирования различных соединений. Однако катализаторы такого типа являются гомогенными и их дальнейшая регенерация практически невозможна.

Комплекс  $PW_4$  готовился на основе методики, описанной в работе [1]. Фосфорновольфрамовую кислоту растворяли в растворе пероксида водорода, после чего добавляли раствор  $H_3PO_4$ . Полученную массу перемешивали в течение 4 ч при 40 °С.

Для приготовления иммобилизованных катализаторов к раствору комплекса  $PW_4$  добавляли расчетное количество анионообменной смолы (мольное соотношение анионов  $[PW_4O_{24}]^{3-}$  к функциональным группам модифицированной смолы 1:1), смесь нагревали до 70 °С и перемешивали в течение 2 ч. Полученные катализаторы отделялись от раствора, промывались дистиллированной водой и сушились под вакуумом при 40 °С. Для приготовления катализатора использовали аниониты разной основности, ионной формы и пористости.

Каталитические испытания катализаторов проводили в периодическом режиме при 50 °С в течение 4 ч (содержание МЭЖК в реакционной массе – 1% (масс.), мольное соотношение МЭЖК: $H_2O_2$ =1:8, содержание катализатора – 15,5 г/л, растворитель – ацетонитрил). Качественный и количественный анализ образцов проводили с использованием газового хроматографа Shimadzu GC-2010 Plus, оснащенного МАСС- и ПИД- детекторами.

Наилучшие результаты были достигнуты при использовании катализатора на основе сильноосновного макропористого анионита в хлоридной форме. За 4 часа реакции конверсия МЭЖК составила 96,8 %, селективность образования эпексидов 72,4 %, селективность образования продуктов разложения МЭЖК 9,8 %, селективность образования метил-9-оксостеарата 4,7%, селективность образования тяжелых продуктов 13,1%. При последующем использовании катализатор не терял каталитической активности в течение 5 циклов.

1. Ishii, Y., Yamawaki, K., et al., *Org. Chem.*, 53, 3587–3593 (1988).

## ИЗОТОПНЫЕ ОТНОШЕНИЯ МЕДИ В МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКАХ ПРИУРАЛЬЯ И ПРОДУКТАХ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЕННОСТЕЙ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В БРОНЗОВОМ ВЕКЕ

Карпова С.В.<sup>1,2\*</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>, Червяковская М.В.<sup>2</sup>, Стрелецкая М.В.<sup>2</sup>,  
Шагалов Е.С.<sup>2</sup>, Богданов С.В.<sup>3</sup>, Ткачев В.В.<sup>3</sup>, Юминов А.М.<sup>4</sup>, Анкушев М.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>) УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>2</sup>) Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург

<sup>3</sup>) Институт степи УрО РАН, Оренбург

<sup>4</sup>) Институт минералогии УрО РАН, Миасс

\*E-mail: [svkarpo@mail.ru](mailto:svkarpo@mail.ru)

## COPPER ISOTOPE RATIOS IN CIS-URALS COPPER SANDSTONES AND PRODUCTS OF THEIR PROCESSING AS A TOOL FOR UNCOVERING THE BRONZE AGE SMELTING ACTIVITIES

Karpova S.V.<sup>1,2\*</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>, Chervyakovskaya M.V.<sup>2</sup>, Streletskaya M.V.<sup>2</sup>, Shagalov E.S.<sup>2</sup>, Bogdanov S.V.<sup>3</sup>, Tkachev V.V.<sup>3</sup>, Yuminov A.M.<sup>4</sup>, Ankushev M.N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>) Steppe Institute, UB RAS, Orenburg, Russia

<sup>4</sup>) Institute of Mineralogy, UB RAS, Miass, Russia

Copper isotope ratios were determined by MC-ICP-MS in a number of Cis-Urals copper sandstones and products of their processing. Malachite crusts were characterized by positive  $\delta^{65}\text{Cu}$  (+1.33 ÷ +1.96), whereas the sludge with flux additives and experimental glassy slag had the lowest negative  $\delta^{65}\text{Cu}$  values (-4.87 ÷ -4.32).  $\delta^{65}\text{Cu} = -0.54$  was found for copper ingot obtained during the experimental smelting. Copper matte and sludge had negative  $\delta^{65}\text{Cu}$  values ranging from -2.33 to -2.61.

Медистые песчаники Приуралья являлись одним из крупнейших источников медного сырья в Северной Евразии в IV-II тысячелетиях до н.э. [1] В процессе металлургического передела изотопные отношения меди, поступающие из исходной руды и другого сырья, переходят в готовые изделия. Изотопный состав меди не дает исчерпывающей информации о конкретном месторождении (источнике происхождения) [2], а позволяет обнаружить природу минералов, содержащихся в руде, а также особенности климата, в котором происходило выветривание медных руд.

**Целью работы** являлось установление изотопных отношений меди в рудах и продуктах их передела для выявления особенностей металлургии древности.

**Материалы и методы.** Исследованные пробы включали фрагменты руд из Михайловского, Карповского и Белоусовского рудников (бронзовый век), медный штейн и шламы с флюсовыми добавками (ярозит, барит) из Михайловского горно-металлургического комплекса (ГМК) (бронзовый век), расположенных на

южной периферии Каргалинского рудного поля. Анализировались также продукты археометаллургической экспериментальной плавки в печи медных штейнов Михайловского ГМК – слиток меди, пористый и стекловидный шлаки.

Изотопные исследования выполнены в помещениях с классами чистоты 6, 7 ИСО Института геологии и геохимии УрО РАН. Изотопный анализ меди проведен согласно методике, изложенной в [3]. Измерение изотопных отношений меди проведено на МК-ИСП-МС спектрометре Neptune Plus методом брекетинга с использованием NIST SRM 976.

**Результаты.** Полученные  $\delta^{65}\text{Cu}$  приведены в таблице.

$\delta^{65}\text{Cu}$  в изученных образцах

Шифр пробы	Объект	Место отбора	$\delta^{65}\text{Cu}$ , ‰
П-69	Корки малахита на сером песчанике (руда)	Рудник Михайловский, 2017	1.33
П-69-шт	Медный штейн (малахит)	Михайловский ГМК, 2017	1.96
П-69-шт-1	Медный штейн слабо измененный (тенорит)	Михайловский ГМК, 2017	-2.33
П-69 -шл	Шлам	Михайловский ГМК, пл. 1, 2017	-2.61
П-69-шл-1	Флюсовые добавки (ярозит, барит) Шлам	Михайловский ГМК, шламовый отвал, 2018	-4.87
П-84	Корки и прожилки медной сини и зелени на сером песчанике	Карповский рудник, 2018	-0.96
П-85	Корки и прожилки медной сини и зелени на черной породе	Белоусовский рудник, 2018	1.96
Э1-6-1	Медный слиток	Эксперимент, 2018	-0.54
Э1-6-3	Стекловидный шлак	Эксперимент, 2018	-4.32

*Изотопный анализ проведен в ЦКП «Геоаналитик» при частичной поддержке темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 18-00-00030 КОМФИ, 18-00-00031 КОМФИ.*

1. Черных Е.Н. и др. Каргалы, том 1: Геолого-географические характеристики: История открытий, эксплуатации и исследований: Археологические памятники, М. (2002).
2. Анкушев М.Н. и др. Новое в познании процессов рудообразования. 49-53 (2018).
3. Стрелецкая М.В. и др. Металлогения древних и современных океанов, 24, 261-265 (2018).

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ВСЛЕДСТВИЕ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В БРОНЗОВОМ ВЕКЕ

Карпова С.В.<sup>1,2\*</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>, Шагалов Е.С.<sup>2</sup>, Чередниченко Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>2</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург

\*E-mail: [svkarpo@mail.ru](mailto:svkarpo@mail.ru)

## ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION BY HEAVY METALS DUE TO THE BRONZE AGE SMELTING ACTIVITIES

Karpova S.V.<sup>1,2\*</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>, Shagalov E.S.<sup>2</sup>, Cherednichenko N.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Heavy metal content in soils from different Bronze Age fortified settlements (Southern Urals) was determined by ICP-MS in order to trace ancient smelting activities. The enrichment factors (EF) for Cu, Zn, Pb, Cd and Sr were calculated. Low EF values (not exceeding 5) indicated minimal to moderate metal enrichment. Gradual increase in heavy metal EF from lower to superficial layers was observed for Konoplyanka soil section. Heavy metal EF's in top-soils were higher than in lower clay loam layers.

Южный Урал, находясь в центре евразийских степей и располагая запасами минерального сырья, уже в III тыс. до н.э. стал одним из центров технологического развития и активного культурогенетического процесса [1]. Многочисленные находки объектов металлургической деятельности на территории укрепленных поселений показывают, что производство медных и бронзовых изделий происходило внутри них [1]. В процессе деятельности, связанной с медеплавильным производством, в почве накапливаются тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Cd), однако при исследовании почв из участка, предположительно используемого для выплавки, их повышенных содержаний не было обнаружено [1].

**Целью работы** являлась оценка следов потенциального загрязнения тяжелыми металлами вследствие медеплавильного производства на основе данных ИСП-МС анализа почв из районов укрепленных поселений бронзового века.

**Материалы и методы.** Исследованы 17 образцов почв, отобранных в районах археологических памятников Южного Урала: Каменный Амбар и Коноплянка (21-17 вв. до н.э.), могильника Неплюевский (19-16 вв. до н.э.), расположенных в бассейне р. Карагайлы-Аят (Челябинская область).

Анализ микроэлементного состава выполнен в помещениях с классами чистоты 6, 7 ИСО Института геологии и геохимии УрО РАН. Все реагенты дважды очищены при температуре ниже температуры кипения (Savillex, США; Berghof, Германия). Образцы почвы массой порядка 100 мг, просушенные и измельченные вручную в яшмовой ступке, вскрывали смесью кислот HF+HNO<sub>3</sub>+HCl в микроволновой печи MWS 4+ (Berghof) с последующим переводом в нитраты

многократной обработкой 14М HNO<sub>3</sub>. Измерения микроэлементного состава проведены на квадрупольном ИСП масс-спектрометре NexION 300S.

**Результаты.** Для Cu, Zn, Pb, Cd, Sr согласно [2] рассчитаны факторы обогащения (Enrichment factor, EF) по формуле

$$EF = (C_{эл}/C_{Sc})_{обр} / (C_{эл}/C_{Sc})_{континентальная\ кора}$$

где C<sub>эл</sub> и C<sub>Sc</sub> - концентрации элемента и скандия, соответственно, в образце и в континентальной коре согласно [3].

Рассчитанные значения EF, в целом, не превышают 5 по всем элементам во всех местонахождениях, что свидетельствует о минимальном или умеренном обогащении тяжелыми металлами [4]. При этом для плодородного слоя отмечаются повышенные значения EF по сравнению с нижележащим суглинком. В почвенном разрезе из Коноплянки отмечено постепенное нарастание EF от нижних слоев к верхним. Исходя из рассчитанных EF, сделать однозначный вывод о наличии явно выраженных следов медеплавильной деятельности не представляется возможным.

*Работа выполнена в ЦКП «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.*

1. Krause R. and Koryakova L. (eds). Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the Southern Transurals (Russia). Bonn (2013).
2. Reimann C. & de Caritat P. Environmental Science and Technology, 34(24), 5084–5091 (2000).
3. Taylor S. R. and McLennan S. M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, (1985)
4. Weissmannova H.D., Pavlovsky J. Environ Monit Assess, 189:616 (2017).



## КОНТРОЛЬ СОСТАВА ИСХОДНОГО СИДЕРИТА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Кашапова Ю.М., Липина Е.С., Сухорукова О.Л., Абрамов А.В., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [julkash218@gmail.com](mailto:julkash218@gmail.com)

[abramov.urfu@mail.ru](mailto:abramov.urfu@mail.ru)

## CONTROL OF THE COMPOSITION OF SIDERITE AND PRODUCTS OF ITS TREATMENT BY XRF

Kashapova J.M., Lipina E.S., Sukhorukova O.L., Abramov A.V., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

WDXRF spectrometry was used to determine the concentration of Fe and other elements in samples of siderite. The technique was performed using reference materials (RMs). RMs were created by pressing a certified mixture of substances. The statistical data processing and metrological parameters evaluation were carried out.

Для реализации технологии извлечения железа из сидерита гидрометаллургическим методом требуется разработка методики анализа исходного сидерита и получаемого концентрата.

Для реализации данной методики предложено использовать метод рентгено-спектральной флуоресцентной спектрометрии. Это высокоточный быстрый метод, позволяющий эффективно определять макро- и микрокомпоненты в порошках, монолитах и прессованных пробах.

Для достижения универсальности методики исходный сидерит и получаемый концентрат требуется прокалить для перевода карбонатных и иных фаз в оксидные и измельчить для достижения требуемой однородности пробы. В связи с этим отработаны процедуры прокалики и измельчения сидерита.

Установлено, что пробы сидерита не прессуются в чистом виде. Для решения данной задачи разработана методика прессования порошка на подложке из  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Оптимальные параметры прессования подобраны опытным путем.

В качестве аналитов заданы следующие элементы: Fe, Mg, Si, Al, Ca, K, Na, Ti, Cr, S. Количественный химический анализ требует наличия стандартных образцов (СО). Разработка СО осуществлялась прессованием аттестованных смесей в таблетки. Смеси готовили смешиванием индивидуальных соединений, содержащих аналиты, с дальнейшей гомогенизацией и установлением аттестованных характеристик. Приготовлено десять СО, охватывающих широкий диапазон концентраций аналитов. Анализ реализован способом внешнего стандарта. Для каждого аналита подобраны оптимальные условия возбуждения аналитических линий. Оценена неоднородность приготовленных СО, а также погрешность аттестованного значения СО. Определена точность определения аналитов с помощью разработанной методики.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ SR В БИОГЕННОМ АПАТИТЕ МЕТОДОМ МК ИСП-МС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМОЛЫ SR RESIN

Касьянова А.В.<sup>1,2\*</sup>, Червяковская М.В.<sup>2</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>, Стрелецкая М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>)УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>2</sup>)Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург

\*E-mail: [kasyanova.1996@list.ru](mailto:kasyanova.1996@list.ru)

## A METHOD FOR SR ISOTOPE RATIO DETERMINATION IN BIOGENIC APATITE BY MC-ICP-MS USING SR RESIN

Kasyanova A.V.<sup>1,2\*</sup>, Chervyakovskaya M.V.<sup>2</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>, Streletskaya M.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>)Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>)Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

A method for Sr isotope ratio determination in Ca-rich matrices (e.g. biogenic apatite) is developed. The using of Sr resin allows the purified Sr fraction to be obtained, which comprises the negligible amounts of trace elements insignificant for further MC-ICP-MS measurements. In combination with standard-sample bracketing, the method yields high throughput as compared to ID-TIMS and double-spike MC-ICP-MS, retaining low blank levels and satisfactory metrological parameters.

Измерение изотопных отношений является важным и необходимым анализом во множестве различных областей применения: при определении содержания стабильных изотопов для изучения вариаций изотопов в природе и в геохронологических исследованиях. Из всех изотопов, которые в настоящее время анализируются в археологических твердых тканях человека и животных, изотопы стронция являются одними из наиболее эффективных для характеристики доисторической подвижности человека и животных. Изотопное отношение стронция  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  переходит в окружающую биосферу из горных пород практически без фракционирования и фиксируется в зубах и костях животных и человека, употребляющих растительную пищу, при замещении кальция стронцием [1].

Поэтому целью работы являлась валидация методики изотопного анализа стронция в технике брекетинга методом мультиколлекторной (МК) ИСП-МС с его предварительным хроматографическим выделением.

Анализ соотношения изотопов Sr в археологических реликтах, таких как зуб и кость человека, чаще всего осуществляется путем механического отбора проб фракций материала пробы с последующим кислотным вскрытием, разделением Sr/матрица и окончательным измерением с использованием МК ИСП-МС.

Получение моноэлементной фракции стронция является приоритетной задачей при проведении изотопного анализа. Хроматографическая подготовка позволяет получать готовый для измерения «чистый» стронций, исключая возможность влияния мешающих элементов на результаты изотопного анализа.

В работе были изучены возможности смолы SR Resin (Triskem, Франция) с

различной высотой слоя для получения фракции стронция. Было установлено, что получаемая Sr-фракция содержит такие элементы как К (5.26%), Zn (3.80%), Pb (3.86%), In (9.48%) из расчета процентного выхода относительно загруженных 10 мкг элемента (рис.1). Данное количество не оказывает влияния на измерение изотопных отношений Sr. Уровень контрольного (холостого) опыта составил 0.141 ppb Sr. Измеренные в стандартном образце NIST SRM 1400 отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  удовлетворительно согласуются с литературными данными [4].

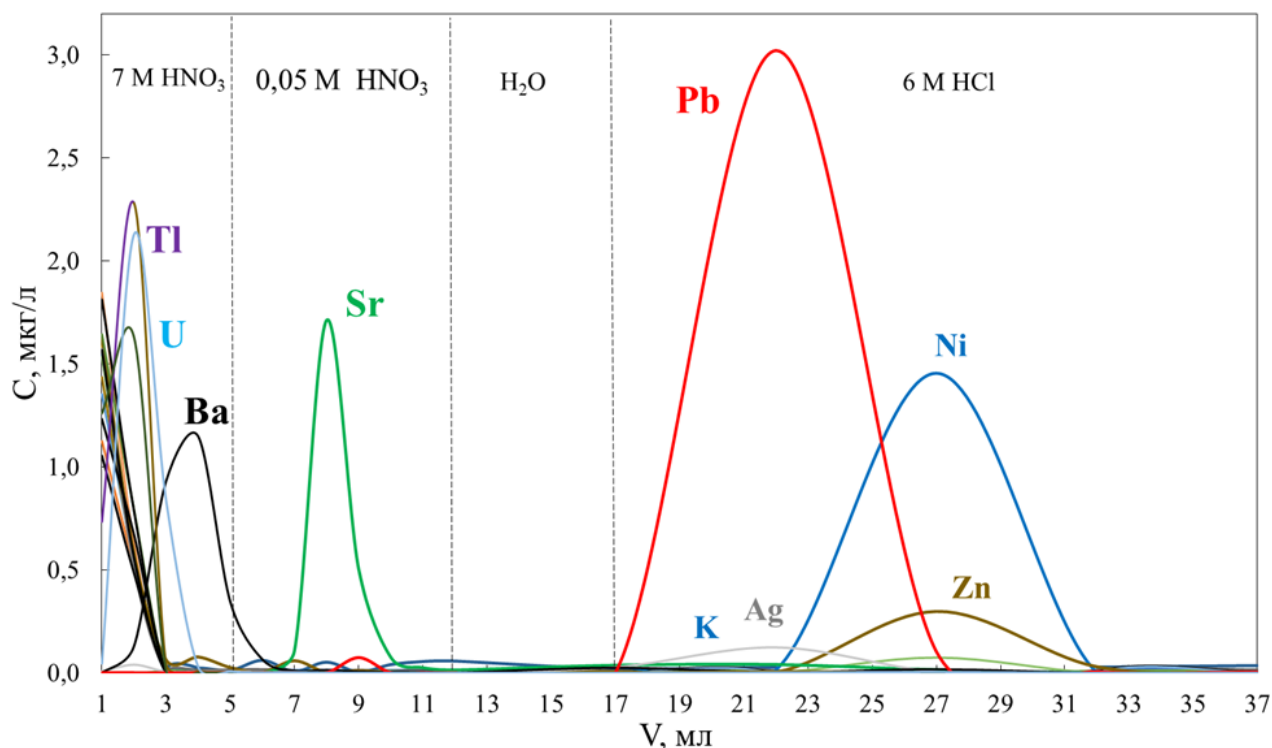


Рис. 1. Кривые элюирования мультиэлементного раствора на смоле Sr resin.

Измерения изотопного состава стронция было проведено методом брекетинга на МК-ИСП-МС Neptune Plus [3]. Для контроля измерительного оборудования использовался стандарт изотопного состава стронция NIST SRM 987 с изотопным отношением  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.710263 \pm 7$  (1SD, N=62). Для оценки метрологических характеристик методики использованы стандартные образцы биогенного апатита Bone Meal NIST SRM 1486 и Bone Ash NIST SRM 1400.

*Работа выполнена в ЦКП «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.*

1. Copeland S.R. et al. RCM, 22, 3187–3194 (2008).
2. Streletskaya M., Zaytseva M., Soloshenko N. EWCP, 319 (2017).
3. Стрелецкая М.В., Киселева Д.В., Зайцева М.В. Граниты и эволюция Земли: Материалы III международной геологической конференции, 282-284 (2017).
4. Weber M. et al. Geostand. Geoanal. Res., 42(1), 77-79 (2017).

## **ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПОЛИКАПРОАМИДА**

Хаматнурова А.Р., Федорчук А.Н., Шекаева А.Р., Спиридонова Р.Р.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань, Россия

E-mail: [ae9kt@mail.ru](mailto:ae9kt@mail.ru)

## **EFFECTS PROVIDED BY THE LOWER CONCENTRATIONS OF INORGANIC ADDITIVES ON THE SYNTHESIS AND PROPERTIES OF POLYCAPROAMIDE**

Khamatnurova A.R., Fedorchuk A.N., Shekaeva A.R., Spiridonova R.R.

Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia

This paper presents the study of how the lower concentrations of inorganic additives affect the anionic polymerization of  $\epsilon$ -caprolactam and the properties of the resulting polycaproamide. It is found that aluminum oxide and silicon dioxide double the water absorption resistance. Introducing silicon dioxide, titanium dioxide and aluminum oxide in the concentration of  $10^{-4}$  mol% increases the heat resistance of the polymer by 21-44° C.

В настоящее время поликапроамид (ПКА) является одним из лучших конструкционных материалов. Несмотря на то, что ПКА является высокопрочным, он имеет высокое водопоглощение, низкие показатели эластичности и термостойкости. Полимерная химия на сегодняшний день диктует условия повышения прочностных свойств. Добиться улучшения свойств ПКА можно введением в процессе синтеза добавок, способствующих улучшению различных термических и физико-механических показателей. Происходит это за счёт изменения структуры полимера на химическом или надмолекулярном уровне. В качестве подобных добавок было предложено использовать диоксид кремния (ДК), диоксид титана (ДТ) и оксид алюминия (ОА) в концентрации  $10^{-4}$  % мол.

Цель данного исследования направлена на оценку влияния ДК, ДТ и ОА на синтез и свойства ПКА.

Изучение кинетики реакции получения ПКА показало что, наибольшей активностью обладает ОА, наименьшей – ДК.

Из рисунка видно, что наилучший эффект позволят получить ОА. Добавление ОА способствует уменьшению периода индукции как по сравнению с контрольным образцом, так и с другими образцами. Введение ДТ увеличивает индукционный период, но при этом скорость полимеризации выше, чем с ДК.

Изучение водопоглощения полученного ПКА показало, что введение ДТ в полимеризацию  $\epsilon$ -капролактама ( $\epsilon$ -КЛ) не существенно повышает показатель водостойкости. ОА и ДК уменьшают показатели водопоглощения примерно в 2 раза.

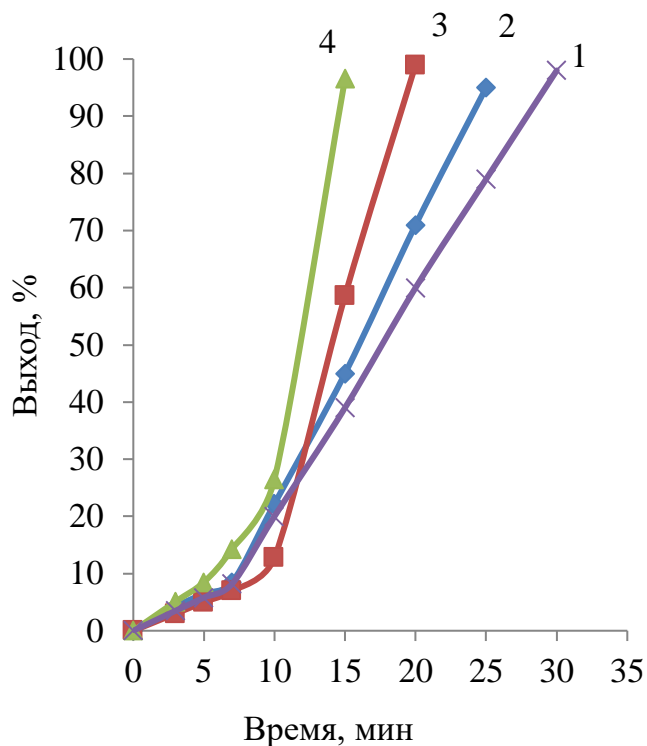


Рис.1. Зависимость влияния неорганических добавок на выход поликапроамида в процессе полимеризации: 1 - без добавок; 2 - ДК; 3 - ДТ; 4 – ОА

Анализ ТГА-кривых показал, что введение ДК, ДТ и ОА приводит к увеличению термостойкости полимера, причем наибольший эффект дает ДТ (увеличивает на 44°C).

Изучив физико-механические свойства ПКА, видно, что присутствие неорганических добавок способствует повышению прочности полученного полимера. Максимальное влияние оказывает ОА, увеличивающий прочность в 2 раза по сравнению с немодифицированным образцом. Вероятно, это связано с тем, что ОА выступая зародышеобразователем, позволяет получать менее дефектный полимер с более однородной надмолекулярной структурой. Однако ПКА модифицированный ОА становится хрупким. Добавление ДТ и ДК приводит к увеличению

прочности образцов в 1,5 раза, при этом эластичность остается на уровне контрольного ПКА. Таким образом, проведение анионной полимеризации  $\epsilon$ -КЛ в присутствии неорганических добавок показало, что ДТ, ОА, ДК оказывают влияние на скорость полимеризации и надмолекулярную структуру полученных образцов, а также способствуют увеличению термостабильности, повышению прочностных свойств, уменьшению водопоглощения ПКА.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБУТИЛФОСФАТА (ТБФ) И ДИ-2-ЭТИЛГЕКСИЛФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ (Д2ЭГФК) В РАСТВОРЕ АЛИФАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Хорькова А.Н.\*, Антипова К.С., Данилов Д.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [arina.khorkova@gmail.com](mailto:arina.khorkova@gmail.com)

## **DETERMINATION OF TRIBUTYL PHOSPHATE AND DI-2-ETHYLHEXYLPHOSPHORIC ACID IN ALIPHATIC HYDROCARBONS**

Khorkova A.N.\*, Antipova K.S., Danilov D.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Gas chromatography is a method of physico-chemical analysis, which allows determining the qualitative and quantitative composition of mainly organic compounds that satisfy the main requirements of this method. Therefore, a technique was developed that allows determining the amount of tributyl phosphate and di-2-ethylhexylphosphoric acid in the solution of aliphatic compounds. The optimal conditions of the analysis were chosen, and the metrological parameters were assessed.

Растворы ТБФ и Д2ЭГФК в алифатических растворителях используются для извлечения и очистки РЗЭ из концентратов после подземного выщелачивания урана. В процессе циклов экстракции и реэкстракции органическая фаза подвергается воздействию кислот и щелочей, что приводит к деградации эфиров фосфорной кислоты. Это приводит к уменьшению степени извлечения и ухудшению селективности. Данные о количественном и качественном составе экстрагента критически важны для контроля производственного процесса.

В данной работе использовали ГХ-МС Perkin Elmer Clarus 600 с электронным ударом, капиллярную колонку Elite-5MS 30м 250мкм, лайнер с внутренним диаметром 4 мм, шприц 10 мкл. Ввод пробы с делением потока от 1:50 до 1:250 при температурах от 150 до 300<sup>o</sup>C. Градуировочные растворы готовили на аналитических весах из чистых веществ с последующим разбавлением растворителем в соотношении 1:100.

При разработке методики было изучено влияние способа ввода пробы (холодной и горячей иглой, с воздушной прослойкой, «сэндвич»), типа растворителя (гексан, октан, додекан), температуры инжектора, объема вводимой пробы на повторяемость. Значения относительного стандартного отклонения (ОСО) приведены в таблице 1.

Также определена линейная зависимость между объемом вводимой пробы (0.4-3.2 мкл) и аналитическими сигналами и нелинейность при регулировке величины деления потока (1:50-1:250).

Выявлена необходимость применения внутреннего стандарта. Так для ТБФ ОСО снижается с 32 до 6 %, для Д2ЭГФК – с 97 до 27%.

Установлено сильное подавляющее влияние сигнала ТБФ на Д2ЭГФК, причем обратного эффекта не наблюдалось. Таким образом неправильно приготовленные градуировочные образцы будут являться источником существенного занижения результата для Д2ЭГФК.

Определены метрологические характеристики разработанной методики. С использованием разработанной методики проанализирован ряд реальных образцов.

Серия	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Игла	холод.			горяч.	холод.	горяч		холод.	
Тип ввода	проба в шприце				проба в игле	«сэндвич»			
Растворитель	гексан	октан	додекан	гексан			додекан		
ОСО (ТБФ), %	6	3.3	2.7	9	4	9	11	18	28
ОСО (Д2ЭГФК), %	11	4	5	3.9	6	13	12	23	25

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ЛИКВИДУСА В РАСПЛАВЕ KF–KCl–KI СОДЕРЖАЩЕМ SiO<sub>2</sub> И K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>

Худорожкова А.О., Исаков А.В. \*, Зайков Ю.П.

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [isakov@ihte.uran.ru](mailto:isakov@ihte.uran.ru)

## STUDY OF LIQUIDUS TEMPERATURES IN THE KF – KCl – KI MELT CONTAINING SiO<sub>2</sub> AND K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>

Khudorozhkova A.O., Isakov A.V. \*, Zaikov Yu.P.

Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch,  
Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this work, the liquidus temperatures of KF–KCl–KI–K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> molten salt system was studied by thermal analysis was studied. It was found, that addition of K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> (10 mol. %) as well as SiO<sub>2</sub> (2 mol. %) in KF–KCl–KI melt lead to insignificant changes in the liquidus temperature, however, they change the solidus temperature.

В данной работе методом термического анализа изучены температуры ликвидуса расплавов KF–KCl–KI содержащем добавки гексафторсиликата и диоксида кремния. Расплавы на основе KF–KCl–KI–K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> перспективны для синтеза тонких пленок кремния и наноматериалов на его основе. Данные по температурам тройной системы KF–KCl–KI отрывочны. Имеются исчерпывающие данные по двойным взаимным системам, и теоретическая работа с прогнозом эвтектики в [1] мол. %: KF(25)-KCl(34)-KI(41). Поэтому для расплавов KF–KCl–KI проведены измерения, построена тройная диаграмма KF–KCl–KI (Рис. 1).

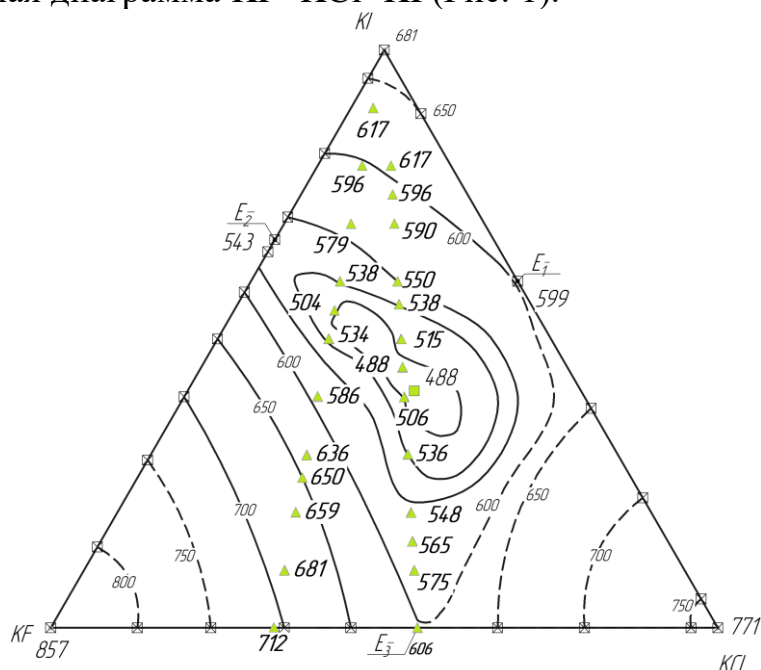


Рис. 1. Диаграмма состояния KF–KCl–KI



Установлено, что добавки  $K_2SiF_6$  (10 мол. %) приводят к повышению температуры ликвидуса с 596 до 603 °С. Однако температура солидуса значительно изменяется с 505 до 591 °С.

Это, вероятно, связано с весьма сложным взаимодействием соединений кремния с расплавами KF-KCl-KI, которое требует дальнейшего изучения и до сих пор не было исследовано.

Добавка  $SiO_2$  (2 мол. %) в расплав KF-KCl (2:1) – (75 мол.%)KI- $K_2SiF_6$  понизила температур ликвидуса с 603 до 596 °С, но солидус снизился значительно с 591 по 557 °С.

Полученные данные, в целом, говорят о достаточно сложных взаимодействиях в указанной системе KF-KCl-KI- $K_2SiF_6$ - $SiO_2$  и требует дальнейшего исследования.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 18-73-00227*

1. О.С. Афанасьева, Г.Ф. Егорова. Вестн. Сам. гос. техн. ун-та, №4(25), 134-145 (2011)

## СИНТЕЗ ВОДОСТОЙКИХ И БИОСТОЙКИХ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫХ ДИСПЕРСИЙ

Хусаинов Э.Р.\*, Сулейманова А.Г., Спиридонова Р.Р.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань, Россия

\*E-mail: [Erixon1796@gmail.com](mailto:Erixon1796@gmail.com)

## SYNTHESIS OF WATER RESISTANCE AND BIOSTABLE POLYVINYL ACETATE DISPERSIONS

Khusainov E.R.\*, Suleymanova AG, Spiridonova R.R.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The possibility of the joint use of water resistance and biostable modifiers during synthesis of polyvinyl acetate dispersion was determined. We obtained samples of polyvinyl acetate dispersion containing 0.5 wt.%  $TiO_2$ ,  $SiO_2$ , polyhexamethyleneguanidine hydrochloride (PHMG), both individually and together. In the course of the work, it was established that the modification of dispersion samples with PHMG +  $TiO_2$  and with PHMG +  $SiO_2$  makes it possible to obtain compositions that simultaneously gains enhanced biostability and water resistance.

В современном мире поливинилацетатная дисперсия (ПВАД) используется во многих отраслях промышленности. ПВАД не содержит токсинов, не имеет ярко выраженного запаха, не воспламеняется, не нуждается в отвердителях, быстро

сохнет [1]. Однако она, имеет ряд недостатков: низкую влагостойкость и способность подвергаться микробиологическим повреждениям [2].

Повышение водостойкости ПВАД достигалось путем введения диоксида титана и диоксида кремния [3]. В качестве биоцидного компонента положительно зарекомендовал себя полигегсаметиленгуанидин гидрохлорида (ПГМГ) [4].

Целью данной работы было определить возможность совместного использования водостойких и биостойких модифицирующих добавок в процессе синтеза ПВАД.

Были получены образцы ПВАД, содержащие 0,5 масс.%  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , ПГМГ как индивидуально так и совместно. Исследованы физико-механические свойства ПВАД.

Из таблицы видно, что образец с добавлением  $\text{TiO}_2$  + ПГМГ показывает хорошие прочностные характеристики, однако в последнем этапе выдержки в воде прочность клеевого соединения падает. Образец с содержанием  $\text{SiO}_2$  + ПГМГ обладает меньшей прочностью по сравнению с образцами, содержащими только  $\text{SiO}_2$  и ПГМГ, но в то же время способны подвергаться длительной выдержке в воде без изменения прочностных свойств.

Совместное введение ПГМГ+ $\text{TiO}_2$  и ПГМГ+ $\text{SiO}_2$  показывают повышение фунгицидной активности ПВАД, однако чуть ниже чем, при использовании ПГМГ отдельно. Образцы с ПГМГ+ $\text{TiO}_2$  обладают большей биостойкостью, чем образцы с ПГМГ+ $\text{SiO}_2$ .

Таким образом, модификация образцов ПВАД с ПГМГ+ $\text{TiO}_2$  и с ПГМГ+ $\text{SiO}_2$  позволяет получать дисперсии, одновременно обладающие повышенной биостойкостью и водостойкостью.

Вязкость и прочность клеевых соединений в различных циклах выдержки в воде

Добавка, (масс. %)	Прочность клеевого соединения, МПа			Вязкость, с	Сухой остаток, %
	1 этап	2 этап	3 этап		
-	5,7	3,9	не выдерж.	32	57
$\text{TiO}_2$ (0,5)	5,7	6,0	не выдерж.	9	36
$\text{SiO}_2$ (0,5)	4,1	6,1	5,6	41	54
ПГМГ (0,5)	6,1	4,9	не выдерж.	14	42
$\text{TiO}_2$ (0,5) + ПГМГ(0,5)	7,7	6	3,7	46	51
$\text{SiO}_2$ (0,5) + ПГМГ(0,5)	4,5	5,1	5,1	68	52

\* 1 этап – после выдержки 7 суток в стандартной атмосфере;  
 2 этап – после выдержки 7 суток в стандартной атмосфере, затем 3 часа в воде, затем 7 суток в стандартной атмосфере;  
 3 этап – после выдержки 7 суток в стандартной атмосфере, затем 4 суток в воде, затем 7 суток в стандартной атмосфере

1. Розенберг М.Э., Полимеры на основе винилацетата, Л. (1983)
2. Войтович В.А., Материал тысячи возможностей (В мире полимеров), Волго-Вятское книжное издательство, Горький (1969)
3. Сулейманова А.Г., Спиридонова Р.Р., Изучение влияния диоксида кремния и диоксида титана на реакцию эмульсионной полимеризации винилацетата, а так же на свойства получаемых дисперсий, Сборник трудов всероссийской 52-й научной студенческой конференции «Волонтерство. Наука. Образование», Чебоксары (2018)
4. Миннебаева Л.Ф., Вдовина Т.В., Вестник Технологического университета. Т. 20. № 11., 134-136 (2017)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА АКТИНИЙ-СОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА РЗЭ**

Кириченко И.В. \*, Семенищев В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [irishka\\_1096@inbox.ru](mailto:irishka_1096@inbox.ru)

### **DETERMINATION OF RADIONUCLIDE COMPOSITION OF AN ACTINIUM-CONTAINING RARE EARTH CONCENTRATE**

Kirichenko I.V., Semenishchev V.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work deals with the REE concentrate being recovered from uranium leach liquors after sorption separation of uranium. Total alpha and beta activity of the REE concentrate was found to be  $10^7$  Bq/kg and  $5 \cdot 10^6$  Bq/kg respectively. It was determined that actinium-227 and lead-210 with their short-lived daughter products contributed more than 99% of total activity.

В данной работе было проведено детальное радиохимическое исследование концентрата редкоземельных элементов, выделенного из продуктивных растворов подземного выщелачивания урана, предварительное исследование которого представлено в работе [1]. Данный концентрат (70 г) хранился в течение двух лет с момента выделения.

Измерение суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности концентрата на низкофоновом полупроводниковом альфа-бета-радиометре УМФ-2000 показало, что суммарная  $\alpha$ -активность концентрата составляет  $10^7$  Бк/кг, а суммарная  $\beta$ -активность –  $5 \cdot 10^6$  Бк/кг. Непосредственное измерение концентрата на сцинтилляционном гамма-спектрометре Атомтех МКС 1315-АТ показало, что основными гамма-излучающими радионуклидами являются  $^{227}\text{Ac}$  и его короткоживущие дочерние нуклиды (рис. 1а).

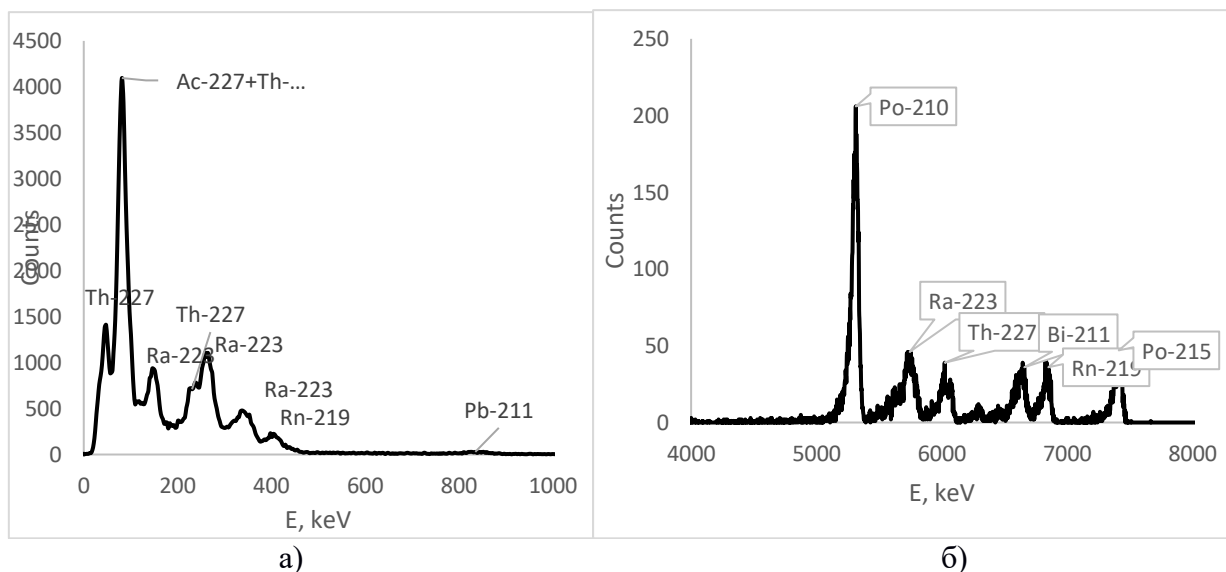


Рис. 1. Гамма-спектр (а) и альфа-спектр (б) концентрата РЗЭ

Для получения альфа-спектра 2 г концентрата растворили в 500 мл 0,1 М соляной кислоты, после чего 0,05 мл полученного раствора высушили на латунной кювете площадью 5 мм<sup>2</sup> и измерили по поверхностно-барьерному полупроводниковому альфа-спектрометре Мультирад-АС в течение 85800 с. (рис. 1б). Результаты альфа-спектрометрии показали, что помимо <sup>227</sup>Ac и его дочерних изотопов в концентрате содержится <sup>210</sup>Po. Наличие относительно короткоживущего <sup>210</sup>Po (138 сут) в концентрате после двухлетней выдержки является признаком наличия его материнского нуклида <sup>210</sup>Pb, что было также подтверждено проведенным радиохимическим анализом раствора на этот изотоп.

Таким образом, проведенный комплекс радиохимических исследований показал, что активность концентрата РЗЭ обусловлена наличием долгоживущих природных радионуклидов <sup>227</sup>Ac (0,5\*10<sup>6</sup> Бк/кг) и <sup>210</sup>Pb (2\*10<sup>6</sup> Бк/кг) с их короткоживущими дочерними продуктами распада.

1. Rychkov V.N., Semenishchev V.S., et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 317 (1), 203–213 (2018).

## КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ АС-227 ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ КОНЦЕНТРАТА РЗМ

Гордеева Ю.В.\*, Таукин А.О., Семенищев В.С., Смышляев Д.В., Боталов М.С.,  
Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М., Рычков В.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [e.v.kirillov@urfu.ru](mailto:e.v.kirillov@urfu.ru)

## AC-227 CONCENTRATING DURING REE CONCENTRATE PROCESSING

Gordeeva Y.V.\*, Taukin A.O., Semenishchev V.S., Smyshlyaev D.V., Botalov M.S.,  
Kirillov E.V., Kirillov S.V., Bunkov G.M., Rychkov V.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sorption and separation of Ac-227 using various SIRs from hydrochloric acid solutions was studied. SIR with a mixture of phosphonic acid extractant and functional group showed the best result. According to the results of the experiments, it is possible to obtain the actinium-227 fraction with the activity concentration of  $10^7$  Bq/kg.

В настоящее время основными российскими потребителями РЗМ являются предприятия, производящие следующую продукцию: специальные сплавы, магниты, люминофоры, катализаторы, материалы для атомной отрасли, оптику. Текущее потребление РЗМ в России незначительно: не более 2 тыс. тонн/год, или 2-3% от мирового потребления с соотношением легкой и среднетяжелой группы около 90% и 10% соответственно. Практически весь объем РЗМ, потребляемый российской промышленностью, поставляется из Китая, что связано с отсутствием в России производств, производящих индивидуальные РЗМ.

Одним из самых богатых Российских источников РЗМ, содержащих вышеперечисленные элементы (содержание среднетяжелой группы РЗМ составляет до 30%) являются растворы подземного выщелачивания (ПВ) урана. Преимуществом данного объекта является то, что РЗМ в нем находятся уже в извлеченном состоянии. Тем не менее, в связи с резким падением цен на РЗМ их добыча, на данный момент, из растворов ПВ урана находится на грани рентабельности.

Исследования, проведенные ФТИ УрФУ в 2017-2018 годах показали, что дополнительным фактором влияния на экономическую эффективность переработки коллективного концентрата РЗМ, полученного из растворов ПВ урана, может являться попутное извлечение из него изотопа актиния-227.

В процессе исследований было обнаружено, что при получении коллективного концентрата РЗМ его удельная активность составляет  $10^6$ - $10^7$  Бк/кг. Измерено, что наибольший вклад в удельную активность вносит изотоп актиний-227. При исследовании вопроса дезактивации концентрата РЗМ было установлено, что актиний-227 можно сконцентрировать в отдельную фракцию.

В данной работе исследовали концентрирование актиния-227 с использованием твёрдых экстрагентов, содержащих в качестве активного компонента органические фосфорные, фосфоновые и фосфиновые кислоты, а также их смеси с нейтральными фосфорорганическими соединениями. В зависимости от подачи элюента исследовали фронтальный, вытеснительный и элюентный способ хроматографии.

По результатам проведенных экспериментов удалось сконцентрировать фракцию актиния-227 до уровня  $10^7$  Бк/кг.

## **АНАЛИЗ МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ ПЛАВОВ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ**

Кочергина. Е.В.\*, Сухорукова О.Л., Абрамов А.В., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: kochergina625@gmail.com

## **ANALYSIS OF MOLYBDENUM-CONTAINING CHLORIDE MELTS BY XRF**

Kochrgina E.V.\*, Sukhorukova O.L., Abramov A.V., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

X-ray fluorescence analysis is a promising method for determining Mo, Cr, Mn, Fe and Ni in salt alloys. Therefore, a technique allowing the simultaneous determination of molybdenum and other trace elements in the salt systems NaCl-KCl-MoCl<sub>3</sub> was developed. The optimal conditions of the analysis were chosen and the metrological parameters were assessed.

Молибден применяется в производстве жаропрочных, антикоррозионных и быстрорежущих сплавов, конструкционных материалов для атомной и аэрокосмической промышленности. Одной из основных проблем получения и переработки молибдена методом электролиза в молибденсодержащих хлоридных расплавах является коррозия конструкционных материалов. Высокотемпературные хлоридные расплавы крайне агрессивны, для создания эффективных методов защиты от коррозии необходимо в том числе разработать методику определения продуктов коррозии в солевых плавах. Нами разработана методика для количественного экспрессного определения содержания Мо и микропримесей, таких как Cr, Mn, Fe и Ni, в солевых системах NaCl-KCl-MoCl<sub>3</sub> с помощью рентгеноспектрального флуоресцентного анализа.

Анализ хлоридных плавов проводили с использованием волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра «ARL ADVANT'X 4200». Предложено использовать метод внешнего стандарта, для его реализации были синтезированы 10 образцов сравнения.

Выбраны наиболее интенсивные и свободные от спектральных наложений аналитические линии определяемых компонентов, установлены оптимальные условия возбуждения и регистрации сигнала, произведен учет матричного влияния и оценка метрологических и информационных характеристик созданной методики. С использованием разработанной методики проанализирован ряд образцов плавов после коррозионных испытаний.

## **СОРБЦИЯ ПЕРРЕНАТ-ИОНОВ АМИНОПОЛИМЕРАМИ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ**

Коробицына А.Д.<sup>1,2\*</sup>, Мельчакова О.В.<sup>2</sup>, Печищева Н.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [annakorobitsyna@mail.ru](mailto:annakorobitsyna@mail.ru)

## **SORPTION OF PERRHENATE IONS BY AMINOPOLYMERS AND THEIR FUNCTIONAL DERIVATIVES**

Korobitsyna A.D.<sup>1,2\*</sup>, Melchakova O.V.<sup>2</sup>, Pechishcheva N.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Metallurgy of Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

The sorption properties of new amino polymers and their functional derivatives with respect to perrhenate ions in an acidic environment were studied. The objects of study were N-(2-pyridylmethyl)polyallylamine (PMPAA), N-(2-pyridylmethyl)polyethylenimine (PMPEI), as well as imidazolymethylated derivatives of polyallylamine (IMPAA), polyethyleneimine (IMPEI) and polyamylstyrene (IMPAS). The optimum pH values of solutions for sorption were determined experimentally. The adsorption process was described by the Langmuir, Freundlich, Thoth, Dubinin-Radushkevich equations. The high sorption rate of perrhenate ions on the studied functional derivatives of aminopolymers was established.

Основным источником получения рения служат серноокислые (или азотно-серноокислые) растворы, получаемые в процессе переработки молибденовых и медных руд и концентратов. Такие факторы, как низкая концентрация рения в руде и концентрате, а также наличие мешающих макрокомпонентов, затрудняют извлечение рения из растворов. Часто используют сорбционное извлечение рения, применяя синтетические сорбенты, недостатками которых являются низкая скорость сорбции и невысокая селективность. Синтез полимерных материалов с различными кислотно-основными и координационными свойствами позволяет получать новые эффективные сорбенты по отношению к перренат-ионам.

Цель данной работы – изучение сорбционных свойств новых аминополимеров и их функциональных производных по отношению к перренат-ионам. В

работе исследованы N-(2-пиридилметил)полиаллиламин (ПМПАА), N-(2-пиридилметил)полиэтиленимин (ПМПЭИ), а также имидазолметилированные производные полиаллиламина (ИМПАА), полиэтиленимина (ИМПЭИ) и полиаминостирола (ИМПАС), синтезированные в Институте органического синтеза УрО РАН под руководством А.В. Пестова.

Зависимость сорбции перренат-ионов исследуемыми сорбентами от рН раствора изучали в статическом режиме в среде ацетатного буферного раствора. Содержание рения в растворах определяли методом ИСП-АЭС с использованием спектрометра Optima 2100 DV. Количество сорбированного рения рассчитывали по разнице его концентрации в растворе до и после сорбции.

Также были проведены исследования влияния времени контакта сорбента и раствора в статическом режиме при постоянном перемешивании. Показана высокая скорость сорбции перренат-ионов на исследуемых аминополимерах. Полученные кинетические зависимости математически моделировали с использованием уравнений, описывающего внешнюю и внутреннюю диффузию сорбтива.

При оптимальном значении рН раствора были получены изотермы сорбции перренат-ионов, полученные данные обрабатывали при помощи моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Тота, Дубинина-Радускевича. Также было изучено влияние меди(II), молибдена (VI), сульфат-, хлорид- и нитрат-ионов на способность исследуемых полимеров сорбировать перренат-ионы.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН.*



## НУКЛЕОФИЛЬНОЕ ПРИОЕДИНЕНИЕ ДИЭТИЛАМИНА К N-[3-(ДИМЕТИЛАМИНО)ПРОПИЛ]МЕТАКРИЛАМИДУ ПО РЕАКЦИИ МИХАЭЛЯ

Коротаев М.С.<sup>1</sup>, Зарубина И.С.<sup>1</sup>, Баринов А.А.<sup>1,2</sup>, Садиков А.Ю.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Дзержинский филиал), Дзержинск, Россия

<sup>2</sup>Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

\*E-mail: [mr.sadikovanton@mail.ru](mailto:mr.sadikovanton@mail.ru)

## NUCLEOPHILIC DIETHYLAMINE ACCESSION TO N- [3-(DIMETHYLAMINO) PROPYL] METACRYLAMIDE ACCORDING TO MICHAEL'S REACTION

Korotaev M.S.<sup>1</sup>, Zarubina I.S.<sup>1</sup>, Barinov A.A.<sup>1,2</sup>, Sadikov A Yu.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Technical University. (Dzerzhinsky branch), Dzerzhinsk, Russia

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russia

The regularities of the nucleophilic addition of diethylamine to N-[3- (dimethylamino)propyl]methacrylamide were investigated by Michael's reaction.

Катионные ПАВ имеют очень широкий спектр действия, но их применение ограничивается высокой стоимостью, связанной с использованием дорогостоящего и дефицитного сырья. Разработка эффективных методов получения новых ПАВ нетривиального строения откроет новые перспективы для развития целого ряда смежных технологий, связанных с применением катионных ПАВ. Промежуточным этапом синтеза новых ПАВ является нуклеофильное присоединение аминов к амфифильным акриламидным производным по реакции Михаэля. Она характеризуется высокой эффективностью, а также дешевыми и легкодоступными стартовыми реагентами [1].

Целью данной работы является исследование закономерностей нуклеофильного присоединения диэтиламина к N-[3-(диметиламино)пропил]метакриламиду (ДМАПМА).

Синтез проводили в широком диапазоне температур в массе и с использованием растворителя, а также катализаторов – традиционно применяющихся в реакции Михаэля [2].

Анализируя полученный результат (таблица 1) и основываясь на литературных данных можно предположить, что столь низкая конверсия может быть причиной наличия у исследуемого ненасыщенного соединения метильной группы в винильном фрагменте, а также с объемным N-заместителем.

## Реакция Михаэля

Температура °С	Катализатор	Растворитель	Время реак- ции (ч)	Конвер- сия (%)
25	-	-	48	≤1
25	-	Вода	48	≤1
25	Борная кислота	Вода	48	≤1
25	Оксид алюминия	-	48	≤1
25	Силикагель	Вода	48	≤1
25	Паротолуолсульфоки- слота	Вода	48	≤1
25	Хлорид меди	Вода	48	≤1
100	Борная кислота	Вода	8	3,5
100	Оксид алюминия	Вода	8	11
100	Паротолуолсульфоки- слота	Вода	8	20
100	Ацетат меди	Вода	8	37

1. Rulev A. Yu., Aza-Michael reaction: achievements and prospects (2011).
2. Brindaban C. Ranu, Subhash Banerjee, Significant rate acceleration of the aza-Michael reaction in water (2006).

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Кошечева А.А., Таранова Л.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [alinaalexandrovna@mail.ru](mailto:alinaalexandrovna@mail.ru)

## EFFICIENCY INCREASING METHODS USED FOR HYDROCARBON PROCESSING FACILITIES

Koshcheeva A.A., Taranova L.V.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

This paper discusses the main directions used to resolve the issues of energy efficiency in hydrocarbon processing technology. The development and implementation of the secondary energy resources complex disposal system into the pyrolysis scheme is the most crucial and promising direction among the others. The use of this system will allow to gain an additional amount of energy resources and increase the energy efficiency of the ethane pyrolysis process.

Для текущей экономики России характерны показатели высокой энергоемкости, которые многократно превышают аналогичные показатели экономики развитых стран. Причём на современных российских производствах около 40 – 45 %

энергоресурсов расходуется полезно, а остальное количество теряется безвозвратно [1].

Таким образом, проблема повышения энергоэффективности на предприятиях нефтехимии является острой и актуальной ввиду несовершенства технологических процессов, сопровождающихся большими тепловыми, сырьевыми и финансовыми потерями [2].

В данной работе был рассмотрен Новоуренгойский газохимический комплекс, принадлежащий ПАО «Газпром». Данное предприятие анализировалось с точки зрения поиска возможностей повышения энергоэффективности. Для этого были применены такие методы оценки энергоэффективности, как пинч-анализ и системный анализ.

Пинч-анализ – это методология оценки энергопотребления процесса, основанная на термодинамическом расчёте необходимых объёмов энергопотребления и приближения к ним с помощью оптимизации процесса.

Применив данный метод к установке получения этан-этилена, были выявлены большие перспективы по рекуперации тепла в пределах данной установки (рис. 1).

По большой зоне рекуперации на графике пинч-анализа можно сделать вывод, что для данной установки возможно повышение энергоэффективности при модернизации и оптимизации системы теплообмена. При этом внешние теплоносители дополнительно потребуются для нагрева и охлаждения потоков в области температур от минус 120,9 до минус 98,8 °С и от 220 до 105 °С [3].

Применение пинч-анализа позволило оценить возможность повышения энергоэффективности, а также выявить, что наиболее энергоёмким процессом при производстве этилена является пиролиз.

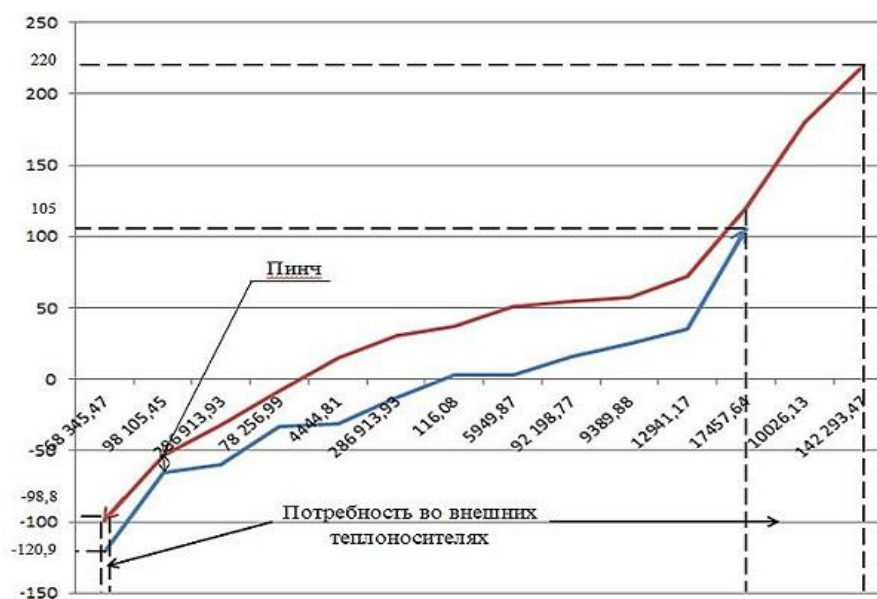


Рис. 1. Определение потребности во внешних теплоносителях возможности рекуперации тепла

Оценка эффективности работы технологической схемы пиролиза основывается на системном подходе, который заключается в структурном анализе внутренних и внешних связей изучаемого производства, а также в анализе тепловых и термодинамических параметров эффективности [2].

Результатом применения системного анализа к установке производства этан-этилена является выявление возможностей энергосбережения в пределах данного процесса. Были выявлены возможности вторичного применения тепловых потоков, то есть создания схемы утилизации вторичных энергоресурсов на базе технологических установок получения этан/этилена и производства полиэтилена высокого давления.

Таким образом, при применении методик оценки энергоэффективности возможно выявить оптимальный и энергосберегающий вариант организации энерготехнологической комбинированной системы, а также найти пути возможного применения вторичных энергоресурсов внутри данного производства.

1. Брендан, П. Ш., Территория Нефтегаз, 8, 83 (2009).
2. Жагфаров Ф.Г., Основные процессы глубокой химической переработки природного газа, Букстрим (2013).
3. Кощева А.А., Таранова Л.В., Нефть и газ Западной Сибири, ТИУ, 251-253 (2017).

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ ФТОР-ИОНА ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ЖРО МЕТОДОМ УПАРИВАНИЯ НА ОПЫТНОЙ УСТАНОВКЕ

Костромин К.В.<sup>1\*</sup>, Новоселов И.К.<sup>1</sup>, Бир А.А.<sup>1</sup>, Весновский В.С.<sup>1</sup>,  
Звонков И.Н.<sup>1\*</sup>, Зильберман Б.Я.<sup>2</sup>, Николаев А.Ю.<sup>2</sup>, Агафонова-Мороз М.С.<sup>2</sup>,  
Блажева И.В.<sup>2</sup>, Мишина Н.Е.<sup>2</sup>, Рябков Д.В.<sup>2</sup>, Хомяков А.П.<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> АО «СвердНИИхиммаш», г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [inkost@inbox.ru](mailto:inkost@inbox.ru)

## LOCALIZATION OF FLUORIDE ION AT LRW BY EVAPORATION IN A PILOT PLANT

Kostromin K.V.<sup>1\*</sup>, Novoselov I.K.<sup>1</sup>, Bir A.A.<sup>1</sup>, Vesnovskiy V.S.<sup>1</sup>, Zvonkov I.N.<sup>1</sup>,  
Zilberman B.Y.<sup>2</sup>, Nikolaev A.Y.<sup>2</sup>, Agafonova-Moroz M.S.<sup>2</sup>, Blajeva I.V.<sup>2</sup>,  
Mishina N.E.<sup>2</sup>, Ryabkov D.V.<sup>2</sup>, Khomyakov A.P.<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> SverdNIKhimmash JSC, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Khlopin Radium Institute JSC, Saint Petersburg, Russia

<sup>3)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

New approaches to the processing of high-level waste from extraction reprocessing of highly burnt-up spent nuclear fuel were tested in an experimental evaporator rig.

Для очистки регенерированной азотной кислоты от фторид-иона при концентрировании жидких радиоактивных отходов от переработки ОЯТ БР предложен способ очистки на стадии ректификации азотной кислоты с отгонкой фторид-иона в паровую фазу и её локализацией на стадии щелочной абсорбции.

Отработка технологической схемы и оборудования проводилась на опытной установке, состоящей из выпарного аппарата с естественной циркуляцией, ректификационной колонны, щелочного абсорбера, кожухотрубчатого конденсатора, емкостного оборудования, насосов и другого вспомогательного оборудования.

Проведенные ранее исследования показали наличие потока паразитной флегмы, образующейся из-за теплопотерь в ректификационной колонне, который препятствовал получению требуемой очистки регенерируемой азотной кислоты от летучих кислот без снижения её концентрирования из-за недостаточного потока пара относительно жидкой фазы.

Для проведения исследования были проведены доработки оборудования по исключению возникновения дополнительного паразитного потока флегмы, что позволило изучить распределение микроколичеств фторид-иона по тарелкам ректификационной колонны, провести исследования щелочной абсорбции фторид-иона и оценить эффективность основного технологического оборудования опытной установки.

В ходе проведенных исследований на ректификационной колонне достигнуто требуемое концентрирование регенерируемой азотной кислоты с необходимым коэффициентом её очистки от фторид-иона. Концентрация фторид-иона в дистилляте после щелочной абсорбции удовлетворяет заданным требованиям. Основная масса фтора абсорбирована в кубовом растворе в виде фторида натрия.

Показана принципиальная возможность и эффективность абсорбции фторид-иона и следов азотной кислоты в щелочном скруббере с использованием щелочного раствора в качестве флегмы.

### **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ И ФОРМУ ЧАСТИЦ ПОРОШКОВ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ ОЛОВА**

Косых А.С.\*, Машковцев М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [evanescence665@yandex.ru](mailto:evanescence665@yandex.ru)

### **THE INFLUENCE OF PRECIPITATION CONDITIONS ON THE PARAMETERS OF SIZE DISTRIBUTION AND PARTICLE SHAPES OF HYDROXIDE AND OXIDE TIN POWDERS**

Kosykh A.S.\*, Mashkovtsev M.A.

Ural Federal University named after the first President of Russia  
B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The study is focused on the influence of precipitation conditions on the parameters of size distribution and particle shapes of hydroxide and oxide tin powders. Samples were precipitated at the constant pH values of 1.00, 1.50, 1.75, 2.00, 2.25, 2.50 and 3.00. It was found that the pH of the isoelectric point for tin (IV) hydroxide is 2.0. The size and morphology of the particles were determined using laser diffraction and optical microscopy.

Диоксид олова применяется в качестве добавки при производстве керамики, глазури, эмали, стекол для придания прочности, электропроводности и улучшения сопротивления истиранию, электродов, электролюминесцентных устройств, флуоресцентных ламп [1]. Важными характеристиками, определяющими возможность применения диоксида олова в этих сферах, являются требуемое распределение частиц по размерам и форма частиц.

Целью работы являлось исследование влияния условий осаждения на параметры распределения частиц по размерам и форму частиц порошков гидроксидов и оксидов олова.

Осаждение вели в реакторе путём одновременного сливания 0,1 М раствора хлорида олова и 5 %-ого раствора аммиака в общий реакционный объём при

поддержании постоянного значения рН и непрерывном перемешивании. Осаждение образцов проводили при постоянном значении рН на уровне 1,00; 1,50; 1,75; 2,00; 2,25; 2,50; 3,00 единиц. После этого осадки отделяли от раствора, сушили 10 ч при 80 °С и обжигали на воздухе 2 ч при 600 °С (скорость нагрева образцов – 600 °С/мин). В процессе осаждения, после сушки и обжига определяли размеры и морфологию частиц при помощи методов лазерной дифракции и оптической микроскопии, соответственно.

Обнаружено, что постоянное значение рН среды определяет характер роста, морфологии и поведения частиц гидроксида олова в ходе осаждения. Частицы при рН осаждения равном 1,00; 2,50; 3,00 показывают незначительный рост размеров (от 6,6 до 7,6; от 5,1 до 7,2; от 2,3 до 2,9 мкм, соответственно), при этом они имеют неровные края, склонны к агрегированию в водном растворе. Частицы при рН осаждения равном 1,50; 1,75; 2,00; 2,25 показывают значительный рост размеров (от 8,1 до 17,5; от 7,5 до 19,8; от 3,2 до 24,1; от 4,7 до 17,8 мкм, соответственно), при этом они имеют близкую к сферической форму, почти не склонны к агрегированию в водном растворе.

Помимо этого, значение рН среды оказывает влияние на поведение частиц гидроксида олова в ходе термической обработки. Частицы, осаждённые при рН = 1,00; 2,50; 3,00, склонны к агрегированию и спеканию, а частицы, осаждённые при рН = 1,50; 1,75; 2,00; 2,25, не склонны к агрегированию и спеканию.

Наблюдаемые закономерности были объяснены на основании теории электрокинетической стабилизации частиц: при рН осаждения равном 1,00; 2,50; 3,00 для продуктов гидролиза характерна значительная специфическая адсорбция ионов из раствора, приводящая к образованию ДЭС и повышению агрегационной устойчивости и подавлению роста частиц; при рН осаждения равном 1,50; 1,75; 2,00; 2,25 специфическая адсорбция ионов из раствора не выражена, ДЭС не препятствует процессам агрегации и послойного роста частиц. Исходя из динамики роста, сохранения размеров в процессе сушки и обжига можно сделать вывод, что рН<sub>иэт</sub> для гидроксида олова (IV) находится на уровне 2,00. Результаты могут быть использованы для получения узкодисперсного порошка диоксида олова с контролируемыми параметрами, а именно размером и формой частиц.

1. Гринвуд Н., Эрншо А., Химия элементов, 1 том, БИНОМ (2008)

## ВЕРИФИКАЦИЯ CFD МОДЕЛИ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ПОТОЧНОГО ГАЗИФИКАТОРА НА ВОЗДУШНОМ ДУТЬЕ

Котегов А.А., Абаймов Н.А., Рыжков А.Ф.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [s.kotegov2010@yandex.ru](mailto:s.kotegov2010@yandex.ru)

## VERIFICATION OF CFD MODEL OF A TWO-STAGE ENTRAINED-FLOW AIR BLOWN GASIFIER

Kotegov A.A., Abaimov N.A., Ryzhkov A.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the course of the work, the CFD model of the gasification process occurring in a two-stage entrained-flow installation was verified. For verification, experimental data obtained on an MHI industrial gasifier with a coal consumption of 1700 tons / day were used. Using a comparative analysis, it was found that the results of the developed CFD model are in satisfactory agreement with the experimental data.

**Введение.** В последние годы парогазовая установка с внутрицикловой газификацией (IGCC) угля с системой улавливания и хранения углерода (CCS) рассматривается как одна из ключевых технологий по значительному сокращению выбросов CO<sub>2</sub> на угольных электростанциях, также она обладает более высоким значением КПД по сравнению с традиционными паросиловыми установками. Важной частью IGCC является газификатор. При изучении процессов, происходящих в газификаторе, часто пользуются компьютерным CFD моделированием.

Целью данной работы является верификация CFD-модели поточной газификации с воздушным дутьем.

**Описание модели.** Для верификации использованы экспериментальные данные, полученные на двухступенчатом поточном газификаторе МНН 1700 т/сут [1]. В первой ступени происходит горение угля, а во второй – газификация угля продуктами горения.

Для CFD-моделирования использована модель поточной газификации, подробно изложенная в работах [2, 3]. Параметры режима описаны в работах [4, 5]

**Анализ результатов.** Как видно из рисунка 1, результаты CFD-моделирования

удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, что говорит о применимости разработанной CFD-модели для исследования такого рода процессов.

Незначительное занижение концентрации CO и завышение H<sub>2</sub> может быть связано с тем, что в расчётных данных практически отсутствует метан в связи с его термическим разложением.

**Заключение.** С помощью сравнительного анализа установлено, что результаты разработанной CFD-модели удовлетворительно согласуются с



экспериментальными данными. В дальнейшем планируется использование данной модели при расчете двухступенчатой поточной газификации угля в среде  $O_2$  и  $O_2-CO_2$  для oxy-fuel IGCC.

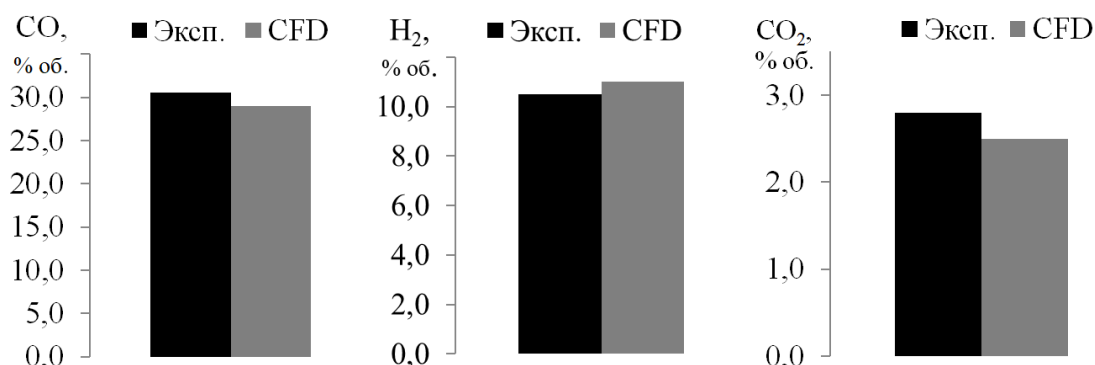


Рис. 1. Верификация по экспериментальным данным с газификатора МНІ 1700 т/сут [5].

1. Watanabe H., Ahn S., Tanno K., Energy, 118, 181 (2017).
2. Чернецкий М.Ю., Кузнецов В.А., Дектерев А.А., Абаимов Н.А., Рыжков А.Ф., Теплофизика и аэромеханика, 23, 615 (2016).
3. Абаимов Н. А., Рыжков А. Ф., Теплоэнергетика, 11, 3 (2015).
4. Hashimoto T, Sakamoto K, Kitagawa Y, Hyakutake Y, Setani N., Mitsubishi Heavy Industries Technical Review, 46, 1 (2009).
5. Giuffrida A., Romano M.C., Lozza G., Applied Energy, 88, 3949 (2011).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ГОЛЬМИЯ И ЭРБИЯ ИЗ СОЛЯНОКИСЛОЙ СРЕДЫ

Котова М.В.\*, Смышляев Д.В., Боталов М.С., Кириллов Е.В., Кириллов С.В.,  
Буньков Г.М., Рычков В.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mariiakot09@gmail.com](mailto:mariiakot09@gmail.com)

## STUDY OF EXTRACTION SEPARATION OF GOLMY AND ERBIA FROM HYDROCHLORIC ACID MEDIUM

Kotova M.V.\*, Smyshliaev D.V., Botalov M.S., Kirillov E.V., Kirillov S.V.,  
Bunkov G.M., Rychkov V.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

At present, amides are considered as promising extractants that could replace phosphorus-containing extractants. In contrast to phosphorus-containing extractants, amides have some potential advantages as extracting agents for actinides. One of the more evidence of these

advantages is the benign nature of amide degradation products. For P507 and TODGA, Er/No separation factors were determined.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) – это отдельная группа химических элементов, отличительной чертой которых является близость их химических свойств, вызванная сходством их электронного строения. Разделение тяжелой группы РЗЭ на отдельные элементы является сложной задачей. Для разделения РЗЭ в настоящее время используются такие экстрагенты как ТБФ, P204, P507, Cyanex 272 [1]. Основным недостатком у данных экстрагентов является, то что очень сложно осуществить реэкстракцию тяжелой группы РЗЭ, а также данные экстрагенты не являются безопасными с точки зрения утилизации данных экстрагентов. В последние годы все больше исследований направлены на изучение дигликольамидов как более экологически безопасных экстрагентов.

В работе была исследована возможность разделения эрбия и гольмия в среде соляной кислоты при использовании в качестве экстрагентов 2-этилгексил фосфоновая кислота моно-2-этилгексил эфир (P507) и тетраоктилдигликольамид (TODGA).

В таблице 1 представлены, полученные в ходе экспериментов, коэффициенты разделения между гольмием и эрбием для двух экстрагентов.

Пара элементов	Коэффициенты разделения	
	1 моль/дм <sup>3</sup> P507 (pH=0,75)	0,2 моль/дм <sup>3</sup> TODGA (pH=0,75)
Er/No	2,5	1,5

Из представленных в таблице коэффициентов разделения следует, что обе экстракционные системы подходят для отделения эрбия от гольмия.

1. Quinn J.E., Soldenhoff K.H., et al., Hydrometallurgy 157, 298–305 (2015).

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХЛОРИДА УРАНА(IV) С КИСЛОРОДОМ В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Козлова А.А.<sup>\*</sup>, Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anastasiya.kozlova.1997@inbox.ru](mailto:anastasiya.kozlova.1997@inbox.ru)

## REACTION OF URANIUM(IV) CHLORIDE WITH OXYGEN IN ALKALI CHLORIDE MELTS

Kozlova A.A.<sup>\*</sup>, Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electronic absorption spectroscopy was applied for studying the reaction of uranium(IV) chloride with oxygen in alkali chloride based melts. The experiments were performed at 450–750 °C in the melts based on LiCl–KCl, NaCl–CsCl and NaCl–KCl–CsCl eutectic mixtures. Effect of diluting oxygen with an inert gas and presence of water vapor on the oxidation reaction was also considered.

Расплавы на основе смесей хлоридов щелочных металлов могут быть использованы в различных технологических процессах, в том числе и в качестве рабочих сред для организации пироэлектрохимической переработки отработавшего ядерного топлива, а также при электроосаждении и электрорафинировании урана. Кислород является одной из самых распространённых технологических примесей и его присутствие может оказывать воздействие на ионно-координационное состояние урана в солевом электролите, а также на протекание технологического процесса. Целью настоящей работы являлось исследование взаимодействия расплавов на основе хлоридов щелочных металлов, содержащих тетрахлорид урана, с кислородом.

Одним из способов исследования расплавов, содержащих ионы металлов с частично заполненными f-орбиталями является электронная спектроскопия поглощения, которая была использована в настоящей работе. Эксперименты выполняли в расплавах на основе эвтектических смесей LiCl–KCl, NaCl–CsCl и NaCl–KCl–CsCl в интервале 450–750 °C. Через расплав пропускали кислород и одновременно проводили регистрацию спектров поглощения. Пример набора спектральных кривых представлен на рисунке. Под действием кислорода происходило окисление ионов  $UCl_6^{2-}$  до ионов уранила, цвет расплава при этом изменялся с зелёного на жёлто-оранжевый. С целью установления возможного влияния состава газовой смеси на ход процесса в работе помимо чистого кислорода также использовали смеси Ar–O<sub>2</sub> различного состава и кислород, содержащий пары воды.

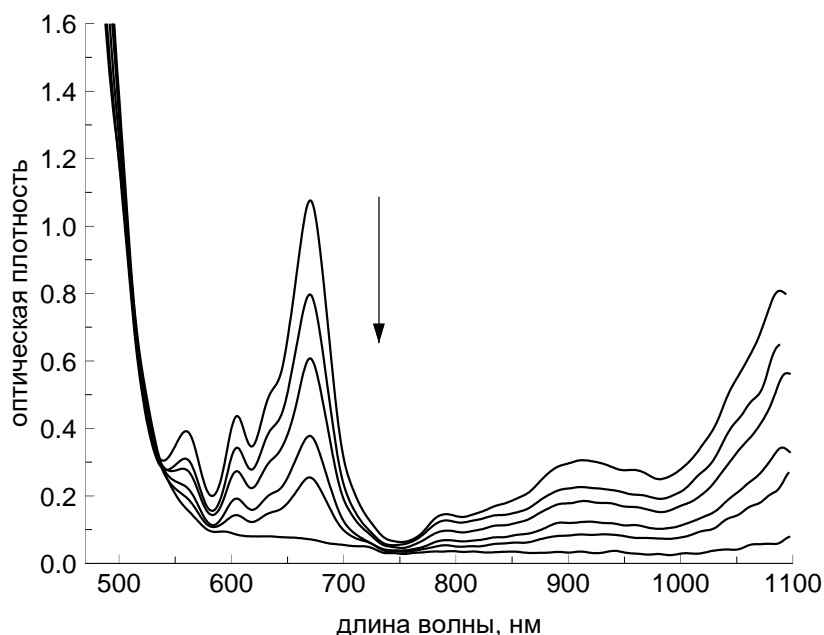


Рис. Изменение электронных спектров поглощения расплава  $\text{LiCl-KCl-UCl}_4$  в процессе пропускания газообразного кислорода.  $T = 450$  °С, исходная концентрация урана 1,84 мас. %. Стрелка показывает изменение спектральной картины. Объем пропущенного кислорода (сверху вниз, мл.): 0, 100, 200, 300, 350 и 450

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКСИДА ЛИТИЯ С РАСПЛАВАМИ $\text{LiCl-UCl}_4$ И $\text{LiCl-KCl-UCl}_4$

Козлова А.А.\* , Рыжов А.А., Иванов А.Б., Мальцев Д.С.,  
Щетинский А.В., Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anastasiya.kozlova.1997@inbox.ru](mailto:anastasiya.kozlova.1997@inbox.ru)

**REACTION OF LITHIUM OXIDE  
WITH  $\text{LiCl-UCl}_4$  AND  $\text{LiCl-KCl-UCl}_4$  MELTS**  
Kozlova A.A.\* , Ryzhov A.A., Ivanov A.B., Maltsev D.S.,  
Shchetinskiy A.V., Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Reaction of lithium oxide with solutions of uranium tetrachloride was studied in  $\text{LiCl}$  (at 750 °С) and  $\text{LiCl-KCl}$  (at 550 and 750 °С) melts. The effect of the initial  $\text{Li}_2\text{O} : \text{UCl}_4$  molar ratio on degree of uranium precipitation, phase composition and particle size of the precipitates was determined.

Расплавы хлоридов щелочных металлов могут быть использованы в качестве рабочих сред для реализации пирохимической переработки отработавшего

ядерного топлива. Одним из возможных способов очистки рабочих электролитов от остаточных количеств актинидов является их осаждение в виде оксидов. С другой стороны, оксид ионы являются одной из примесей в технологических расплавах и их присутствие может привести к нежелательному концентрированию делящихся элементов в виде оксидов. Целью настоящей работы являлось исследование реакций, протекающих при введении оксида лития в расплавы  $\text{LiCl}-\text{UCl}_4$  (при 750 °С) и  $\text{LiCl}-\text{KCl}-\text{UCl}_4$  (при 550 и 750 °С). Было рассмотрено влияние исходного мольного отношения  $\text{Li}_2\text{O} : \text{UCl}_4$  на полноту осаждения урана и состав (фазовый и гранулометрический) образующихся осадков.

Степень осаждения урана из расплава возрастала с увеличением температуры и уменьшением радиуса катиона соли-растворителя. Так, при мольном отношении  $\text{Li}_2\text{O} : \text{UCl}_4$  равном двум, степень осаждения урана из расплавов на основе эвтектической смеси  $\text{LiCl}-\text{KCl}$  составила 80 и 95 % при 550 и 750 °С соответственно, а из расплава на основе  $\text{LiCl}$  при 750 °С осаждение было количественным. Твёрдая фаза состояла преимущественно из диоксида урана. Гранулометрический анализ показал, что более 90 % частиц имели размер меньше 10 мкм.

## ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ИЗ ХЛОРИДА, ВАНАДАТА И ВОЛЬФРАМАТА ЛИТИЯ

Губанова Т.В.<sup>1,\*</sup>, Кравец Н.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, Россия

\*E-mail: [lecome@yandex.ru](mailto:lecome@yandex.ru)

## HEAT STORAGE MATERIALS BASED ON THE SYSTEM OF CHLORIDE, VANADATE AND LITHIUM TUNGSTATE

Gubanova T.V.<sup>1,\*</sup>, Kravets N.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara state technical University, Samara, Russia

<sup>2</sup>Samara national research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia

Phase equilibria in the three-component system  $\text{LiCl} - \text{LiVO}_3 - \text{Li}_2\text{WO}_4$  were studied. By the method of differential thermal analysis, the eutectic composition was established with a melting point of 472 °С. The specific enthalpy of melting of the triple eutectic composition was determined.

К числу перспективных и наиболее интенсивно разрабатываемых в настоящее время способов аккумуляции тепловой энергии относится тепловое аккумуляция на основе фазовых переходов различных веществ. Эффективность этого способа обусловлена тем, что для многих веществ значение энтальпии фазового перехода значительно выше теплосохранения за счет теплоемкости.

Применение таких тепловых аккумуляторов в промышленности позволяет снизить энергозатраты за счет использования альтернативных источников энергии, а также повысить эффективность работы имеющегося энергетического оборудования [1].

Изучена трехкомпонентная система  $\text{LiCl} - \text{LiVO}_3 - \text{Li}_2\text{WO}_4$ . Исследования проводили методом дифференциального термического анализа (ДТА) на установке ДТА в стандартном исполнении [2]. Точность измерения температур составляла  $\pm 2.5^\circ\text{C}$ , при точности взвешивания навесок  $\pm 0.0001$  г на аналитических весах VIBРАНТ. Для тройного эвтектического состава определили удельную энтальпию плавления по известной методике [2].

Исходя из расположения двойных эвтектик в трехкомпонентной системе  $\text{LiCl} - \text{LiVO}_3 - \text{Li}_2\text{WO}_4$  выбран и исследован политермический разрез  $AB$  (рис. 1), пересекающий поля кристаллизации хлорида и вольфрамата лития. Определена проекция тройной эвтектической точки  $\bar{E}$  на плоскость разреза  $AB$  и соотношение концентраций компонентов  $\text{LiVO}_3$  и  $\text{Li}_2\text{WO}_4$ . Исследованием невариантного разреза, соединяющего вершину компонента  $\text{LiCl}$  с проекцией трехкомпонентной эвтектики  $\bar{E}$ , определены состав и температура плавления тройной эвтектики.

Выявленный низкоплавкий состав системы  $\text{LiCl} - \text{LiVO}_3 - \text{Li}_2\text{WO}_4$  с температурой плавления  $472^\circ\text{C}$  и энтальпией плавления  $207$  кДж/кг может послужить основой для рекомендации к использованию в качестве фазопереходных теплоаккумулирующих материалов в среднетемпературных химических источниках тока.

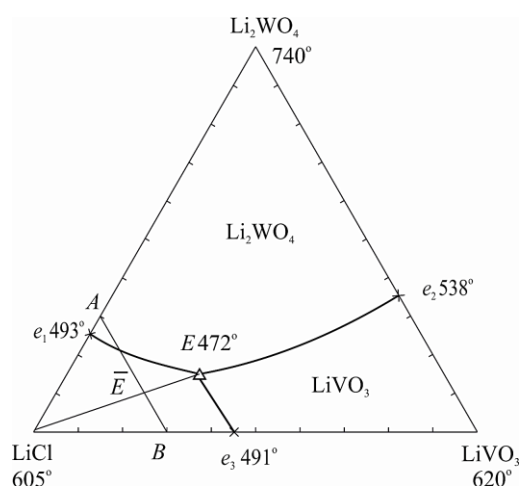


Рис. 1. Треугольник составов трехкомпонентной системы  $\text{LiCl} - \text{LiVO}_3 - \text{Li}_2\text{WO}_4$

1. Лукьянов А.В., Остапенко В.В. и др., Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 6 (86), 64-68 (2010).
2. Гаркушин И.К., Мощенский Ю.В. и др., Термический анализ и калориметрия, Самар.гос. техн.ун-т (2013).

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В АППАРАТЕ КОНВЕРСИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Хомяков А.П., Никулин В.А., Морданов С.В., Лавров А.С., Крюкова В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Verona.url@mail.ru](mailto:Verona.url@mail.ru)

## **MODELING MIXTURE PROCESSES IN A CONVERSION DEVICE WITH VARIOUS TYPES OF CONSTRUCTION OF MIXING DEVICES**

Khomyakov A.P., Nikulin V.A., Mordanov S.V., Lavrov A.S., Kriukova V.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Investigation of the processes of sludge mixing with a high content of solids in the apparatus with various types of mixing devices was observed.

В работе исследованы процессы перемешивания предварительно распульпованного и нераспульпованного осадка в аппарате конверсии с различными вариантами конструкции перемешивающих устройств.

С помощью математической модели, основанной на уравнениях Навье-Стокса и модели псевдовязкости Гидаспова выполнены исследования процесса перемешивания осадка с помощью модернизированной лопастной мешалки и ленточной мешалки. Расчеты проводились для аппарата, представленного на рисунке 1.

Для различных частот вращения вала мешалки получены распределения объемной доли твердой фазы в начальный период работы аппарата и в установившемся режиме, распределение скоростей течения суспензии в объеме аппарата.

В результате исследования:

1. установлена принципиальная работоспособность механических перемешивающих устройств всех предложенных конструкций (существующей мешалки, модернизированной лопастной мешалки, ленточной мешалки) при работе на предварительно распульпованном осадке;
2. установлено, что при использовании ленточной мешалки с частотой вращения вала 60 об/мин и более возможно в исключительных случаях осуществлять пуск реактора на предварительно нераспульпованном осадке;

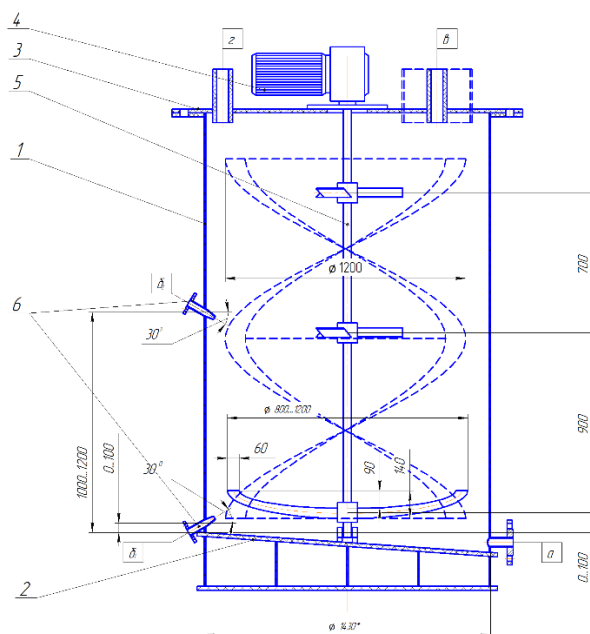


Рис. 1. Аппарат конверсии. 1 – цилиндрическая обечайка корпуса; 2 – днище; 3 – крышка; 4 – привод механического перемешивающего устройства; 5 – механическое перемешивающее устройство; б – сопла; а – патрубок отвода суспензии и щелочного раствора; б<sub>1</sub>, б<sub>2</sub> – патрубки ввода суспензии и щелочного раствора от подогревателя ПС; в – патрубок ввода распульпованного осадка ЧСК; г – патрубок ввода щелочного раствора.

3. показано, что необходимое качество распульповки достигается: при использовании существующей мешалки при частоте вращения вала 100÷150 об/мин; при использовании модернизированной лопастной мешалки – 90 об/мин; при использовании ленточной мешалки – 40 об/мин;
4. показано, что установившееся распределение объемной доли твердой фазы достигается за 6÷8 минут перемешивания.



## ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГАТУР «АЛЮМИНИЙ-ДИСПРОЗИЙ» И «МАГНИЙ-ДИСПРОЗИЙ»

Зуев Н.А., Крылосов А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина

E-mail: [2131987@mail.ru](mailto:2131987@mail.ru)

## GETTING MASTER ALLOYS «ALUMINUM-DYSPROSIUM» AND «MAGNESIUM-DYSPROSIUM»

Zuev N.A., Krylosov A.V.,

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Production of alloys with dysprosium based on aluminum and magnesium was carried out by the method of high-temperature exchange reactions. Thermodynamic calculations were carried out to determine the possibility of the reaction proceeding with dysprosium chloride and fluoride. An X-ray phase analysis of the obtained alloys was carried out, the composition of the phases was determined.

Сплавы с диспрозием на основе алюминия или магния представляют собой интерес для применения в качестве легирующей добавки при производстве сплавов на основе алюминия и магния. Данные лигатуры не применяются в чистом виде, а задаются в сплав в разбавленном состоянии.

Способ получения лигатур с диспрозием основан на способе, описанном в [1].

Согласно [2] и [3], диспрозий образует эвтектическую смесь при температуре 636 °С с алюминием, при содержании диспрозия ~ 13,36 % (мас.), а с магнием образуется эвтектическая смесь при температуре 561 °С, при содержании диспрозия ~ 46,0 % (мас.).

При этом в системе сплавов диспрозия с алюминием и магнием образуются следующие интерметаллические соединения (ИМС):

- с алюминием:  $Al_3Dy$ ,  $Al_2Dy$ ,  $Al_2Dy_3$ ,  $AlDy_2$ ;

- с магнием:  $MgDy$ ,  $Mg_2Dy$ ,  $Mg_3Dy$ ,  $Mg_{24}Dy_5$ .

Данные ИМС образуются в таком порядке с увеличением содержания диспрозия, согласно [2,3].

Опыты проводили, задавая диспрозий в виде безводного трифторида с добавками фторида натрия, с целью понизить температуру плавления солевой композиции. С этой же целью добавляли эквимольную смесь хлоридов натрия и калия. Выбор фторида редкоземельного металла обусловлен тем, что он менее гигроскопичен, чем трихлорид редкоземельного металла. Процесс вели при температуре до 750 °С, при времени выдержки до 6 часов. Выбор температуры обусловлен тем, что остывая, солевая смесь затвердевает, а находящийся под ней металлический расплав объединяется в единый слиток, а затем затвердевает.

Был произведён термодинамический расчёт для хлоридов и фторидов Dy по восстановлению их, металлическими магнием и алюминием.

Анализ проведённых расчётов показывает, что в большинстве случаев протекание прямой реакции между хлоридами, фторидами РЗМ и металлическими алюминием и магнием, при нормальных условиях, невозможно. При использовании фторида диспрозия изобарный потенциал реакции восстановления снижается в 4-5 раз.

Был проведен качественный рентгенофазовый анализ, который позволил определить, какие ИМС образуются при проведении высокотемпературной обменной реакции.

В случае с получением сплава на основе алюминия образовались следующие фазы: Al (мет.), Al<sub>3</sub>Dy, Al<sub>3</sub>Dy (ромб.-1, ref. code 00-018-0020), Al<sub>3</sub>Dy (ромб. 2, ref. code 00-043-1354).

В случае с получением сплава на основе магния образовались следующие фазы: Mg, Mg<sub>3</sub>Dy.

Содержание диспрозия в полученных сплавах изменяется от 11 до 19 % (мас.).

1. Иванов В.А., Крылосов А.В. и др., Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия, 2, 54 (2005).
2. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.1, Машиностроение (1996).
3. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.2, Машиностроение (1997).

## ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВОВ «АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ-ИТТРИЙ»

Зуев Н.А., Крылосов А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина

E-mail: [2131987@mail.ru](mailto:2131987@mail.ru)

## PRODUCTION OF ALUMINUM-MAGNESIUM-YTTRIUM ALLOYS

Zuev N.A., Krylosov A.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The preparation of aluminum-magnesium-yttrium ternary alloys as an alternative to aluminum-yttrium and magnesium-yttrium alloys has been considered. The idea was confirmed that the addition of magnesium and aluminum to alloys based on aluminum and magnesium, respectively, increase the direct yield of yttrium in the alloy.

Тройные сплавы «алюминий-магний-иттрий» являются альтернативой сплавам «алюминий-иттрий» и «магний-иттрий». В настоящее время, как известно, двойные сплавы с иттрием получают прямым сплавлением металлического иттрия с алюминием и магнием, который обладает высокой себестоимостью, в связи с применением индивидуальных металлов.

Альтернативой прямому сплавлению компонентов является процесс проведения высокотемпературных обменных реакций с одновременным сплавообразованием. Этот способ свободен от таких недостатков прямого сплавления компонентов, таких как: высокая температура проведения процесса, на 400 – 500 °С превышающая температуру плавления индивидуального металла, в следствие чего высокий расход компонентов и повышенная коррозия конструкционных материалов, наличие большого числа возгонов, высокая себестоимость. Данный способ описан в [1].

Согласно [2] алюминий и магний образуют целый ряд интерметаллических соединений (ИМС) в диапазоне температур 430 – 450 °С, что позволяет сделать вывод о том, что процесс можно вести при низкой температуре, около 500 °С. При этом стоит учитывать, что температура плавления солевой композиции лежит выше 650 °С, а алюминий является более плавким, чем магний. При получении тройного сплава на основе магния необходимо повысить температуру плавления примерно до 800 °С, что позволяет получить более равномерный шарообразный слиток сплава.

Опыты проводили, задавая иттрий в виде безводного трифторида с добавками фторида натрия, с целью понизить температуру плавления солевой композиции. С этой же целью добавляли эквимольную смесь хлоридов натрия и калия.

Согласно [3], эффективность проведения высокотемпературной обменной реакции алюминия составляет менее 40 %. Чтобы повысить прямой выход иттрия в сплав стоит добавить щелочноземельный металл, в данном случае магний.

Добавки магния в алюминиевый сплав, а также алюминия в магниевый сплав не превышали 5 % (мас.).

Был проведен качественный рентгенофазовый анализ полученных сплавов, который позволил определить, какие ИМС образуются при проведении высокотемпературной обменной реакции.

В случае с получением сплава на основе алюминия образовались следующие фазы: Al (мет.), Al<sub>3</sub>Y (ромб.), Al<sub>3</sub>Y (гекс.), Al<sub>4</sub>MgY.

Содержание иттрия в сплаве «алюминий-магний-иттрий» было получено следующее:

- сплав на основе алюминия:

Al – 90,57 % (мас.), Mg – 1,5 % (мас.), Y – 7,94 (мас.).

- сплав на основе магния:

Mg – 89,55 % (мас.), Al – 3,25 % (мас.), , Y – 7,20 (мас.).

1. Иванов В.А., Крылосов А.В. и др., Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия, 2, 54 (2005).
2. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.1, Машиностроение (1996).
3. Скачков В.М., Яценко С.П., Цветные металлы, 3, 22 (2014).

## СИНТЕЗ НАНОПОРОШКОВ НИТРИДА ТИТАНА ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Кудякова В.С.<sup>1\*</sup>, Шишкин Р.А.<sup>1</sup>, Юферов Ю.В.<sup>1</sup>, Зыков Ф.М.<sup>1</sup>, Чукин А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [v.s.kudiakova@urfu.ru](mailto:v.s.kudiakova@urfu.ru)

### CVD SYNTHESIS OF THE TIN NANOPOWDERS

Kudyakova V.S.<sup>1\*</sup>, Shishkin R.A.<sup>1</sup>, Yuferov Yu.V.<sup>1</sup>, Zykov F.M.<sup>1</sup>, Chukin A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

CVD synthesis of the TiN nanopowders is presented. The Na<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub> salt was used as Ti source. Obtained TiN particles have spherical shape and sizes that not exceeds 100 nm.

Газофазный синтез – один из активно исследуемых методов получения нанопорошков нитридов, поскольку обладает рядом преимуществ: возможностью получать нитриды в наносостоянии в одну стадию; возможностью варьировать размеры получаемых частиц за счет изменения технологических параметров процесса (температуры, парциальных давлений компонентов газовой фазы, степени разряжения в реакторе, скорости газовых потоков) и возможностью получать продукт с незначительным содержанием примесей углерода и кислорода.

В настоящей работе рассмотрен газофазный синтез нанопорошка нитрида титана из его летучей фторсодержащей соли  $\text{Na}_2\text{TiF}_6$ . Синтез проводили на исследовательской установке по получению порошковых материалов, главным элементом которой является реактор трубчатого типа. Данный прибор был спроектирован на основе серийной электропечи ПТ-1,25-30-250 производства предприятия НПП «Теплоприбор». Образцы размещали в рабочей камере в виде кварцевой трубы с внутренним диаметром 38 мм, внутренняя поверхность которой была защищена трубкой из графита марки ГЭ, чтобы исключить взаимодействие фторидов с кварцем.

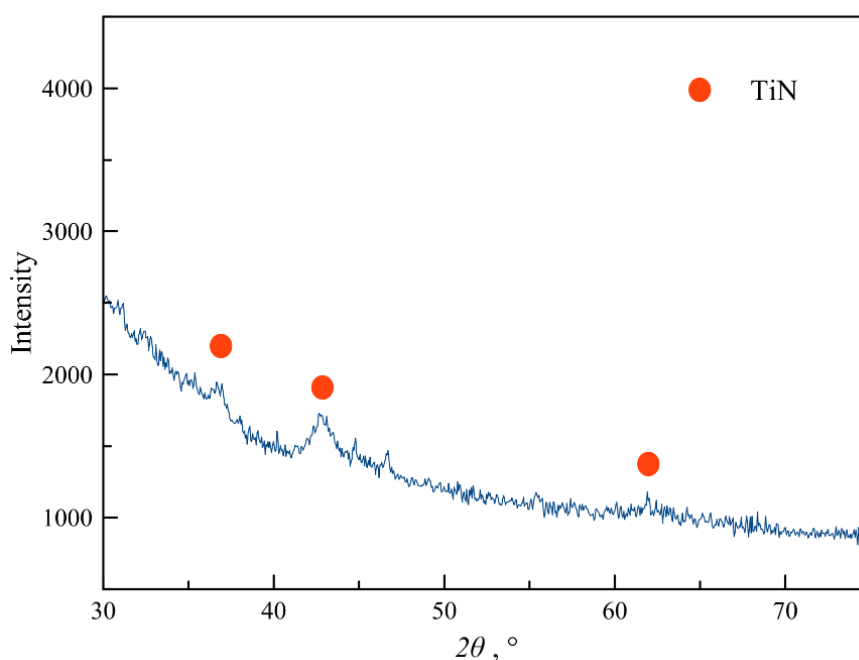


Рис. 1. Рентгенограмма полученного образца TiN.

В основе пирохимического получения нитрида титана лежат следующие превращения:  $\text{Na}_2\text{TiF}_6$  в процессе нагревания в присутствии восстановителя разлагается на  $\text{NaF}$  и  $\text{TiF}_3$ , последний реагирует с азотом с образованием нитрида титана по реакции 1.



$$\Delta G_{1100\text{ }^\circ\text{C}} = -302 \text{ кДж/моль}$$

В качестве восстановителей использовали металлический алюминий и графит. Для определения условий получения нитрида титана была проведена серия из 10 экспериментов, в результате которой определены наиболее подходящие параметры:  $\text{Na}_2\text{TiF}_6$  помещали в графитовую лодочку, за ней располагали корундовую лодочку с металлическим алюминием, в конце трубки устанавливали графитовый фильтр, на который осаждался нитрид титана. Температура процесса составляла  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , давление в реакторе –  $0,05\text{ МПа}$ , поток азота –  $1,5\text{ мл/мин}$ . Дифрактограмма полученного TiN представлена на рисунке 1, морфология частиц

была изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии, результаты которой показали, что их размер не превышает 100 нм.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01136.*

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ГИДРОКСИДА ХРОМА**

Жиренкина Н.В., Курасова Ю.Д.\*, Машковцев М.А., Обабков Н.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yulchig.97@live.com](mailto:yulchig.97@live.com)

## **THE INFLUENCE OF PRECIPITATION CONDITIONS ON CHROMIUM HYDROXIDE POWDERS PROPERTIES**

Zhirenkina N.V., Kurasova Y.D.\*, Mashkovtcev M.A., Obabkov N.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Chromium hydroxide powder was obtained by precipitation. The effect of pH deposition on the shape and size of chromium oxide powders was investigated.

Оксид хрома находит широкое применение в промышленности, в том числе для создания антифрикционных, коррозионностойких, теплозащитных покрытий [1]. Основным способом формирования таких покрытий является газотермическое напыление. К порошкам для создания покрытий предъявляются требования – узкофракционный размер частиц 20-60 мкм, текучесть, сферическая форма. Основным методом получения порошков является осаждение [2], поэтому важно исследовать влияние условий осаждения на свойства порошков оксида хрома.

Гидроксид хрома получали методом осаждения, для этого использовали раствор сульфата хрома и водный раствор аммиака. Осаждение вели путем одновременного дозирования кислого раствора хрома и водного раствора аммиака в общий объем реактора при постоянном значении pH. Затем полученную суспензию подвергали фильтрации и термической обработке при 80°C.

В таблице приведены результаты гранулометрического состава и оценка формы частиц по данным оптической микроскопии. В процессе осаждения при постоянном pH=7, наблюдался рост частиц от 17 до 25 мкм и широкое распределение частиц по размеру. Частицы образца, синтезируемого при pH=7,5, росли от 14 до 26 мкм, при этом дисперсия размеров находилась на уровне 1,21. Образец, осаждение которого вели при pH=8, имеет низкое значение дисперсии размеров, рост частиц проходил от 11 до 20 мкм. Образцы, осажденные при pH=7 и pH=8, после сушки разрушаются на мелкие частицы осколочной формы, при этом

дисперсия размеров значительно увеличивается. После сушки размер частиц образца, осажденного при  $\text{pH}=7,5$ , снижается незначительно, при этом дисперсия размеров сохраняется на том же уровне, что свидетельствует о том, что разрушения порошка не происходит. Сохраняется сферическая форма частиц. Можно предположить, что область  $\text{pH}$  около 7,5 является областью  $\text{pH}$  изоэлектрической точки, частицы имеют меньший заряд, что обуславливает их плотную коагуляцию в процессе осаждения, поэтому гидроксиды имеют правильную форму и не разрушаются во время сушки.

Результаты гранулометрического состава и оценка формы частиц

pH осаждения	После осаждения			Сушка 80С		
	D[4:3], мкм	Дисперсия размеров, мкм	Форма	D[4:3], мкм	Дисперсия размеров, мкм	Форма
7	25,4	1,61	Около-сферическая	13,9	2,59	Осколочная
7,5	25,7	1,21	Около-сферическая	20,8	1,22	Около-сферическая
8	20,0	1,25	Около-сферическая/осколочная	10,8	2,54	Осколочная

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

1. Jaswal V. S., Arora A. K., et al., Oriental Journal of Chemistry, 30, 559 (2014).
2. Zhenzhao Pei, Xianlong Zheng et al, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 16, 4658 (2016).

## ВЛИЯНИЕ АКТИВИРОВАНИЯ ПРИРОДНОГО АЛЮМОСИЛИКАТА НА ЕГО СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Кутергин А.С., Денисов Е.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург; Россия

E-mail: [a.s.kutergin@urfu.ru](mailto:a.s.kutergin@urfu.ru)

## EFFECT OF ACTIVATING NATURAL ALYUMOSILICATE ON ITS SORPTION PROPERTIES

Kutergin A.S., Denisov E.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the specificity and sorption capacity of experimental samples of granulated glauconite, obtained as a result of treatment with acids, alkali and potassium hexacyanoferrate, with respect to strontium and cesium were evaluated. Analysis of the sorption properties of the developed sorbents showed that they acquire enhanced sorption characteristics and can be effective for use as a component in radionuclide contamination water systems.

Актуальность исследований определяется возрастающим интересом к созданию новых экологически безопасных сорбентов из природных алюмосиликатов, пригодных для проведения реабилитационных мероприятий – очистки пресных вод, в том числе и питьевой, от радиоактивных загрязнений. Сдерживающим фактором широкого использования таких сорбентов, в частности – глауконита, является его подверженность в водных средах эффекту диспергирования. Для применения глауконита в процессе водоподготовки разработана технология гранулирования методом экструзии с различными связующими. У гранул глауконита были исследованы химическая и механическая стойкости, определены сорбционные характеристики. Результаты показали возможность использования гранулированного глауконита со связующим оксидом циркония (Гл-Гр-ZrO<sub>2</sub>) в качестве загрузки локальных очистных систем.

Для повышения сорбционных свойств полученных гранул глауконита использовали метод активации поверхности сорбента. Долговременное загрязнение водных систем в большей степени определяют радионуклиды цезия и стронция. Изменение сорбционных свойств гранулированного глауконита в результате его обработки кислотой и щелочью разных концентраций представлены в таблице.

Активирование сорбента 0.1М Н<sub>3</sub>Р<sub>4</sub> при температуре 80° в течение 3 часов повысило статическую обменную емкость (СОЕ) Гл-Гр-ZrO<sub>2</sub> по стронцию до 30 мг/г (СОЕ<sub>носителя</sub><sup>Sr</sup> = 3.9мг/г). Значение K<sub>d</sub><sup>Cs</sup> после обработки K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> достигло 7,2·10<sup>3</sup> мг/г. Величина СОЕ по цезию активированного K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> гранулированного глауконита составила не менее 60 мг/г (СОЕ<sub>носителя</sub><sup>Cs</sup> = 17.6мг/г).



Влияние предварительной обработки гранулированного глауконита (Гл-Гр-ZrO<sub>2</sub>)  
на значение коэффициента распределения

Активирующий раствор	Концентрация раствора	$K_d^{Sr} \times 10^{-2}$ , мг/г	$K_d^{Cs} \times 10^{-3}$ , мг/г
Кислота HCl	0,1 М	1.2 ± 0,1	1.6 ± 0,8
	0,5 М	1.6 ± 0.2	1.5 ± 0.6
	1 М	2.1 ± 1,3	1.8 ± 1,0
Щелочь NaOH	0,1 М	6.8 ± 1,4	1.7 ± 1,1
	0,5 М	4.1 ± 1.3	1.6 ± 0,6
	1 М	2.7 ± 0,9	1.9 ± 0,8
Носитель Гл-Гр-ZrO <sub>2</sub> без обработки		2.3 ± 0.8	2.8 ± 0.9

**Выводы:** Полученные результаты показывают положительное влияние обработки щелочью небольших концентраций и фосфорной кислотой на сорбционные свойства Гл-Гр-ZrO<sub>2</sub> по отношению к <sup>90</sup>Sr, а гексацианоферратом калия – к <sup>137</sup>Cs. Полученные результаты будут использованы при разработке новых модификаций сорбентов на основе природных алюмосиликатов, пригодных в качестве загрузки фильтров для очистки питьевой воды от радионуклидов и слабоактивных сточных вод.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ОСАДКОВ С БОЛЬШИМ СОДЕРЖАНИЕМ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В АППАРАТЕ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Хомяков А.П., Никулин В.А., Морданов С.В., Лавров А.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.s.lavrov@urfu.ru](mailto:a.s.lavrov@urfu.ru)

## MODELING THE PROCESSES OF MIXING OF SEDIMENTS WITH LARGE CONTENT OF SOLID PHASES IN THE MACHINE WITH DIFFERENT VARIANTS OF MIXING DEVICES

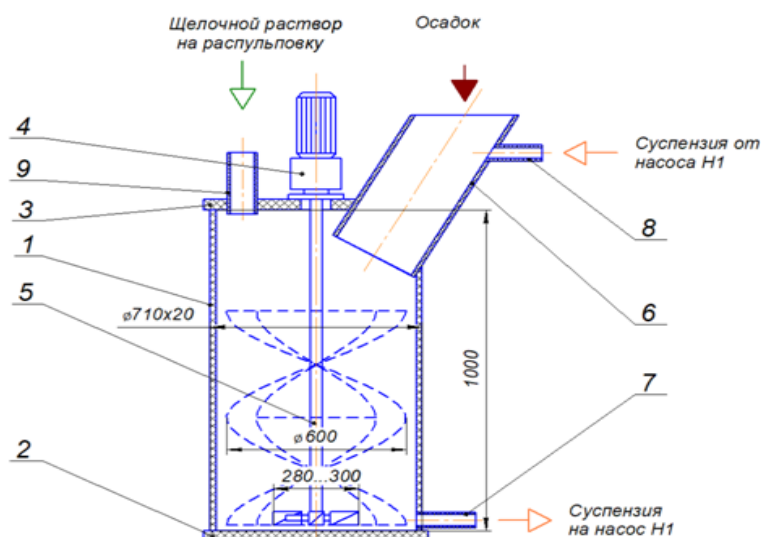
Khomyakov A.P., Mordanov S.V., Nikulin V.A., Lavrov A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Investigation of the processes of sludge mixing with a high content of solids, in the apparatus with various types of mixing devices.

В работе исследованы процессы перемешивания осадка с большим содержанием твердой фазы, в аппарате с различными вариантами перемешивающих устройств.

С помощью математической модели, основанной на уравнениях Навье-Стокса и модели псевдовязкости Гидаспова выполнены исследования процесса распульповки осадка с помощью открытой турбинной и ленточной мешалок. Расчеты проводились для аппарата объемом 350 л (рисунок 1).



1 – корпус; 2 – днище; 3 – крышка; 4 – привод механического перемешивающего устройства; 5 – механическое перемешивающее устройство; 6 – входной патрубок осадка; 7 – патрубок отвода суспензии; 8 – патрубок орошения входного патрубка; 9 – патрубок подвода щелочного раствора

Получены распределения объемной доли твердой фазы в начальный период распульповки и в установившемся режиме работы аппарата, для различных частот вращения вала мешалки; распределение скоростей течения суспензии в объеме аппарата

В результате исследования:

1. установлена работоспособность механических перемешивающих устройств обеих предложенных конструкций (турбинная и ленточная мешалки);
2. показано, что необходимое качество распульповки достигается: при использовании турбинной мешалке при частоте вращения вала 360 об/мин и более; при использовании ленточной мешалки – 60 об/мин и более;
3. показано, что установившееся распределение объемной доли твердой фазы достигается за 4÷6 минут перемешивания;
4. установлено, что мешалки обеих рассмотренных конструкций позволяют осуществлять распульповку осадка из завала;

## ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ В ASPEN PLUS

Лазебный И.П., Филиппов П.С., Рыжков А.Ф.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [anteymaster1@mail.ru](mailto:anteymaster1@mail.ru)

## VERIFICATION OF THE CCGT MODEL IN ASPEN PLUS

Lazebny I.P., Filippov P.S., Ryzhkov A.F.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

In this article, the CCGT cycle is modeled using the Aspen Plus program. Models are verified with relevant data from actual existing stations or reference data from the literature. This study is intended to pre-assess the accuracy of the Aspen Plus program as a tool for modeling in-station processes and further calculating it.

**Введение.** Мировая энергетика по-прежнему развивается. Вместе с этим технологии становятся более сложными, появляется необходимость в предварительном моделировании внутристанционных процессов. Для симуляции таких сложных процессов, используется программное обеспечение, такое как Aspen Plus, способное имитировать работу установок. Этот программный инструмент обладает обширным банком данных о свойствах большинства веществ, а также имеет в себе необходимые термодинамические модели.

Целью данной работы является верификация модели ПГУ с использованием программы Aspen Plus.

**Моделирование ПГУ.** Для построения схемы ПГУ в программе Aspen PLUS нам необходимы основные компоненты, а именно, КУ, ПТ, ГТ. Данные блоки, как и все дополнительные, берутся из базиса, заложенного в программу для построения. Для каждой входящей линии при построении мы задаем такие параметры, как температура, давление, расход. Для основных блоков по типу турбины, компрессора и так далее мы задаем параметры КПД оборудования, степень сжатия давления, степень расширения, ориентируясь на реальные показатели работающей станции.

Схема газотурбинной части изображена ниже на рисунке 1.

На рисунке можно увидеть все сопутствующие параметры для ПГУ, а именно температуру, расход, давление и другие. Данная схема является основой и все последующие подключения будут сравниваться с этой базовой установкой. Также стоит упомянуть, что программа Aspen Plus позволяет осуществить расчет времени окупаемости станции, стоимость электроэнергии и других эксплуатационных нужд.

**Анализ полученных данных.** На основе данных, полученных с реально работающей станции ТЭЦ “Академическая” произведено сравнение выходных параметров. Можно выделить, что отклонений в концентрации  $O_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$  и  $CO_2$ , на основании которых можно делать экологический анализ работы станции, практически не замечено. Содержание кислорода составляет 15,1% для ТЭЦ “Академическая” (при нормальных условиях работы на номинальной нагрузке зимой) и 14,7% при симуляции в Aspen Plus. Концентрации  $CH_4$  одинаково минимальны  $\approx 0,1\%$ . Аналогично и для  $CO$  и  $CO_2$ . Также нет никаких расхождений в мощности ГТ и ПТ. На несколько градусов отличается выходная температура после газовой турбины, что является следствием отсутствия нормального инструмента для осуществления конвективно-пленочного охлаждения лопаток ГТ в программе Aspen Plus.

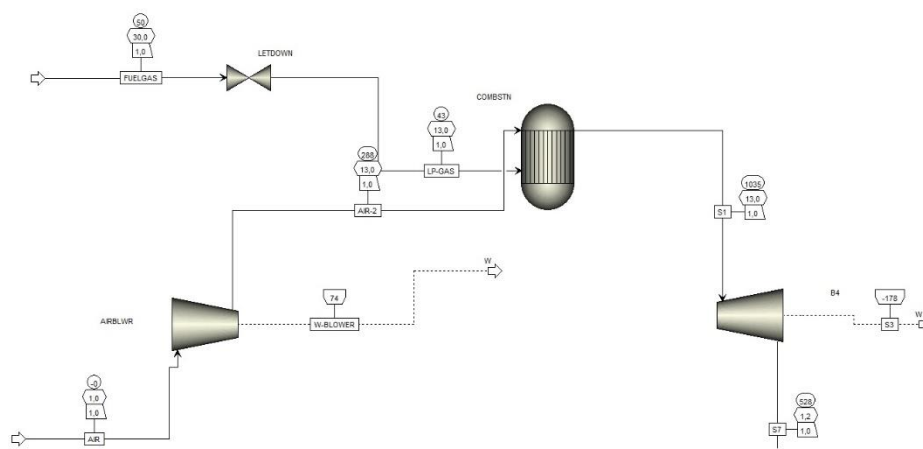


Рис. 1. Схема газовой части ПГУ в программе Aspen Plus

**Результаты исследования.** Осуществлено моделирование внутристанционных процессов в программе Aspen Plus. Установлено, что программа позволяет проводить математическое моделирование термодинамических процессов.

1. Korobov D., Untersuchung der Wirkungsgradpotentiale von IGCC Kraftwerkskonzepten. Freiburger Forschungsheft A876 Energie, Technische Universität Freiberg (2003).
2. Holt N., Mater. High Temp. 20, 1–6 (2003).
3. Higman C., Burt V.D.M., Gasification, Elsevier Science (2008).

## **ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С МОДИФИЦИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ**

Ленартович Л.А., Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Суворов Е.В.

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, РБ

E-mail: [liliya.popova@mail.ru](mailto:liliya.popova@mail.ru)

## **POLYMER COMPOSITES WITH MODIFYING ADDITIVES**

Lenartovich L.A., Kasperovich V.M., Petrushenia A.F., Syvorov E.V.

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

The article presents the influence of thermoelastoplasts of different chemical nature on the thermal aging of composites based on polypropylene matrix. It was estimated the thermal stability of polypropylene compositions by the way of determination of dynamics change of strength properties during thermal aging. Compositions with high thermal were determined.

В настоящее время актуальной задачей является создание материалов с заданными свойствами. Большие возможности для улучшения эксплуатационных свойств и модификации полимерных материалов дает комбинирование пластмасс и каучуков. Основной целью данной работы было изучение возможного стабилизирующего действия термоэластопластов, влияния природы и концентрации термоэластопластов на эффективность термостабилизирующего действия в составе полипропиленовых композиций. В качестве объектов исследования были использованы ПП 21030-16Н ГОСТ 26996-86, термоэластопласты: С-ЭБ-С (ТРЕcom 805.901.А30Р Natural, ТРЕcom 811.901.А65Р Black) и С-Б-С (ДСТ-30-01).

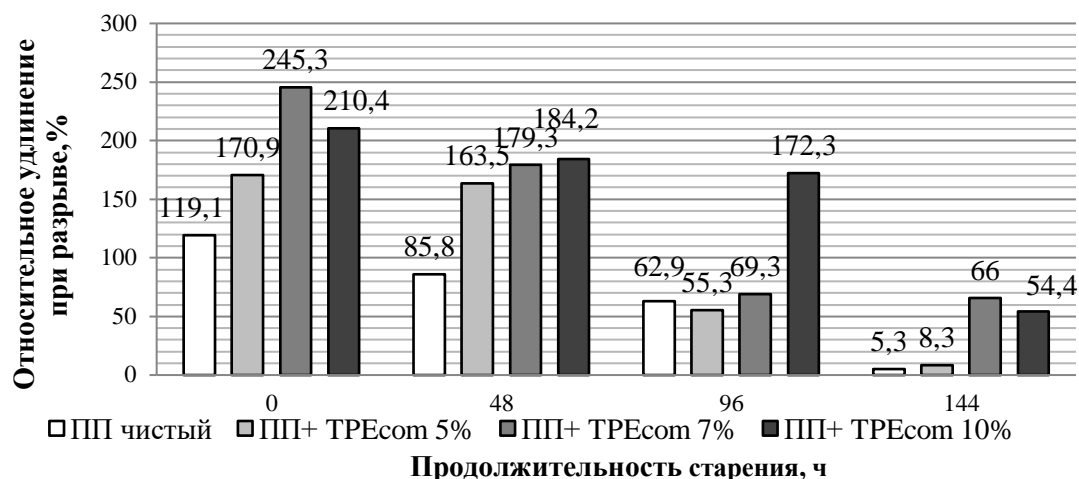


Рис.1. Изменение относительного удлинения при разрыве композиций ПП, содержащих ТРЕcom Natural в зависимости от продолжительности старения

На рисунке 1 представлены значения относительного удлинения при разрыве композиций ПП, содержащих ТЭП ТРЕcom Natural. Из рисунка видно, что при введении ТЭП наблюдается выраженный стабилизирующий эффект, так как потеря свойств чистого полипропилена в результате теплового старения в течение 144 ч составила 95,5%, а для композиций содержащих ТЭП в количествах 7 мас.% и 10 мас.% – 73% и 74% соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование ТРЕcom Natural, а также ТРЕcom Black оказывает стабилизирующее действие. Интенсивность протекания процессов деструкции для этих композиций ниже, чем для чистого ПП, о чем свидетельствует характер изменения деформационных свойств в результате теплового старения. Стабилизирующий эффект достигается, возможно, из-за того, что ТРЕcom Natural и ТРЕcom Black относятся к ТЭП типа С-ЭБ-С, которые характеризуются повышенной устойчивостью к деструкции, а также, как показывают исследования, могут оказывать стабилизирующее действие на полипропилен.

**LIQUID-LIQUID EQUILIBRIUM IN QUARTERNARY SYSTEMS  
ETHANOL – ETHYLPROPANOATE – CHOLINE CHLORIDE –  
GLYCEROL, PROPANOL – PROPYLPROPANOATE – CHOLINE  
CHLORIDE –GLYCEROL, BUTANOL – BUTYLPROPANOATE –  
CHOLINE CHLORIDE – GLYCEROL**

Liubichev D.A.<sup>\*</sup>, Samarov A.A.

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

\*E-mail: [dmitrylyubichev@gmail.com](mailto:dmitrylyubichev@gmail.com)

Development of chemistry nowadays gives the certain direction to decrease environmental impact of different compounds. That is why “green chemistry” principles are commonly described during recent years. One of the most popular idea in this area is searching for organic solvents’ substitutions because of its inherent toxicity and high volatility, which are reason of air emission of volatile organic substances. Abbot and co-workers in 2003 supposed deep eutectic solvents (DES) as next step of ionic liquids (ILs) [1]. Ionic liquids are salts with organic cation (as usual, pyridinium, imidazolium or phosphonium) and different anions. ILs’ low vapor pressure made possible using it instead of some organic solvents [2]. On the other hand, ILs cannot be summarized as non-toxic group of solvents, and DESs can be an appropriate alternative. DES is a eutectic mixture based on two components which have high melting point, where hydrogen-bonding interactions were observed. Investigators found different combinations of hydrogen-bond donors (HBDs) and acceptors (HBAs). Choline chloride-based mixtures in the form of HBAs with various HBDs are the most widely studied [3].

Herein DESs based on choline chloride in combination with glycerol were taken for separation azeotropic mixtures of three alcohols (ethanol, propanol, butanol) and corresponding propanoate systems. Tie-lines were obtained at temperatures 293.15 K and 313.15 K and atmospheric pressure. The compositions of coexisting organic and DES phases are determined by NMR-spectroscopy. The extraction performance was characterized with distribution coefficients and values of selectivity for used alcohols.

*This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 16-33-60128 mol\_a\_dk). The experimental work was facilitated by the equipment of Magnetic Resonance Research Centre at St. Petersburg State University.*

1. Abbott, A. P., Capper, G. et al., Chem. Commun. 70–71, (2003).
2. Tarasova N., Smetannikov I., Zanin A., Usp. Khimii, 76, 516-531 (2010).
3. Francisco, M., Van Den Bruinhorst, A., Kroon, M. C., Angew. Chem., Int. Ed., 52, 3074–3085 (2013).

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦИНКА ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

Лобанов Д.А.<sup>1\*</sup>, Шешуков О.Ю.<sup>1,2</sup>, Михеенков М.А.<sup>1</sup>,  
Некрасов И.В.<sup>1</sup>, Егиазарьян Д.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Email: [summerdanny@yandex.ru](mailto:summerdanny@yandex.ru)

## **PHYSICAL AND CHEMICAL FEATURES OF THE ZINC EXTRACTION FROM TECHNOGENIC FORMATIONS**

Lobanov D.A.<sup>1\*</sup>, Sheshukov O. Yu.<sup>1,2</sup>, Mikheenkov M.A.<sup>1</sup>,  
Nekrasov I.V.<sup>1</sup>, Egiazaryan D.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

In the present work, the physicochemical features of zinc extraction from technogenic formations in which zinc is presented in oxide and sulphide forms are considered. Thermodynamic features of the processes and possible ways to extract zinc sulphide are shown. This work also consider the ways of valuable commercial products obtaining from the roasting products.

В техногенных образованиях цинк встречается в оксидной и сульфидной формах. Извлечение оксида цинка из техногенных образований широко используется в промышленности. Извлечение сульфида цинка из техногенных образований затруднено и в настоящее время практически не применяется. Для успешного извлечения цинка из сульфидной формы необходим анализ физико-химических особенностей извлечения цинка из обеих форм и разработка технологии извлечения цинка из сульфидной формы, а также преобразования продуктов обжига в ценные товарные продукты. В настоящей работе рассмотрены физико-химические особенности его извлечения из техногенных образований, в которых цинк находится в оксидной и сульфидной формах. Показаны термодинамические особенности процессов и возможные пути извлечения сульфидного цинка. Рассмотрены вопросы преобразования продуктов обжига в ценные товарные продукты.

В итоговых результатах этой работы теоретические исследования показывают, что для удаления сульфида цинка из проб путем возгона, сульфид цинка следует преобразовать в оксид. Это возможно за счет введения в пробы карбонатов металлов. Результаты экспериментальных обжигов подтверждают теоретические выкладки. При увеличении температуры обжига сульфидный цинк



преобразуется в оксидную форму и возгоняется. Начало возгона цинка 1100 °С, завершение 1350 °С.

1. McClelland, J.M, Metius, G.E., JOM J. of the Minerals, Metals & Materials Society, 8, 30-34 (2003).
2. Naiyang Ma, Journal of Cleaner Production, 112, 4497-4504 (2016).
3. Li-Yuan Chaia, Yong Kea, et al., Separation and Purification Technology, 154, 76-81, (2015).
4. Селиванов Е. Н., Тюшняков С. Н., Панкратов А. А., *Металлург*, 3, 35-39 (2018).
5. Тюшняков С. Н., Селиванов Е. Н., Панкратов А. А., *Металлург*, 6, 8-13 (2018).
6. Nadirov R.K., Syzdykova L.I., et al., International Journal of Mineral Processing, 124, 145–149 (2013).

### **ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ИОНОВ СЕРЕБРА (I) СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАЛЛИЛАМИНОМ, СШИТЫМ ЭПИХЛОРОГИДРИНОМ**

Лопунова К.Я. \*, Алифханова Л.М.к., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [lopunova.97@mail.ru](mailto:lopunova.97@mail.ru)

### **INFLUENCE OF MEDIUM ACIDITY ON SELECTIVITY SORPTION OF SILVER (I) IONS OF SULFOETHYLATED POLYALLYLAMINE, CROSSLINKED BY EPICHLOROGIDRIN**

Lopunova K. Ya. \*, Alifkhanova L.M.k, Petrova Yu.S., Neudachina L.K.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this research influence of medium acidity on selectivity sorption silver (I) ions of N-(2-sulfoethyl) polyallylamine, cross-linked by epichlorogidrin, in the presence of alkaline earth ions and transition metals in dynamic conditions was studied. Selectivity coefficients  $K_{Ag(I)/Cu(II)}$  was determined for sorbent with degree of substitution equal to 0.5. It is shown that this material can be used for the selective extraction of silver (I) ions from various objects in dynamic conditions.

Сорбционные процессы на практике реализуются преимущественно в динамических условиях, отвечающих высокой экспрессности и эффективности разделения определяемых ионов. Перспективными материалами для этих целей являются комплексообразующие сорбенты на основе аминополимеров.

Объектом исследования является сульфоэтилированный полиаллиламин, сшитый эпихлоргидрином, со степенью модифицирования 0.5 (СЭПАА 0.5). Сорбент синтезирован в ИОС УрО РАН путем полимераналогичных превращений полиаллиламина под руководством к.х.н. А.В. Пестова. Ранее установлено,

что исследуемый сорбент селективно извлекает ионы серебра (I) из растворов сложного состава в присутствии ионов меди (II), кадмия (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II), кальция (II), магния (II), бария (II), стронция(II). Ионы меди (II) при этом оказывают наибольшее мешающее влияние.

В целях определения оптимальных условий для селективного извлечения серебра (I) в динамических условиях изучено влияние кислотности среды на его извлечение в присутствии ионов металлов из аммиачно-ацетатного буферного раствора. Динамику сорбции исследовали путем пропускания раствора ионов металлов с концентрацией  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> через концентрирующий патрон, содержащий 150 мг сорбента, со скоростью 2 см<sup>3</sup>/мин с последующей регенерацией сорбента 1 моль/дм<sup>3</sup> раствором азотной кислоты. Содержание ионов металлов в растворах до и после сорбции определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре iCAP 6500.

По полученным данным построены динамические выходные кривые сорбции ионов переходных и щелочноземельных металлов СЭПАА 0.5, рассчитаны значения динамической обменной емкости сорбента по меди (II) и серебру (I) при различных значениях pH (рис. 1.)

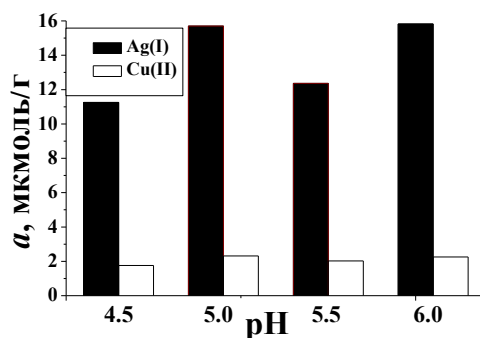


Рис. 1. Влияние кислотности раствора на извлечение серебра (I) и меди (II) СЭПАА 0.5 из аммиачно-ацетатного буферного раствора в динамических условиях

Для количественной характеристики сорбционных свойств СЭПАА 0.5 также рассчитаны коэффициенты селективности  $K_{Ag(I)/Cu(II)}$ . Установлено, что  $K_{Ag(I)/Cu(II)}$  принимают наибольшее значение, равное 4.12 при pH 4.5, при этом максимальное извлечение ионов серебра(I), равное 15.8 мкмоль/г достигается при pH 6.0 (рис. 1).

Таким образом, определены оптимальные условия для селективной сорбции серебра (I) СЭПАА 0.5 в динамических условиях, которые могут использоваться для разработки методики извлечения данного иона из различных объектов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006*

## СИНТЕЗ И СТРУКТУРА ЛИГАТУРНЫХ СПЛАВОВ «АЛЮМИНИЙ-ЦЕРИЙ»

Максимцев К.В.\*, Мухамадеев А.С., Крылосов А.В., Кузнецова Е.А.,  
Половов И.Б., Жилияков А.Ю., Чукин А.В., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [kmaxs-1995@mail.ru](mailto:kmaxs-1995@mail.ru)

## SYNTHESIS AND STRUCTURE OF ALUMINIUM- CERIUM MASTER- ALLOYS

Maksimtsev K.V.\*, Muhamadeev A.S., Krylosov A.V., Kuznetsova E.A.,  
Polovov I.B., Zhilyakov A.Yu., Chukin A.V., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The exchange reaction between aluminum metal and cerium fluoride is proposed for Al-Ce master alloy synthesis. Thermodynamic analysis of such reaction was performed. The structure and the chemical composition on the synthesized alloys with different cerium concentration were investigated. It was shown that Al and Al<sub>11</sub>Ce<sub>3</sub> are the main phases in the synthesized alloys.

В современной авиационной промышленности широко используются сплавы на основе алюминия. Для придания им высокой жаропрочности и прочности осуществляют модифицирование алюминия при помощи легирующих компонентов. Одним из вариантов их модифицирования является их легирование редкоземельными металлами (РЗМ). Однако прямое введение добавок РЗМ к авиационным сплавам связано с большими трудностями, вследствие чего более целесообразно использовать для этой цели лигатуры алюминий-РЗМ, в частности Al-Ce.

В настоящей работе для получения сплавов «церий - алюминий» предложено применять обменную реакцию между фторидом церия и металлическим алюминием в присутствии хлоридно-фторидного флюса. На основании проведенного термодинамического анализа и данных об активности в системе Al - Ce сделан вывод о возможности протекания данного процесса.

Используя найденные значения, нами сделан вывод, что уменьшение температуры реакции позволяет уменьшить значение энергии Гиббса процесса. Однако температура процесса должна превышать температуру плавления алюминия. Показано, что процесс сплавления возможно проводить в алундовых тиглях при инертной атмосфере (Ar) при температуре 750 °С в течении 8 часов. При этом получают компактные сплавы Al-Ce, легко отделяемые от флюса.

На основании данных сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии и рентгенофазового анализа сделан вывод о двухфазной структуре образующихся лигатур – они состоят из алюминиевой матрицы, в которую вкраплены цепочки интерметаллических соединений типа Al<sub>11</sub>Ce<sub>3</sub>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ РЗЭ ИЗ ФОСФОГИПСА

Малышев А.С.\*, Кириллов С.В., Кириллов Е.В., Буньков Г.М.,  
Боталов М.С., Смышляев Д.В., Рычков В.Н., Таукин А.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.s.malyshev@urfu.ru](mailto:a.s.malyshev@urfu.ru)

## THE STUDY OF REE LEACHING KINETICS FROM PHOSPHOGYPSUM

Malyshev A.S.\*, Kirillov S.V., Kirillov E.V., Bunkov G.M., Botalov M.S.,  
Smyshlyayev D.V., Rychkov V.N., Taukin A.O.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annually in the country millions of tons of phosphogypsum are sent to the dumps with a content of about 0.5% REE in the form of oxides. However, the known methods for extracting REE from phosphogypsum, involving its processing with various solutions have not been used in industry because of high costs for reagents, as well as high energy and labor costs in obtaining REE concentrates.

В мировой практике разложение апатита проводят в основном по сернокислотной схеме с получением экстракционной фосфорной кислоты. При этом основным отходом является фосфогипс (сульфат кальция, загрязненный примесями  $P_2O_5$ , F, Fe, Al, Sr, РЗЭ), в который переходит до 75% РЗЭ, содержащих в апатите. Ежегодно в России направляются в отвалы миллионы тонн фосфогипса (ФГ) с содержанием около 0,5% редкоземельных металлов (РЗМ) в виде оксидов [1].

Известно, что редкие земли при переработке апатита могут изоморфно замещать кальций в кристаллах гипса или присутствовать в виде отдельной фазы на основе сульфата стронция - этим и обусловлена большая сложность извлечения РЗМ [2]. При выщелачивании ФГ растворами минеральных кислот (серная, азотная) степень извлечения РЗЭ не превышала 20-40 % [3].

Для изучения кинетики выщелачивания РЗМ в жидкую фазу пульпы была проведена серия опытов с различной температурой выщелачивания при неизменной концентрации серной кислоты в растворе 10 г/дм<sup>3</sup>. (рис.1).

Раствор выщелачивания для всех опытов отфильтровывали. Фильтрат анализировали на содержание элементов с использованием масс-спектрометра NexION 350х.

По итогам проведенных опытов была рассчитана энергия активации  $E_a$  [4], равная 14,07 кДж/моль. Это говорит о внешнедиффузионном режиме кинетики выщелачивания редкоземельных элементов из фосфогипса.

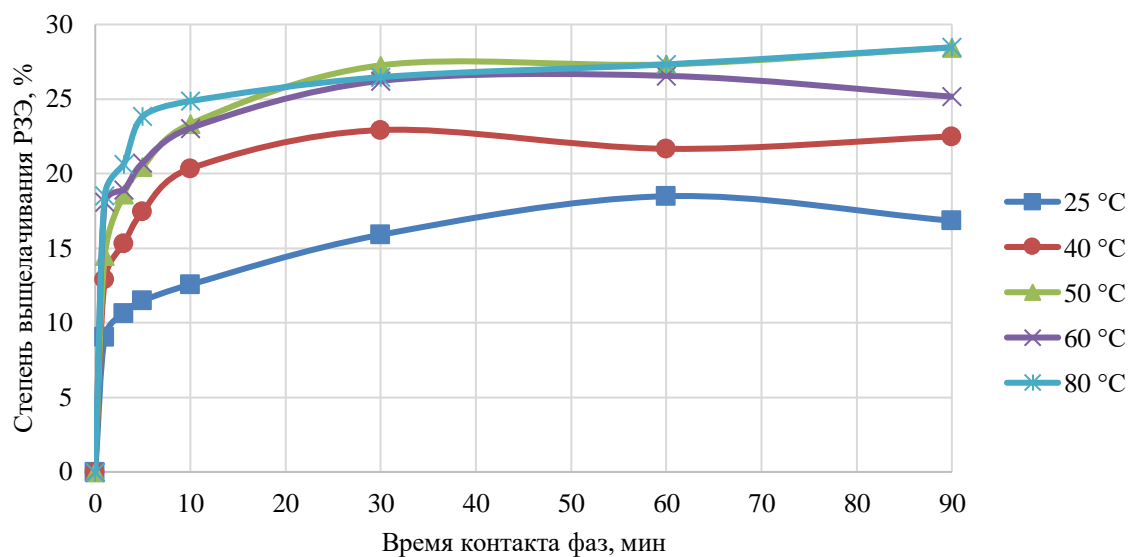


Рис. 1. Кинетические кривые выщелачивания РЗЭ из фосфогипса при различных температурах

1. Локшин Э.П., Лебедев В.Н., и др., Минеральное сырье, 7, 122-126 (2000).
2. Локшин Э.П., Вершков А.В., и др., Металлы, 5, 17-23 (2000). - №5. - С. 17-23
3. Локшин Э.П., Ивлев К.Г., и др., ЖПХ. 78, 11, 1796-1800 (2005).
4. Медведев А.С., Выщелачивание и способы его интенсификации, МИСиС (2005).

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СХЕМЫ ИДЕАЛЬНОГО РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА ДЛЯ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ**

Маркина М.А.\*, Александров О.Е., Краснолободцев А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mash.markina12@gmail.com](mailto:mash.markina12@gmail.com)

## **DESIGN AND CALCULATION OF THE SCHEME OF THE IDEAL SEPARATORY CASCADE FOR A THREE-COMPONENT MIXTURE**

Markina M. A.\*, Aleksandrov O.E. , Krasnoslobodtsev A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The report describes the development of an ideal cascade scheme for a three-component mixture. A symmetric countercurrent scheme is considered. The possibility of immiscible separation of a three-component mixture in it is justified. The main characteristics of the cascade are calculated: the distribution of flows and concentrations, similar to the theory of an ideal binary cascade.

В наши дни разделение изотопов занимает особое место в атомной энергетике, военной отрасли, а также в медицине, космической индустрии и других областях современного мира.

Исторически разделение осуществлялось для бинарных смесей, например, для атомной или военной отрасли достаточно обогатить уран по одному из его изотопов. Однако, у большинства химических элементов изотопов более двух и современные нужды требуют разделения смесей, состоящих из трех и более изотопов.

К сожалению, теория каскадов для разделения многокомпонентных смесей пока развита не достаточно. Развитие такой теории актуально и имеет большое практическое значение.

Цель данной работы - разработка схемы идеального каскада для трехкомпонентной смеси.

Для поиска оптимального практического решения была разработана схема идеального каскада для трехкомпонентной смеси – это схема соединения разделительных элементов, в которой выполняется условие несмещения потоков, т.е. в каждой точке такого каскада отсутствует смешение потоков с отличающимися концентрациями компонентов смеси, а значит, отсутствуют и потери работы разделения.

В работе рассмотрено решение следующих задач:

1. Обзор существующих теорий и подходов к построению многокомпонентных каскадов.
2. Выбор подходящей схемы каскада для разделения трехкомпонентной смеси.

3. Обоснование возможность реализации в ней не смешивающего разделения трехкомпонентной смеси.
4. Расчет основных характеристик такого каскада: распределение потоков и концентраций, аналогично теории идеального бинарного каскада.

Рассматривается разделительный элемент (РЭ) с питанием и тремя отборами. Соответственно, в каждом из этих потоков отбора идёт обеднение по двум другим компонентам смеси.

По аналогии с бинарным каскадом, несколько разделительных элементов, соединённых параллельно, образуют разделительную ступень.

Для многокомпонентной смеси в бинарном каскаде полное разделение принципиально невозможно. Все схемы разделения многокомпонентной смеси в бинарных каскадах требуют дополнительного отбора. Вследствие этого утверждаем, что при рассмотрении схемы идеального каскада для разделения многокомпонентных смесей важно помнить, что он должен иметь число отборов равное числу компонентов в разделяемой смеси.

Для расчета характеристик рассматривается схема симметричного противоточного каскада. Для такой схемы можно вывести уравнение для концентрации, а так же получить дифференциальное уравнение распределения концентраций. Полученное уравнение по виду аналогично уравнению, описывающему бинарное разделение.

Решено дифференциальное уравнение для трехкомпонентного разделительного каскада и получено распределение потоков и концентраций для идеального каскада.

1. Гадельшин В.М., Селезнёв В.Д., Александров О.Е. Сб. трудов VII Межд. науч.-тех. конф. «Автоматизация и прогрессивные технологии в атомной отрасли», 157-159 (2012).
2. Гадельшин В.М., Александров О.Е., Шульгин Б.В. Перспективные материалы, Специальный выпуск №14, 65-70 (2013).

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И  
РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО СГОРАНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ  
УСЛОВИЯХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ  
ПОКРЫТИЙ**

Жихарева И.Г., Шмидт В.В., Мартюк Д.Р.\*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*E-mail: [drmartyuk@gmail.com](mailto:drmartyuk@gmail.com)

**USING GALVANIC COATINGS TO IMPROVE OPERATIONAL  
CHARACTERISTICS AND RESOURCE FOR EXTERNAL COMBUSTION  
ENGINES IN ARCTIC CONDITIONS**

Zhikhareva I.G., Shmidt V.V., Martyuk D.R.

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia

The possibility of using a three-component galvanic coating of Fe-Ni-Cr alloy to drive vehicles, operating in conditions of low arctic temperatures, is shown.

Для освоения Арктических регионов используются транспортные средства с дизель-гидравлическими, дизель-генераторными приводами. К данным транспортным средствам предъявляется ряд требований: высокая надежность, широкий диапазон рабочих температур, давления, скорости ветра.

Большое количество научных работ посвящено изучению и повышению эксплуатационных характеристик двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Существенным недостатком ДВС является дороговизна, сложность конструкции и высокие требования к топливу. В качестве альтернативы можно использовать двигатели внешнего сгорания. К недостаткам данных машин относится низкий коэффициент полезного действия (КПД) - 9 процентов, что ниже КПД аналогичных по мощности ДВС. Машины в диапазоне мощностей 100-300 кВт были предметом наших исследований. Актуальность работы состоит в том, что предложены оптимальные условия использования трехкомпонентных гальванических покрытий в деталях двигателей внешнего сгорания. Цели исследования сводились к обоснованию применения гальванического трехкомпонентного покрытия сплавом Fe-Ni-Cr в двигателях внешнего сгорания эксплуатирующийся в условиях низких арктических температур с гибридной трансмиссией, модернизации данных двигателей для повышения КПД и экологичности. Задачи исследования заключались в следующем: использовать дешевое топливное сырье, сократить энергопотери, снизить себестоимость деталей паровой машины, увеличить межсервисный интервал всей установки. Показано, что при мощностях 100-300 кВт удельный расход тепла тепловой машины внешнего сгорания близок к расходу ДВС.



За счет использования гальванического трехкомпонентного покрытия сплавом Fe-Ni-Cr для привода транспортных средств были получены следующие преимущества исследования:

1. конструктивно значительно проще двигателя внутреннего сгорания; большая надёжность; ресурс составляет многие десятки тысяч часов непрерывной работы, что не свойственно другим типам двигателей; не теряет эффективности при понижении атмосферного давления;

2. согласно ГОСТ 33754-2016 «Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов автономного тягового и моторвагонного подвижного состава» за счет использования традиционного топлива (бензин, спирт и т.д.) в соотношении 30/70 с дешевыми энергоносителями (мазут, газ, уголь, дерево) уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу, тем самым повышается экологичность установки; ремонтпригодность;

3. за счет использования полнофункциональной добавки H-кислоты покрытие получается с механическими свойствами выше, чем у аналогичных покрытий без данной добавки, что обеспечивает большой межсервисный интервал; КПД не ниже 30%, при условии компенсации за счет использования дешевого топлива и внедрения рациональных режимов работы установки;

4. процесс нанесения гальванического покрытия сплавом Fe-Ni-Cr на детали дешевле аналогичным из керамики и композитов. Это позволяет добиться требуемых эксплуатационных характеристик, без значительных затрат. За счет добавок к электролиту осаждения получено наноструктурное покрытие сплавом Fe-Ni-Cr с размером частиц 10-50 нм с увеличенной микротвердостью (995 МПа.) и износостойкостью конечного продукта.

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ИТТРИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЕВРОПИЯ**

Машковцев М.А.<sup>1\*</sup>, Алешин Д.К., Гордеев Е.В., Кузнецова Ю.А.

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maxftf@yandex.ru](mailto:maxftf@yandex.ru)

## **SYNTHESIS AND LUMINESCENCE OF YTTRIUM OXIDE CERAMICS WITH A VARIABLE EUROPIUM CONTENT**

Mashkovtcev M.A.<sup>1\*</sup>, Aleshin D.K., Gordeev E.V., Kiriakov A.N.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, a study of yttrium oxide-based ceramics with a variable content of europium, obtained by the method of co-precipitation of layered hydroxonitrates at a constant pH of 7, followed by thermal decomposition was conducted. It was established that the addition of europium did not have a significant effect on the size and morphology of the powder particles, Europium was rather homogeneously distributed in the yttrium matrix over the whole concentration range. The maximum luminescence intensity was observed for samples with the content of europium oxide of 10 % molar.

Слоистые гидроксосоединения РЗЭ – перспективный класс неорганических соединений, широко используемый в последние время в качестве источника РЗЭ в наноразмерном состоянии для формирования тонких структурированных покрытий, обладающих улучшенными оптическими свойствами [1-2]. Важным вопросом при создании эффективных люминесцентных покрытий на основе подобных систем является выбор метода синтеза, обеспечивающего гомогенное распределение иона-активатора в матрице, а также определение порога концентрационного тушения [3]. Работа направлена на исследование процессов совместного осаждения ионов иттрия и европия в условиях постоянного значения pH и на определение оптимального количества европия с точки зрения интенсивности люминесценции оксидной керамики.

Образцы для исследования были синтезированы методом осаждения при постоянном значении pH равном 7 при использовании в качестве прекурсора общего раствора нитратов иттрия и европия и водного раствора аммиака в качестве основания. Концентрация европия в оксидной керамике варьировалась от 0 до 16 % мольных. После осаждения образцы фильтровали, сушили и подвергали обжигу при температуре 800<sup>0</sup>С. Далее из порошков путем холодного одноосного прессования формировали керамические заготовки. Размер частиц порошков определяли при помощи метода лазерной дифракции на приборе ANALYSETTE 22 NanoTec plus (FRITTSCH), морфологию частиц оценивали при помощи сканирующей микроскопии и энергодисперсионным рентгеновским спектральным анализом на микроскопе Carl Zeiss AURIGA CrossBeam, люминесценцию

керамических заготовок оценивали при помощи спектрометра LS-55 компании Perkin Elmer.

Показано, что добавка европия вплоть до 16 мольных процентов не оказывает существенного влияния на размер частиц полученных порошков. Морфология частиц также не претерпевает существенных изменений – все порошки представляют собой рыхлые агломераты с характерной формой «розы пустыни» с толщиной отдельных листов на уровне 10-20 нм. Энергодисперсионный рентгеновский спектральный анализ для всех образцов не выявил существенной неоднородности распределения оксида европия в матрице оксида иттрия. Зависимость интенсивности люминесценции от концентрации европия определяется условиями возбуждения: при внутрицентровом возбуждении (473 нм) и возбуждении в полосу зарядового переноса (260 нм) максимум интенсивности наблюдается при 10 % мольных, при возбуждении в зону (217 нм) наблюдается снижение интенсивности люминесценции с ростом концентрации европия. Дальнейшие исследования будут направлены на исследование люминесценции керамики при пониженных температурах с целью уточнения состава люминесцентных центров и механизма передачи энергии от матрицы к центрам люминесценции.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188).*

1. Q. Zhu, J.-G. Li, Ch. Zhi, X. Li, X. Sun, Y. Sakka, D. Golberg and Y. Bando, Chem. Mater., Volume 22, Pages 4204-4213 (2010).
2. F. Geng, Y. Matsushita, R. Ma, H. Xin, M. Tanaka, N. Iyi and T. Sasaki, Inorg. Chem., Volume 48, Pages 6724-6730, (2009).
3. A F Zatsepin, Yu A Kuznetsova, M A Mashkovtsev and V N Rychkov, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 292 (2018) 012047

**ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК ПОЛИВИНИЛБЕНЗИЛАЗИДА,  
ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ, НА  
ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛОУГЛЕРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ  
АДРЕСНОЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ БЕЛКОВ**

Медведева М.В., Свалова Т.С. \*, Малышева Н.Н., Козицина А.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [t.s.svalova@urfu.ru](mailto:t.s.svalova@urfu.ru)

**OBTAINING POLYVINYLILBENZYLASIDE FILMS, FUNCTIONALIZED  
BY COPPER NANOPARTICLES, ON THE SURFACE OF A GLASS-  
CARBON ELECTRODE FOR ADDRESS PROCESS IMMOBILIZATION**

Medvedeva M.V., Svalova T.S. \*, Malysheva N.N., Kozitsina A.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of the work was to obtain polyvinylbenzylazide films with copper nanoparticles on the electrode surface for the targeted immobilization of proteins by azide-alkyne cycloaddition. The results obtained make it possible to create a strong, stable film on the surface of the working electrode, and to use copper nanoparticles as catalysts in azide-alkyne cycloaddition reactions.

Электрохимические иммуносенсоры характеризуются простотой, надежностью, сравнительно невысокой стоимостью, возможностью достижения низких пределов обнаружения, простотой автоматизации и миниатюризации, небольшими операционными объемами, что особенно важно при работе с биологическими объектами. Ключевую роль в создании электрохимических иммуносенсоров играет способ иммобилизации антител на поверхности сенсора, существенно влияющий на чувствительность и точность детектирования.

Реакция медь-катализируемого азид-алкинового циклоприсоединения позволяет ковалентно иммобилизовать биорецептор на рабочей поверхности без применения токсичных реагентов, высоких температур, органических растворителей и высоких и низких значений pH, что особенно важно при работе с белковыми молекулами. Адресная функционализация сенсора посредством применения электрохимических методов исследования позволяет сделать важный шаг на пути к миниатюризации.

Целью работы являлось получение на поверхности электрода пленок поливинилбензилазида с включенными наночастицами меди для адресной иммобилизации белков посредством азид-алкинового циклоприсоединения.

Пленки поливинилбензилазида получали путем электрополимеризации соответствующего мономера [1]. В формирующуюся на стеклоуглеродном электроде пленку *in situ* включали синтезированные по известным методикам [2, 3,4] наночастицы меди. Формирование пленок и электрохимическое окисление наночастиц меди контролировали методом циклической вольтамперометрии и

спектроскопии электрохимического импеданса на анализаторе Autolab Type III в присутствии медиаторной системы  $K_4[Fe(CN)_6]/K_3[Fe(CN)_6]$ .

В ходе работы по нескольким методикам получены наночастицы меди, синтезирован мономер винилбензилазида, выбраны рабочие условия электрополимеризации, включения наночастиц меди в растущую пленку полимера и последующего окисления их с поверхности модифицированного стеклоуглеродного электрода. Полученные результаты позволяют судить о формировании на поверхности рабочего электрода прочной, стабильной пленки поливинилбензилазида функционализированной наночастицами меди, а также о возможности применения данных наночастиц в качестве катализаторов в реакциях азид-алкинового циклоприсоединения.

1. Lebrun C., Deniau G., et al., Surface and coating Technology, 112, 474-479 (1998).
2. Sarkar A., Mukherjee T., et al., J. Phys. Chem., 112, 3334 – 3340 (2008).
3. Zhang Q.-L., Yang Z.-M., et al., Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 20, 1, 240-244 (2010).
4. Сайкова, С.В., Воробьев, С.А., и др., Журнал Федерального Сибирского университета. Серия «Химия», 1, 5, 61-71 (2012).

## АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЕЙ

Михайлова А.Е.\*, Таранова Л.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*E-mail: [nastenka08@mail.ru](mailto:nastenka08@mail.ru)

## ASPECTS OF ENERGY SAVING IN OIL AND GAS AND CHEMICAL INDUSTRIES

Mikhailova A.E.\* , Taranova L.V.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

The article discusses aspects aimed at energy saving and increasing the energy efficiency of industrial production based on the analysis of energy flows.

Вопросы энерго- и ресурсосбережения сохраняют свою актуальность даже для экономически развитых стран, выход которых из очередного энергетического или ресурсного кризиса, как правило, сопровождается переходом на более высокий энерго- и ресурсосберегающий технологический уровень предприятий топливно-энергетического комплекса в целом и объектов подготовки и переработки нефти и газа, в частности.

Подход к энергосбережению включает анализ существующих или проектируемых систем, разработку тепловых схем на его основе, оптимизацию параметров,

интенсификацию процессов и освоение или разработку новых типов аппаратуры. Для процессов химической технологии особенно важным является учет особенностей технологического процесса [1].

В данной работе рассмотрены аспекты энергосбережения и энергетической эффективности в нефтегазовой отрасли. В частности, выполнен анализ установки подготовки нефти с позиций снижения энергозатрат на реализацию процессов, минимизации потерь тепла и рациональное использование имеющихся энергоресурсов.

При анализе потоков установки подготовки нефти, выявлено сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) на стадии сепарации более 30 % от общей добычи на факеле высокого давления и 100 % на факеле низкого давления.

Данные объемы газа целесообразно направить на газотурбинную электростанцию (ГТЭС) для выработки электроэнергии, что повысит уровень утилизации ПНГ, расход на технологические нужды и обеспечит потребление электроэнергии.

Для подачи газа низкого давления совместно с газом высокого давления, необходимо предусмотреть винтовой компрессорный агрегат мощностью не менее 410 кВт.

Проведение такого рода мероприятий диктуется не только необходимостью экономии энергетических ресурсов, но и важностью учета вопросов охраны окружающей среды при решении энергетических проблем. Сжигание попутного нефтяного газа сопровождается выбросом в атмосферу больших объемов вредных веществ, что влечет за собой ухудшение состояния окружающей среды, уничтожение невозобновляемых природных ресурсов, развивает негативные общепланетарные процессы, которые крайне отрицательно влияют на климат и человека.

Анализ в области энергосбережения и энергоэффективности относится к сложным видам анализов из-за большого количества факторов влияющих на производство.

1. Гулбрандсен Т.Х., Падалко Л.П., Червинский В.Л., Энергоэффективность и энергетический менеджмент, БГАТУ (2010).

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ УРАНА В МЕТОДИКЕ АЛЬФА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УРАНА

Михалёв С.В., Семенищев В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

## THE STUDY OF URANIUM ELECTRODEPOSITION IN THE METHOD OF ALPHA SPECTROMETRIC ANALYSIS OF URANIUM ISOTOPIC RATIO

Mikhalev S.V., Semenishchev V.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work focuses on the study of uranium electrodeposition in the method of alpha spectrometric analysis of uranium isotopic ratio. It was determined that the volume of electrolyte weakly affects the degree of uranium deposition. Optimal time of uranium electrodeposition onto a stainless steel disk was found to be 30 – 40 minutes.

Природный уран содержит три изотопа –  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ , соотношение между которыми может варьироваться в зависимости от месторождения и способа добычи урана. Согласно требованиям стандарта ASTM C 967-13, определение изотопного состава является обязательным для добываемой урановой продукции. В настоящее время для определения изотопного состава используются методы масс-спектрометрии и альфа-спектрометрии. В случае использования альфа-спектрометрии наиболее существенным параметром является толщина получаемого измерительного источника, т.к. альфа-частицы имеют очень малый пробег в веществе. Для получения достаточно тонких альфа-спектрометрических источников, как правило, используются такие методы как соосаждение урана (IV) с микроколичествами фторида церия или фторида лантана, а также электроосаждение урана на полированный стальной диск.

В данной работе был изучен процесс электроосаждения урана на полированный стальной диск с целью определения времени достижения максимального значения осаждения урана, а также влияния объема электролита на степень извлечения урана из раствора.

Для изучения данных вопросов были проведены три опыта, в которых заранее рассчитанное количество урана в виде соединения нитрата уранила  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  было подготовлено для электролиза и проведено три опыта, в которых объем электролита изменялся с 20 до 30 мл, в то время как время процесса электролиза оставалось неизменным, равное 60 минутам.

Последовательно отбирались пробы в определенные промежутки времени: 0 до 60 мин. с интервалом в 5 минут, после чего данные пробы анализировались методом масс-спектрометрии на содержание урана в каждой из проб. По полученным данным были построены кривые степени извлечения урана из раствора в зависимости от времени и объема электролита (рис. 1.)

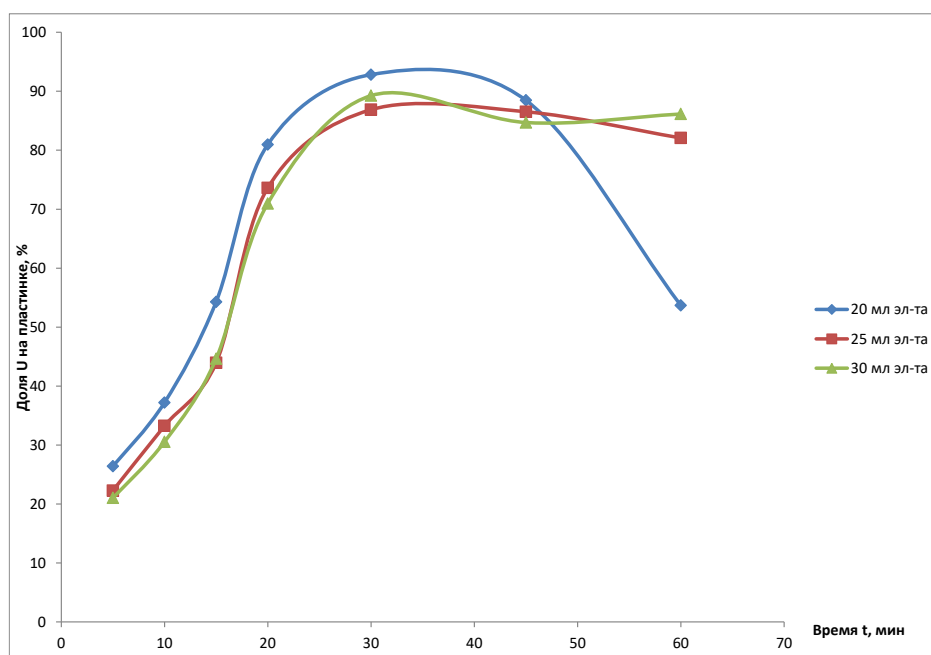


Рис. 1. Степень извлечения урана из раствора в зависимости от объема электролита

Согласно полученным данным, максимальная степень осаждения урана из раствора (85 – 95%) на стальной диск достигается за 30 – 40 минут электролиза, дальнейшие колебания значений связаны с процессом испарения жидкости в ходе электролиза. В случае использования 20 мл электролита наблюдается наибольшая степень извлечения урана из ПР в сравнении с другими объемами, взятыми на анализ.

Таким образом, было показано, что оптимальное время электроосаждения урана составляет 30 – 40 минут, а степень осаждения слабо зависит от объема электролита.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Митюшова Ю.А.\* , Ющенко А.К., Султанова Д.Т., Рождественская А.,  
Хорошавцева Н.В, Денисова Э.И., Карташов В.В., Шак А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mityushova\\_yulia@mail.ru](mailto:mityushova_yulia@mail.ru)

## CHARACTERIZATION OF CERAMIC SAMPLES

Mityushova Y.A., Yushchenko A.K., Sultanova D.T, Rozhdestvenskaya A.V.,  
Khoroshavtseva N.V., Denisova E.I., Kartashov V.V., Shak A.V.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

The microhardness and density of sintered ceramic samples of zirconium dioxide were determined depending on the type and amount of stabilizing additive. The sample ( $ZrO_2 - 1 \text{ mol. \% } Y_2 O_3 - 8 \text{ mol. \% } Sc_2 O_3$ ) turned out to be the most solid and dense.

Определили микротвердость и плотность спеченных керамических образцов из диоксида циркония в зависимости от вида и количества стабилизирующей добавки (табл. 1).

Исследуемые образцы с различным количеством стабилизирующей добавки ( $Y_2 O_3$  и  $Sc_2 O_3$ ) изготавливали из порошков диоксида циркония, полученного методом химического соосаждения с дополнительным криогранулированием. После сушки ( $105 \pm 5$  °С) и прокаливания (800 °С) из порошков отсеивали фракцию <40 мкм и прессовали таблетки. Усилие прессования составляло 2,5 тонны. Таблетки спекали в режиме: нагрев со скоростью 100–200 °С/час, выдержка при 1650 °С в течение 4 часов и охлаждение со скоростью нагрева.

Методом гидростатического взвешивания определяли плотность таблеток. Для сравнения в качестве вспомогательной жидкости использовали этиловый спирт и дистиллированную воду.

Для определения микротвердости таблетки заливали в электропроводящую акриловую смолу. Микротвердость по Виккерсу определяли на приборе ПМТ-3М путем вдавливания алмазной четырехгранной пирамидки в поверхность исследуемого материала.

Под микроскопом определили размеры диагоналей отпечатков индентора и рассчитывали микротвердость.

Как показали результаты, добавка 8 мол. %  $Sc_2 O_3$  в большей степени приводит к увеличению плотности и микротвердости твердого раствора  $ZrO_2$  по сравнению с добавкой 8 мол. %  $Y_2 O_3$ . Увеличение количества  $Sc_2 O_3$  от 4 до 8 мол. % также приводит к росту плотности и микротвердости. В тоже время увеличение содержания  $Y_2 O_3$  снижает микротвердость и плотность. При совместном введении добавок наиболее твердым и плотным оказался образец № 4. Его состав

( $ZrO_2$ –1 мол.%  $Y_2 O_3$ –8 мол.%  $Sc_2O_3$ ) является предпочтительным для использования в твердооксидных топливных элементах, где одним из прочих требований к материалу электролита для обеспечения газонепроницаемости является в том числе и высокая плотность.

Плотность и микротвердость спеченных таблеток

№ образца	Состав образца	Микротвердость, ГПа	Плотность, г/см <sup>3</sup>
1	$ZrO_2$ – 8 мол. % $Y_2 O_3$	9,14	5,15
2	$ZrO_2$ – 8 мол. % $Sc_2O_3$	12,86	5,28
3	$ZrO_2$ – 4 мол. % $Y_2 O_3$ – 4 мол. % $Sc_2O_3$	10,77	5,22
4	$ZrO_2$ – 1 мол. % $Y_2 O_3$ – 8 мол. % $Sc_2O_3$	14,17	5,39

## ПЕРЕРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН И ПОКРЫШЕК

Майорова О.О.<sup>1\*</sup>, Мозырев А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [majorovaoo@tyuiu.ru](mailto:majorovaoo@tyuiu.ru)

## AUTOMOBILE TIRES REPROCESSING

Maiorova O.O.<sup>1\*</sup>, Mozyrev A.G.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

The work is devoted to the processing of automobile tires and tires by the method of pyrolysis. By pyrolysis, fuel was obtained with an initial boiling point of 49°C, an end of boiling point of 332°C. Physical and chemical properties were studied: pour point: - 50°C, flash point in a closed crucible: - 7°C, density at 20°C: 915 kg / cm<sup>3</sup>, viscosity: 0.0043 mm<sup>2</sup>/c. The resulting fuel fraction 85-180°C is further proposed for use as a component for producing high-octane gasoline, and the resulting residue is recommended to be sent to a coke production plant.

Во всем мире, в том числе и в России, существует проблема утилизации автомобильных шин и покрышек. Свалки шин загромождены ими, занимая большие площади, что, несомненно, влияет на окружающую среду. В связи с этим необходимо вести их переработку.

Существует несколько способов утилизации и переработки, а именно: механическая обработка, сжигание шин и пиролиз. В первом случае механическая обработка служит для получения регенерата или крошки, которая в свою очередь используется для получения промышленных товаров. Сжигание шин приводит к загрязнению окружающей среды т.к. многие вредные вещества не распадаются, а попадают в атмосферу [1,2]. Пиролизом является термическое разложение

органических соединений при отсутствии кислорода. Метод пиролиза является более щадящим в отличие от остальных методов т.к. сырье не только перерабатывается, но из него получается новое сырье [2]. В связи с этим была поставлена цель работы получить высокооктановый компонент для получения бензина с высоким октановым числом.

В качестве изучаемого продукта использовалось сырье, полученное путем пиролиза автомобильных шин и покрышек. В ходе работы были выполнены и изучены основные физико-химические показатели, проведен хроматографический анализ. Перед хроматографией сырье подверглось разделению на фракции на полуавтоматической установке по разгоне сырой нефти по ASTM 2892: н.к. - 85°C, 85-180°C, 180 - к.к. Результаты приведены в таблице 1.

В результате полученных данных можно сделать вывод, что фракция н.к. - 85°C – не подходит как компонент бензиновой фракции из – за низкой детонационной стойкости (ОЧ 74), фракция 85-180°C - подходит как компонент для получения высокооктанового бензина (ОЧ 103), остальное сырье может послужить для дальнейшей переработки на установке получения кокса.

Физико-химические показатели топлива, полученного путем пиролиза шин и покрышек

Физико-химические показатели					Хроматографический анализ		
Фракционный состав, °С		ρ, кг/см <sup>3</sup>	ν, мм <sup>2</sup> /с	t <sub>в.з.</sub> , °С	t <sub>з.</sub> , °С	Октановое число (ОЧ)	
t <sub>н.к.</sub>	t <sub>к.к.</sub>					ОЧИМ	ОЧММ
49	332	915	0,0043	-7	-50	103	99

1. Шулдякова К. А., Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека, Молодой ученый, С. 472-477 (2016).
2. Вольфсон С.И., Фафурина Е.А., Фафурин А.В., Методы утилизации шин и резинотехнических изделий, Вестник Казанского технологического университета, С. 74-79 (2011).

## **КИНЕТИКА СОРБЦИИ СКАНДИЯ И ПРИМЕСЕЙ ФОСФОРНОКИСЛЫМ КАТИОНИТОМ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ИЗ ГИДРОЛИЗНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ**

Наливайко К.А. \*, Титова С.М., Кириллов Е.В., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [k.a.nalivaiko@urfu.ru](mailto:k.a.nalivaiko@urfu.ru)

## **KINETIC OF SORPTION OF SCANDIUM AND IMPURITIES FROM HYDROLISIS SULFURIC ACID BY PHOSPHORICACID CATION- EXCHANGER**

Nalivaiko K.A. \*, Titova S.M., Kirillov. E. V., Scripchenko S.Yu., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The kinetic of sorption of scandium and impurities from the hydrolysis sulfuric acid by using cation-exchanger Purolite D5041 was investigated. It was determined that the limiting stage of sorption of scandium, thorium and zirconium was internal diffusion, and the sorption of titanium aluminum and iron was carrying out in a mixed-diffusion mode.

Гидролизная кислота (ГК) является отходом производства диоксида титана, образуется после фильтрации метатитановой кислоты в результате чего содержит 20-25 % серной кислоты. Наряду с этим ГК содержит такие компоненты как Sc, Zr, Th, Ti, Al, Fe. Одним из наиболее ценных компонентов является скандий, который нашел широкое применение благодаря своим уникальным свойствам.

В следствие того, что скандий не образует собственных минералов, извлечение его из промышленных отходов является актуальной задачей. В связи с тем, что содержание скандия в ГК невелико, и составляет около 20 мг/дм<sup>3</sup> на фоне макроконцентраций железа, алюминия и титана, его извлечение стало возможным с развитием таких гидрометаллургических методов как экстракция и ионный обмен.

Извлечение скандия методом ионного обмена возможно с использованием полимерных смол, содержащих фосфоновые функциональные группы. Изучение кинетики является неотъемлемой частью при исследовании процесса ионного обмена, так как полученные выводы об особенностях кинетики необходимы при проектировании сорбционных установок.

Данная работа посвящена исследованию кинетики сорбции скандия при извлечении из ГК.

Для исследования был выбран фосфорнокислый катионит марки Purolite D5041. Состав исходного раствора, г/дм<sup>3</sup>: Sc – 0.02, Zr – 0.03, Th – 0.02, Al – 1.1, Ti – 2.1, Fe – 33.3, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 250.

На первом этапе эксперимент проводили методом ограниченного объема для получения кинетических кривых, характеризующих зависимость количества вещества в объеме сорбента от времени. Далее полученные зависимости

обрабатывали по уравнению пленочной и гелевой кинетики. По результатам математической обработки можно сделать следующие выводы: сорбция Sc, Th и Zr на катионите Purolite D5041 осуществляется во внутридиффузионном режиме, в то время как, для остальных элементов характерен внешнедиффузионный тип кинетики. Для Sc, Th и Zr также рассчитали коэффициенты диффузии, которые составили  $1,09 \cdot 10^{-11}$ ,  $3,48 \cdot 10^{-11}$  и  $5,23 \cdot 10^{-11}$  соответственно.

Для подтверждения выводов также провели эксперимент методом прерывания, который как известно, дает надежные сведения о типе кинетики. Эксперимент вели в динамическом режиме, время прерывания составило 24 часа. Выходные кривые сорбции скандия и примесей приведены на рисунке 1.

После прерывания наблюдается снижение концентрации всех элементов в фильтрате, что свидетельствует об увеличении скорости сорбции и указывает на внутридиффузионный режим процесса.

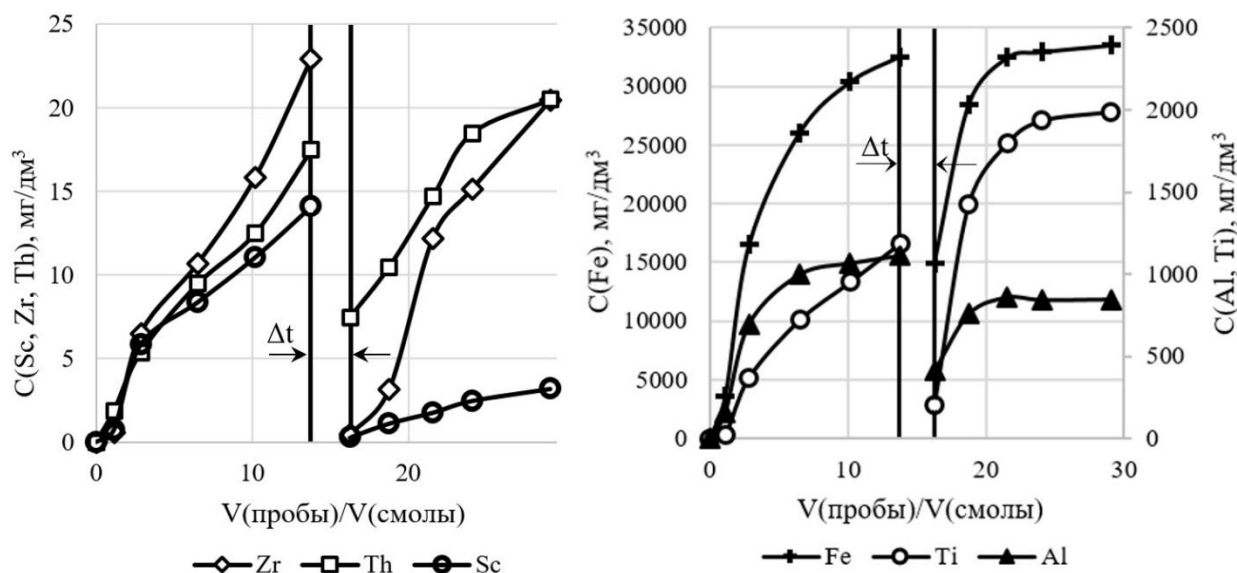


Рис. 1 Выходные кривые сорбции скандия и примесей из ГК катионитом Purolite D5041 ( $\Delta t$  – время прерывания 24 часа)

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов можно предположить, что литимирующей стадией сорбции Sc, Th и Zr фосфорнокислым катионитом Purolite D5041 из ГК является внутренняя диффузия, тогда как сорбция, Ti, Al и Fe протекает в смешанно-диффузионном режиме.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ НА НАСЫПНУЮ ПЛОТНОСТЬ КОНЦЕНТРАТОВ УРАНА

Наливайко К.А.<sup>\*</sup>, Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [k.a.nalivaiko@urfu.ru](mailto:k.a.nalivaiko@urfu.ru)

## EFFECT OF PRECIPITATION PROCESS TEMPERATURE ON THE BULK DENSITY OF URANIUM CONCENTRATES

Nalivaiko K.A.<sup>\*</sup>, Titova S.M., Scripchenko S.Yu., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The process of precipitation of uranium by ammonia from nitrate-sulfate pregnant solutions was investigated. The influence of the temperature of the precipitation process on the granulometric composition and bulk density of uranium concentrates was studied. The growth of suspension particles and dry concentrate particles was observed with increasing temperature for all pH values. As a result, the bulk density of concentrates decreases.

Концентрат природного урана является конечным продуктом в технологическом цикле уранодобывающих заводов. К готовому продукту предъявляются особые требования по содержанию примесей. При осаждении урана аммиаком из нитратно-сульфатных десорбатов с целью снижения содержания серы в конечном продукте было предложено увеличить pH осаждения. Однако это привело к уменьшению насыпной плотности концентрата, вследствие чего возможно увеличение затрат на транспортировку готового продукта до аффинажного завода.

Известно, что насыпная плотность порошков определяется гранулометрическим составом и формой частиц. Следовательно, изменяя гранулометрический состав посредством варьирования технологических параметров осаждения, можно добиться необходимых значений насыпной плотности.

Целью данной работы было определение влияния температуры процесса осаждения на насыпную плотность концентратов урана.

Исходный раствор для осаждения был получен десорбцией урана из фазы насыщенного ионита раствором нитрата аммония и серной кислоты и содержит, г/дм<sup>3</sup>: 15 – 18 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 80 – 85 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; 20 – 25 U.

Осаждение вели 25% раствором аммиака методом одновременного сливания реагентов при варьировании pH от 6,5 до 8,0 и постоянном перемешивании с интенсивностью 200 об/мин. Время дозирования составило один час. Температуру процесса варьировали от 21 – 80 °С. Полученную суспензию промывали, фильтровали и сушили в течении 3 часов при температуре 120 °С. Для полученных концентратов определяли гранулометрический состав и насыпную плотность после утряски.

Для pH 6,5 – 7,0 при возрастании температуры наблюдается увеличение среднего диаметра частиц суспензии и сухих концентратов, так как при нагревании в

процессе созревания осадка крупные кристаллы, вследствие увеличения растворимости, растут за счет более мелких частиц. В результате чего значения насыпной плотности снижаются.

Для рН 7,5 – 8,0 с ростом температуры осаждения также наблюдается увеличение среднего диаметра частиц суспензии и концентратов. Однако, это происходит за счет коагуляции коллоидных частиц и увеличения пористости полученных агрегатов, что также приводит к снижению значений насыпной плотности порошков. При данных значениях рН частицы суспензии более не являются частично растворимыми, поэтому рост за счет растворения более мелких частиц невозможен.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРИ ОСАЖДЕНИИ ПОЛИУРАНАТА АММОНИЯ**

Хомяков А.П., Морданов С.В., Наськина Д.Р.<sup>\*</sup>, Хомякова Т.В., Ахтямова Р.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dilay1909@mail.ru](mailto:dilay1909@mail.ru)

### **MIXING HYDRODYNAMICS RESEARCH DURING THE AMMONIUM POLYURANATE DEPOSITION**

Khomyakov A.P., Mordanov S.V., Naskina D.R., Khomyakova T.V., Ahtyamova R.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Hydrodynamics numerical simulation in the apparatus for the ammonium polyuranate precipitation was performed. It was found that the speeds distribution and the process media residence time in the apparatus volume has significant inhomogeneity.

Осаждение полиураната аммония осуществляется в каскаде, состоящем из трех последовательно соединенных емкостных аппаратов диаметром 1200 мм и высотой цилиндрической части 3500 мм каждый. Частота вращения мешалок 750 об/мин.

Выполнено численное моделирование гидродинамики перемешивания при осаждении полиураната аммония. Использовали уравнение Навье-Стокса в классической постановке и  $k-\varepsilon$ -модель турбулентности Лаундера и Спалдинга [1,2].

Получены распределения скоростей технологических сред в объеме аппарата для двух режимов работы мешалки: с формированием нисходящих и восходящих потоков, а также распределение времени пребывания частиц в объеме аппарата (таблица).

## Сравнительные показатели режимов перемешивания.

Режим работы мешалки	Скорость течения, м/с			Время пребывания, с			Путь, м		
	Мин.	Сред.	Макс.	Мин.	Сред.	Макс.	Мин.	Сред.	Макс.
Формирование нисходящих потоков	0	0,64	6,4	20	90	170	5	17	40
Формирование восходящих потоков	0	0,68	6,9	25	165	276	15	51	85

Установлено, что распределение скоростей и времени пребывания технологических сред в объеме аппарата обладают существенными неоднородностями для рассмотренных режимов, что негативно сказывается на качестве проведения технологического процесса. Необходима оптимизация конструкции и режимов работы перемешивающего устройства.

1. Авраменко М.И., О  $k-\epsilon$  модели турбулентности, РФЯЦ – ВНИИТФ (2010).
2. Илюшин Б.Б., Процессы переноса в турбулентных течениях: курс лекций (2009).
3. Wilcox D.C., Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries (2006).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРОВОЗДУШНОЙ КОНВЕРСИИ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Никитин А.Д.\*, Рыжков А.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nikitin.a.d@yandex.ru](mailto:nikitin.a.d@yandex.ru)

## A STUDY OF AIR-STEAM CHARCOAL CONVERSION BY THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS

Nikitin A.D.\*, Ryzhkov A.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The thermogravimetric analysis was used to study the conversion of charcoal in flow of air, steam, and air-steam mixture at 800 °C. The composition of the conversion products was obtained using a mass-spectrometer. For individual particles ranging in size from 3 to 18 mm, the conversion rate in an air-steam mixture is higher than in air. For a bed of 0-200  $\mu\text{m}$  particles, the addition of steam to the air blast causes a reduction in the conversion rate.

Добавка водяного пара в воздушное или кислородное дутье при сжигании топлива является одним из способов повышения скорости конверсии. При температурах до 1200°C реакция углерода топлива с кислородом вследствие высокой скорости химического взаимодействия протекает на поверхности частиц топлива



по модели стягивающегося ядра, тогда как реакция углерода топлива с водяным паром проходит по объему частицы по причине более низкой скорости химического реагирования по сравнению со скоростью диффузии пара внутрь частицы. В результате коксозольный остаток имеет высокую пористость и представляет собой сорбент – активированный уголь. Применение коксозольного остатка в качестве сорбента превращает недожог твердого топлива из проблемы в полезный эффект. Однако для выбора оптимальных режимов энерготехнологии с получением тепловой энергии и сорбента в результате паровоздушной конверсии требуются дополнительные исследования.

В данной работе проведено сравнение скорости конверсии древесного угля в смеси пар-воздух с конверсией в чистом воздухе и чистом паре. Исследования проводились на приборе термогравиметрического анализа NETZSCH STA 449F3, совмещенном с квадрупольным масс-спектрометром QMS 403C Aeolos. Эксперименты осуществлялись в изотермическом режиме при температуре 800°C. Проба древесного угля нагревалась в аргоне со скоростью 20 °C/мин, затем подавался окислитель. Расход воздуха составлял 8 л/ч. Водяной пар подавался с расходом 5 г/ч в смеси с продувочным газом (либо с аргоном, либо с воздухом), расход газа – 8 л/ч. Проведены опыты на ТГ-держателе в виде плоской тарелки с индивидуальными частицами в форме куба массой 5, 130 и 1250 мг. На ДСК-держателе исследовался слой частиц размером 0-200 мкм, навеска массой 5 мг помещались в цилиндрический тигель диаметром 6 мм и высотой 4 мм. В результате обработки полученных на масс-спектрометре ионных токов определен состав продуктов конверсии для каждого случая.

Для малой индивидуальной частицы (5 мг, 3 мм) конверсия осуществлялась в режиме с большим избытком окислителя, для средней частицы (130 мг, 9 мм) – в режиме, близком к стехиометрическому, для крупной (1250 мг, 16 мм) – при недостатке окислителя. Во всех случаях скорость конверсии частицы в смеси воздуха и пара была выше, чем в чистом воздухе и чистом паре. Это совпадает с литературными данными [1, 2]. Однако для слоя частиц массой, аналогичной массе малой частицы, при добавке пара в дутье наблюдается снижение скорости конверсии, которое пропорционально доле пара в дутье.

Проведены дополнительные эксперименты по частичной паровоздушной конверсии крупной частицы древесного угля. При описанной программе эксперимента подача окислителя прекращалась при достижении степени конверсии 0,5. При сопоставлении размеров частиц до и после конверсии видно, что при чисто воздушном дутье частица равномерно сгорает сверху вниз, при чисто паровом дутье размеры частицы не изменяются, а при конверсии в смеси пар-воздух эти механизмы протекают параллельно.

1. Gil M.V. et al. J. Therm. Anal. Calorim., 109 (2012).
2. Zhang L. et al. J. Therm. Anal. Calorim., 126, 2 (2016).

## ЭЛЕКТРОЛИЗ ФТОРИДНО-ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕРИЕВЫХ РЗМ

Никитин Д.И., Шуклин Д.С., Булдакова А.А., Половов И.Б. \*, Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.b.polovov@urfu.ru](mailto:i.b.polovov@urfu.ru)

## ELECTROLYSIS OF FLUORIDE-CHLORIDE MELTS AS A METHOD OF CERIUM GROUP REE PRODUCTION

Nikitin D.I., Shuklin D.S., Buldakova A.A., Polovov I.B. \*, Rebrin O.I.

Ural Federal University, Eekaterinburg, Russia

Electrode processes in  $\text{LiCl} - \text{REEF}_3$  ( $\text{REE} = \text{La, Ce, Nd}$ ) melts were studied using different electrochemical techniques. It was shown that electrochemical properties of lithium and rare earths are close to each other thus resulting in cooperative reduction under relatively high current density. The chosen conditions were applied for electrolytic production of lanthanum, cerium and neodymium metals.

В мировой практике основным промышленным способом получения редких земель цериевой группы является электролиз оксидно-фторидных расплавов. Основной эксплуатационной проблемой в данных системах является интенсивное выделение анодных газов (прежде всего кислорода), вызывающих анодный эффект и разрушение анода. Другим недостатком данного типа электролитов является их сильная агрессивность по отношению к конструкционным материалам электролизной ванны и недостаточная для производства высокоэнергетичных магнитов чистота получаемого металла.

Более привлекательными с позиции чистоты получаемых металлов, способа организации процесса и физико-химических свойств расплава являются смешанные хлоридно-фторидные электролиты. При этом возможно получение металлических РЗМ в жидкой фазе, что облегчает извлечение металла из электролизной ванны. Однако, в научной литературе сведения об электрохимических свойствах и поведении РЗМ в подобных системах отсутствуют.

На основании данных по изучению кинетики электродных процессов, сведений о плавкости солевых систем и температур плавления металлов нами предложено выбрать в качестве рабочей температуры  $850 - 1050$  °С, а электролиз вести из расплава  $\text{LiCl} - \text{LnF}_3$ . Для разработки адекватной модели получения РЗМ электролизом в подобных средах требуется детальная информация о механизме и кинетике электродных процессов в электролитах  $\text{LiCl} - \text{LnF}_3$ . В настоящей работе для изучения кинетики электродных процессов с участием РЗМ в хлоридно-фторидных расплавах использовали нестационарные методы исследования: циклическую и квадратно-волновую вольтамперометрию, хронопотенциометрию.

Показано, что электрохимические свойства РЗМ и лития достаточно близки, вследствие чего восстановление ионов этих металлов происходит при близких

потенциалах. Поэтому выбор ширины электрохимического окна для проведения экспериментов был ограничен потенциалами, при которых в электродных процессах начинают принимать участие ионы лития (около -2 В относительно вольфрамового квазиэлектрода сравнения в отрицательной области потенциалов) и металлический вольфрам (1.2-1.4 В в положительной области потенциалов). Установлено, что для одних и тех же скоростей развертки потенциала (до 500 мВ/с) токовые максимумы в более концентрированных электролитах превышают таковые для более разбавленных систем, что хорошо согласуется с теоретическими положениями. При этом форма вольтамперных кривых не меняется, причем каких-либо свидетельств наличия в расплаве промежуточных продуктов восстановления не обнаружено. Принимая во внимание значения потенциалов, соответствующих осаждению и растворению металлических РЗМ, логично связать катодный процесс с разрядом ионов Ln(III) до металла, а последующую анодную реакцию – с окислением образовавшегося металла.

Основываясь на результатах электрохимических исследований, в ходе экспериментов катодную плотность тока варьировали в диапазоне от 3 до 7 А/см<sup>2</sup>. Анодная плотность тока во всех случаях не превышала 0.05 А/см<sup>2</sup>, что на порядок ниже критической величины. Исходная концентрация фторидов РЗМ перед электролизом составляла около 15 мас. %.

В ходе выполнения работ были синтезированы образцы электролитических лантана, церия и неодима, определены выходы по току и охарактеризован химический состав полученных металлов.

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИОБИЯ В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Рыжов А.А. \*, Никулина В.А., Иванов А.Б., Мальцев Д.С., Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.a.ryzhov@urfu.ru](mailto:a.a.ryzhov@urfu.ru)

## ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF NIOBIUM IN ALKALI CHLORIDE BASED MELTS

Ryzhov A.A. \*, Nikulina V.A., Ivanov A.B., Maltsev D.S., Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electrochemical properties of niobium were studied in LiCl–KCl and NaCl–KCl–CsCl eutectic based melts at 550–750 °C under inert atmosphere. Cyclic, square wave and differential pulse voltammetry were employed for determining deposition potentials of niobium.

Переработка облученного ядерного топлива (ОЯТ) является одним из важнейших аспектов в развитии атомной энергетики. На сегодняшний день в промышленных масштабах переработка ведётся с применением PUREX-процесса, подразумевающего использование водных сред. Пирохимические процессы в среде расплавленных солей имеют ряд преимуществ: устойчивость сред к радиолизу, низкое количество жидких радиоактивных отходов.

Ниобий является типичным продуктом деления урана и входит в состав ОЯТ. Для организации эффективного процесса электрохимического разделения урана и продуктов деления, в частности, ниобия, необходимо обладать достоверной информацией об электрохимическом поведении ниобия в среде расплавленных хлоридов щелочных металлов, в том числе, о значениях потенциалов выделения.

В данной работе методами циклической, квадратно-волновой и дифференциально-импульсной вольтамперометрии изучены электрохимические свойства ниобия в расплавах на основе эвтектических смесей хлоридов щелочных металлов (LiCl–KCl, NaCl–KCl–CsCl) и установлено влияние температуры на потенциалы выделения ниобия из изученных систем. Исследован диапазон температур от 550 °C до 750 °C.

Ниобийсодержащие расплавы получали путём обменной реакции между металлическим ниобием и хлоридом висмута. С целью минимизации воздействия на систему посторонних внешних факторов все эксперименты выполняли в инертном аргоновом боксе Glovebox GS MEGA (Glovebox Systemtechnik), содержание кислорода и воды в атмосфере не превышало  $1.7 \cdot 10^{-4}$  и  $10^{-5}$  % соответственно.

## ОЧИСТКА ЩЕЛОЧНЫХ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС, СОДЕРЖАЩИХ БОРНУЮ КИСЛОТУ, ОТ ДОЛГОЖИВУЩИХ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ $^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$

Носкова А.Ю., Воронина А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nastnosko2009@rambler.ru](mailto:nastnosko2009@rambler.ru)

## TREATMENT OF ALKALINE LIQUID RADIOACTIVE WASTE, CONTAINING BORIC ACID, OF ATOMIC POWER STATION FROM LONG-LIVED FISSION PRODUCTS OF $^{137}\text{Cs}$ AND $^{90}\text{Sr}$

Noskova A.Y., Voronina A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sorption of cesium and strontium by inorganic sorbents «Thermoxide» and surface-modified sorbents from liquid radioactive waste containing boric acid and solute sodium salt of atomic power station was studied. Distribution coefficient of  $^{137}\text{Cs}$  by sorbent T-35 is  $(5,9 \pm 0,5) \cdot 10^3$  ml/g, distribution coefficient of  $^{90}\text{Sr}$  by sorbent T-3K is  $(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^3$  ml/g was shown.

К радиоактивным отходам атомных электростанций относятся загрязнённые радионуклидами теплоноситель, контурные воды, конденсаты турбин, дезактивационные растворы. Продукты деления попадают в теплоноситель вследствие не герметичности тепловыделяющих элементов. Одной из важных химических добавок теплоносителя первого контура реактора ВВЭР является борная кислота. Как сильный поглотитель нейтронов растворённая борная кислота вместе с поглощающими стержнями системы управления и защиты используется для управления цепной реакцией. При смешивании кислых и щелочных растворов на АЭС образуются жидкие радиоактивные отходы (ЖРО), содержащие растворенные соли натрия в концентрации до 300-600 г/л [1].

В работе проведена оценка возможности использования неорганических сорбентов для удаления долгоживущих продуктов деления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из щелочных ЖРО АЭС, содержащих борную кислоту и растворённые соли натрия: ферроцианидов никеля-калия на основе гидратированных диоксидов циркония (Т-35) и титана (НКФ-ГДТ), алюмосиликатов глауконита (НКФ-Гл) и клиноптилолита (НКФ-Кл), фосфата циркония (Т-3А) и модифицированного гидроксида циркония (Т-3К). Ранее уже была исследована возможность применения сорбентов для очистки ЖРО, содержащих  $\text{NaNO}_3$  в различной концентрации [2] и морскую воду [3].

Имитатный раствор ЖРО содержал, г/л:  $\text{H}_3\text{BO}_3$  - 100,  $\text{NaNO}_3$  - 100,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - 10,  $\text{NaCl}$  - 10,  $\text{pH} = 11,5$ . Удельная активность по  $^{137}\text{Cs}$  составляла  $2,6 \cdot 10^4$  Бк/л. В табл. 1 приведены сорбционные характеристики неорганических сорбентов.

Статическая обменная ёмкость (СОЕ) и коэффициенты распределения ( $K_d$ )  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  неорганическими сорбентами из ЖРО

Сорбент	Т-3К	Т-35	Т-3А	НКФ-ГДТ	НКФ-Кл	НКФ-Гл
СОЕ по цезию, мг/г		70±7	74±10	270±30	500±60	220±23
$K_d$ $^{137}\text{Cs}$ , мл/г		$(5,9±0,5) \cdot 10^3$	50	4	$(1,9±0,5) \cdot 10^2$	$(7,9±0,5) \cdot 10^2$
$K_d$ $^{90}\text{Sr}$ , мл/г	$(1,1±0,2) \cdot 10^3$					

Более высокой СОЕ по цезию обладают поверхностно-модифицированные сорбенты (НКФ-Кл, НКФ-ГДТ, НКФ-Гл). При этом возможность их применения в щелочных средах ограничена: сорбент НКФ-ГДТ не пригоден для использования при  $\text{pH}=11,5$ . Наиболее высоким  $K_d$  цезия из щелочных ЖРО, содержащих борную кислоту, обладает сорбент Т-35. Сорбент Т-3А не обладает селективностью на фоне высоких концентраций натрия, поэтому также не пригоден для очистки рассматриваемого типа ЖРО.

1. Дмитриев С.А., Баринов А.С., и др., М.: ГУП МосНПО Радон (2007).
2. Voronina A.V., Noskova A.Y., et al., AIP Conference Proceedings. 1886, 020057 (2017).
3. Носкова А.Ю, Воронина А.В., Екатеринбург : УрФУ (2018).

## СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИНДИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА

Новиков И.В.\*, Свирский И.А., Титова С.М., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [novrar@gmail.com](mailto:novrar@gmail.com)

## SORPTION EXTRACTION OF INDIUM FROM SULFUR ACID SOLUTIONS IN THE PRESENCE OF IRON IONS

Novikov I.V.\* , Svirsky I.A., Titova S.M., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The sorption of indium in the presence of iron ions in the range of Fe (III) concentration of  $0 \text{ g/dm}^3 - 10 \text{ g/dm}^3$  was investigated. The dependence of the sorption of indium ions for nitrogen-phosphorus-containing ampolites of Purolite MTS 9500, Purolite D 6022 and Lewatit TP 260 is determined.

В последние годы синтезировано много азотфосфорсодержащих сорбентов, отличающихся сорбционными свойствами по отношению к индию. Технологичные растворы отходов цинкового производства содержат до  $10-17 \text{ г/дм}^3$  железа. Однако в литературе недостаточно освещены вопросы сорбционного поведения ионов индия и железа (II) и (III) [1]. В связи с этим, было предложено рассмотреть совместную сорбцию In и Fe(III).

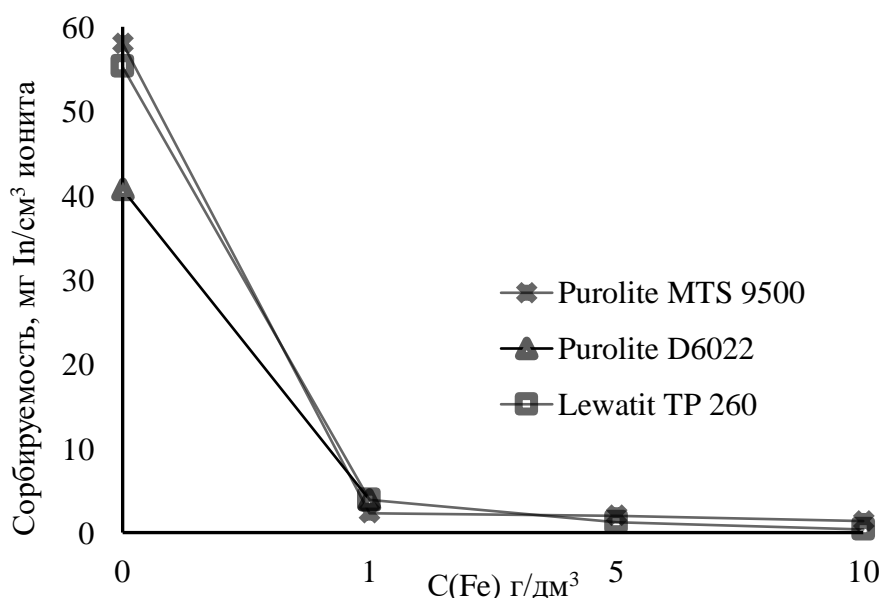


Рис. 1. Зависимость сорбции индия в присутствии ионов железа.

Эксперимент проводили в статическом режиме при постоянной концентрации In  $170 \text{ мг/дм}^3$  и концентрации Fe(III)  $0 \text{ г/дм}^3$ ,  $1 \text{ г/дм}^3$ ,  $5 \text{ г/дм}^3$  и  $10 \text{ г/дм}^3$ .  $\text{pH}=1.18$ . Соотношение фаз Т: Ж=1:500. Время контакта 24 часа.

По данным эксперимента заметно прослеживается снижение емкости по индию. Причиной служит конкурирующее влияние ионов F(III). Из предложенных амфолитов лишь Purolite MTS 9500 и его ближайший аналог Lewatit TP 260 показывают более высокую емкость в интервале концентрации Fe(III) от 0 до  $1 \text{ г/дм}^3$ . Данные сорбенты представляют интерес при дальнейшем изучении сорбции в данном диапазоне.

1. Леканов Л. П. Дис. канд. техн. наук, Урал. политехн. ин-т им. С. М. Кирова (1977).

### **ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, НИКЕЛЯ, ТИТАНА, ХРОМА, МОЛИБДЕНА, КОБАЛЬТА, ТАНТАЛА, ВОЛЬФРАМА И АЛЮМИНИЯ ПРИ ИСП-АЭС ОПРЕДЕЛЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ГАЛЛИЯ И ГЕРМАНИЯ**

Окунева Т.Г.<sup>1,2\*</sup>, Майорова А.В.<sup>1,2</sup>, Калинина Н.Ю.<sup>2</sup>, Пупышев А.А.<sup>2,1</sup>

<sup>1)</sup> Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [okunevatatjana@mail.ru](mailto:okunevatatjana@mail.ru)

### **OPTIMIZATION OF CONDITIONS SEDIMENTATION OF IRON, NICKEL, TITANIUM, CHROME, MOLIBDEN, COBALT, TANTAL, TUNGSTEN AND ALUMINUM FOR ICP-AES DETERMINATION OF GALLIUM AND GERMANIUM**

Okuneva T.G.<sup>1,2\*</sup>, Maiorova A.V.<sup>1,2</sup>, Kalinina N.Y. <sup>2</sup>, Pupyshev A.A.<sup>2,1</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Metallurgy of UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

For the first time a new approach for solving the problem of separation of trace analytes (Ga, Ge) from matrix elements (Fe, Ni, Ti, Cr, Mo, Co, Ta, Al and W) was suggested. Matrix elements provide an interfering effect on the results of gallium and germanium determination employing the ICP-AES analysis. It was found that required deposition conditions of macroamounts (Fe, Ni, Ti, Cr, Mo, Co, Ta, Al and W) should meet 0.082 mole  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$  and 0.34 mole HF.

Материалы, полученные с использованием Ga и Ge (сплавы, лигатуры, интерметаллиды, стекла и т.д.), находят применение во многих высокотехнологичных отраслях промышленности. Данные элементы получают при переработке руд (железных, марганцевых, хромовых, алюминиевых, вольфрамовых, медно-



никелевых и др.). Это требует постоянного мониторинга химического состава сырья. Но прямое атомно-эмиссионное с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС) определение содержания Ga и Ge невозможно из-за спектральных помех макрокомпонентов - Fe, Ni, Ti, Cr, Mo, Co, Ta, Al и W, что требует предварительного отделения матрицы проб от аналитов.

В данной работе проведены исследования по нахождению оптимальных условий осаждения макрокомпонентов (количества осадителя и комплексообразующего агента). В качестве осадителя использовали щавелевокислый калий (ЩК), а комплексообразующего агента – фтороводородную кислоту.

Найдено, что при индивидуальном осаждении 0.8-5.6 ммоль макрокомпонентов достигается успешное отделение Fe, Ni, Ti, Co, Ta, Al (см. рис.) с помощью 0.082 моль ЩК в присутствии 0.34 моль HF. Однако в анализируемом растворе в большом количестве остаются Cr, Mo и W, что не позволяет из-за спектральных помех данных элементов проводить точное определение содержания аналитов.

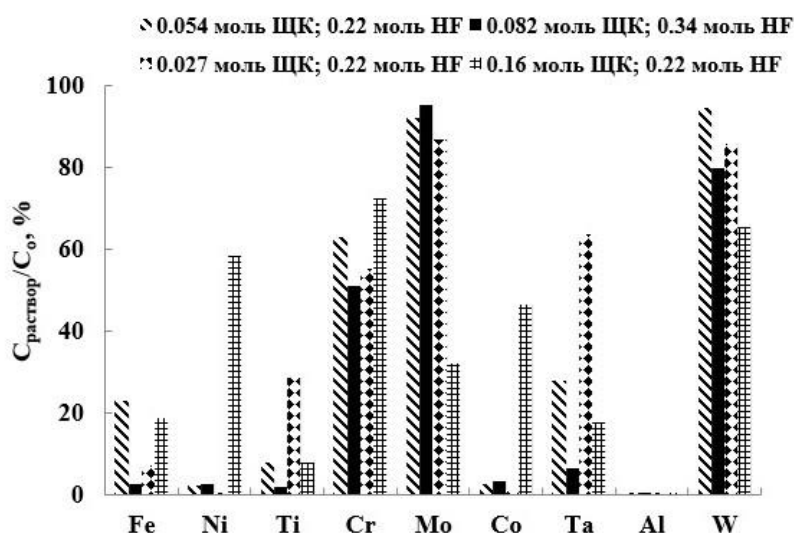


Рис.1 Изменение относительной концентрации (%) матричных элементов (Fe, Ni, Ti, Cr, Mo, Co, Ta, Al, W) в анализируемом модельном растворе в зависимости от количества осадителя (ЩК) и плавиковой кислоты (40 мас. %) после отделения осадка (начальная концентрация  $C_0$  – 600 мг/дм<sup>3</sup>). Остальные условия осаждения:  $T = 75^\circ\text{C}$ ;  $pH = 0.5$ ; время выдерживания осадка при температуре составляло 15 мин.

Необходимо проведение дальнейших исследований по поиску условий полного осаждения макроколичеств Cr, Mo и W и отделения от Ga и Ge.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН.*

## ЭКСТРАКЦИОННО-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИ(2-ЭТИЛГЕКСИЛ) ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Окилов Б.Р., Данилов Д.А.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [daniilinad@gmail.com](mailto:daniilinad@gmail.com)

## EXTRACTION-SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF DI (2-ETHYLHEXYL) PHOSPHORIC ACID

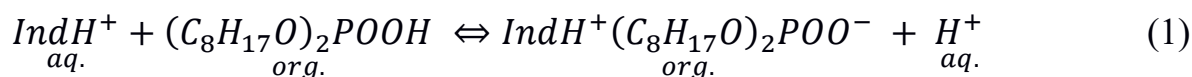
Oqilov B.R., Danilov D.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A spectrophotometric method for determination of D2EHPA in alkanes solutions based on the formation of an ion-pair between cation-indicator and D2EHPA was developed. The cation-indicator, solvent and acidity were selected.

Ди(2-этилгексил)фосфорная кислота (Д2ЭГФК) используется как экстрагент для извлечения урана и РЗЭ из сернокислотных выщелачивающих растворов, получаемых из руд. Для контроля и управления технологическим циклом требуется оперативная, селективная и недорогая методика анализа.

В основу такой методики положен метод экстракционно-спектрофотометрического анализа. Хромофорной частицей является ионный ассоциат Д2ЭГФК с одним из крупных органических окрашенных катионов.



Подбор подходящего катиона-индикатора проводили среди: Люмогаллиона, Родамина С, Метилового зеленого, Тиазинового красного, Родамина 6Ж, Фуксина кислого, Акридинового оранжевого, Акридинового желтого, Пиронина Б и Аурамина. В качестве органического растворителя были выбраны: 1,2-дихлорэтан, толуол, гексан, хлороформ, хлористый метилен, тетрагидрофуран. Для спектрофотометрических измерений использовали двулучевой спектрофотометр Lambda 35 UV/Vis с кюветой 1 см.

Растворы индикаторов с массовой долей 0,1% готовили растворением навески в дистиллированной воде. Растворы с известным содержанием Д2ЭГФК были получены в результате смешивания необходимого количества с технологическим разбавителем (смесь алканов). Для проведения экстракции смешивали 5 мл водного раствора индикатора, 5 мл растворителя и 10 мкл раствора Д2ЭГФК. Раствор встряхивали для протекания экстракционных процессов 30 мин. Затем центрифугировали при 4000 1/мин. 15 мин. Фоновый раствор был приготовлен аналогично, но без добавления аналита.

При подборе катиона-индикатора и растворителя была проведена серия экспрессных опытов, заключающаяся в фотографировании виалы с разделившимися фазами на белом фоне. Дрейф цветности контролировали по образцовому шаблону.

Индикаторы выбирали таким образом, чтобы интенсивность окраски органической фазы содержащего аналита была выше, чем у фона. Наиболее удовлетворительным результатам соответствовали Аурамин, Акридиновый желтый, Фуксин кислый с 1,2-дихлорэтаном как растворителем.

Отобранные индикаторы и растворитель были использованы для создания методики количественного анализа. В рамках данной методики была приготовлена серия растворов с известным количеством аналита и сняты спектры. По полученным данным построена градуировочная зависимость и определены метрологические характеристики.

## LEACHING OF VANADIUM FROM THE SECOUND STAGE DUPLEX PROCESS CONVERTER SLAG

Ordinartsev D.P., Krashenin A.G., Khalezov B.D.

Institute of Metallurgy UB RAS, Yekaterinburg, Russia

E-mail: [denis\\_ordinartsev@mail.ru](mailto:denis_ordinartsev@mail.ru)

Usually hydrometallurgical recycling of «poor» (<5 wt. %) vanadium slags, ashes of TPP, brown coal, oil sludge supposes acidic leaching. In the process of acidic leaching a lot of impurities of metals go into solution together with vanadium. So the present work is devoted to the study of processes of the selective leaching vanadium from slag and precipitation of vanadium compounds from the acidic leaching solution.

Vanadium is produced by blast melting of titanomagnetites. The first stage of this process is producing of vanadium cast iron. The cast iron is blown in the converter and get steel and vanadium slag containing up to 30 wt.% of vanadium pentoxide. This slag use for manufacturing of pure vanadium pentoxide with one of the well-known technology [1]. After the second purge blast iron in converter with adding of limestone is formed steel and «poor» vanadium slag. Now days the «poor» vanadium slag pollute the environment and there are no methods for it recycling.

Slag is the multiphase and multicomponent system, consist of the composite oxides of Ca, Mg, Ti, Fe, Al, Si. From the ratio of peak intensity on diffractogram, measured by the Bruker D8 Advance, follows that slag consist of phases rel. %: 22,12 –  $\text{Fe}_{2,95}\text{O}_4$ ; 21,72 –  $\text{Ca}_2((\text{Fe}_{1,724}\text{Al}_{0,276})\text{O}_5)$ ; 16,51 –  $\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$ ; 14,66 –  $\text{CaMg}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ ; 13,82 –  $\text{Ca}_{14}\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)_8$ ; 11,15 –  $\text{Mg}(\text{Mg}_{0,926}\text{Ti}_{0,074})(\text{Mg}_{0,074}\text{Ti}_{0,926})\text{O}_4$ . The method of X-Ray diffraction can't determine the vanadium because it concentration is 1,87 wt.% and it's distributed inside the phases in various oxidation states +3,+4,+5. Existence in the slag vanadium in oxidation states +3, +4 and calcium (29,5 wt.%) determine our choice the

sulfuric acid instead of the alkali and soda for leaching of vanadium. The best rate of leaching 98,15 % were achieved under the follow conditions: 1:15 of liquid-solid ratio, temperature 298 K, 55 g/L sulfuric acid, 8 g/L hydrogen peroxide, 700 r/min stirring velocity, 150 min leaching time. The interesting feature of the leaching of vanadium with sulfuric acid and hydrogen peroxide is decrease rate of leaching with increase of temperature. Compositions of slag and solution after leaching are shown in table 1.

Compositions of slag and solution after leaching

Element	V	Mn	Fe	Mg	Ca	Al	S	Cr	Si	Ti	pH
«poor» vanadium slag, wt. %	1,8 7	1, 5	26, 5	7,1	29, 5	1,3 4	0,1 0	0,2 3	4,74	0,8	-
Leaching solution, g/L	1,1 2	0, 2	3,7 3	1,23	0,4 7	0,4 8	1,2 3	0,0 7	0,17	0,0 7	2,5 6

Precipitation of vanadium from solution was performed by thermohydrolysis at pH 1,6 and 2,6, at a temperature 363 K. The sediment obtained at pH 1,6 contained a mixture of vanadates and vanadium acid. After filtration, washing and annealing at 873K was obtained the vanadium containing product of the following phase composition wt. %:  $V_2O_5$  – 46,9;  $CaSO_4$  - 21,5;  $TiO_2$  – 22,8;  $Fe_2(V_4O_{13})$  – 8,8. Rate of deposition at the initial concentration of vanadium 2 g/L was 80,0 wt.%. At pH=2,6 the sediment was the mixture of vanadates. After filtration, washing and annealing at 873K was obtained the vanadium containing product containing predominantly:  $CaMgV_2O_7$ ,  $Ca_2V_2O_7$ , rate of deposition was 98,21 wt.%.

Both vanadium containing product can be used for obtaining pure vanadium pentoxide by recrystallization in alkaline medium [2].

*Analysis of phase composition of slag was made on the equipments of CCU «Ural-M» IMET UB RAS*

1. Khalezov B.D., Vatolin H.A., et al., Processing of manganous vanadium slag converter, EPD UB RAS (2016).
2. Mizin V.G., Rabinovich E.M., et al., Complex Processing of Vanadium Raw Materials: Metallurgy, UrO RAN, (2005).

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРА НА ПРОТЕКАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПРИ СОРБЦИИ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫМ КЛИНОПТИЛОЛИТОМ

Орлов П.А.<sup>\*</sup>, Воронина А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [orlovpa95@gmail.com](mailto:orlovpa95@gmail.com)

## THE INFLUENCE OF THE SOLUTION COMPOSITION ON THE COURSE OF CHEMICAL REACTIONS DURING THE SORPTION OF CESIUM AND STRONTIUM BY NATURAL AND MODIFIED CLINOPTILOLITE

Orlov P.A., Voronina A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The kinetics of cesium and strontium sorption at concentrations of cesium  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  by nickel-potassium ferrocyanide based on clinoptilolite from water of various composition was studied. An assumption about influence of the water composition on cesium and strontium sorption was suggested.

Исследование механизмов сорбции цезия образцами поверхностно-модифицированного клиноптилолита показало, что при сорбции протекают химические реакции, приводящие к изменению текстуры поверхности и порового пространства сорбента [1-2]. На первой стадии сорбция цезия сопровождается химическим преобразованием поверхностной ферроцианидной фазы, на третьей - происходит осаждение смешанных ферроцианидных фаз, включающих цезий, в мелких мезопорах сорбента диаметром 3,7-4,8 нм. Интерес представляло исследование влияния состава раствора на протекание химического преобразования сорбента при сорбции цезия, а также возможность реализации механизма осаждения при сорбции стронция.

В работе исследована кинетика сорбции смешанным ферроцианидом никеля-калия на основе клиноптилолита (НКФ-Кл) цезия и стронция из растворов различного состава с концентрацией 100 мг/л. Установлено, что для всех типов рассматриваемых растворов (водопроводная вода, раствор 0,01 NaCl + 0,1 CaCl<sub>2</sub> и раствор 0,01 NaCl) процесс сорбции цезия имеет характер трехстадийного процесса. Выявлено влияние состава раствора на константу скорости сорбции цезия на первой и третьей стадии (рис. 1). Длительность 1 стадии сорбции для всех растворов одинакова и составляет 30 минут. Константы скорости сорбции на первой стадии в растворах разного состава отличаются не значительно и составляют соответственно,  $\text{мин}^{-1}$ :  $0,065 \pm 0,007$ ;  $0,054 \pm 0,011$  и  $0,046 \pm 0,007$ . Длительность второй и третьей стадии различаются, наиболее быстро стадии реализуются при сорбции цезия НКФ-Кл из водопроводной воды. Константа скорости сорбции цезия на третьей стадии составляет  $0,042 \text{ мин}^{-1}$ . Очевидно, что компоненты раствора

принимают участие в химическом преобразовании сорбента в процессе сорбции, более ярко это влияние проявляется при осаждении ферроцианидных фаз в поровом пространстве сорбента.

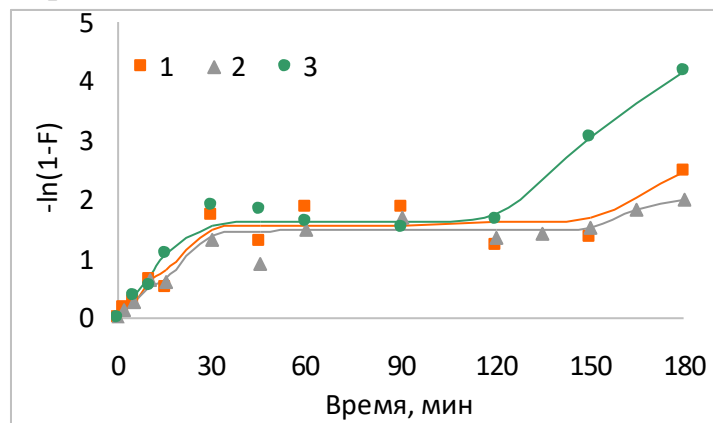


Рис. 1. Кинетически кривые сорбции цезия НКФ-клиноптилолитом из растворов разного состава: 1 – 0.1 М CaCl<sub>2</sub> + 0.01 М NaCl; 2 – 0.01 М NaCl; 3 – Водопроводная вода.

Аналогичные зависимости наблюдаются при сорбции стронция НКФ-Кл из растворов с концентрацией 100 мг/л. Методами растровой электронной микроскопии подтверждено изменение текстуры поверхности, происходящее также и при сорбции стронция.

1. Orlov P.A., Voronina A.V., et al., AIP Conference Proceedings, 1886, 020058, (2017).
2. Voronina A.V., Orlov P.A., et al., AIP Conference Proceedings 2015, 020112 (2018).

**ОКИСЛЕНИЕ СПЛАВОВ Ti-Al-Nb И Ti-Al-Ta КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА**

Осинкина Т.В., Красиков С.А., Ведмидь Л.Б., Жидовинова С.В.

Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: [cool-ezhk@yandex.ru](mailto:cool-ezhk@yandex.ru)

**OXIDATION OF Ti-Al-Nb AND Ti-Al-Ta ALLOYS BY AIR OXYGEN**

Osinkina T.V., Krasikov S.A., Vedmid L.B., Zhidovinova S. V.

Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

Thermodynamic modeling of oxidation of titanium, niobium and tantalum was performed, the results of which were consistent with the study of this process by combined scanning calorimetry.

Интерметаллидные сплавы на основе системы Al – Ti, допированные редкими тугоплавкими металлами, востребованы при получении титановых сплавов для авиа- и ракетной техники и могут быть использованы в качестве конструкционных материалов для деталей газотурбинных двигателей, как материалы защитного покрытия, характеризующегося высокими механическими и антикоррозионными свойствами, а также как лигатуры для производства специальных алюминиевых и титановых сплавов. В настоящей статье представлены данные физико-химических исследований фазообразования при взаимодействии кислорода с металлическими композициями Al - Ti – Nb и Al - Ti – Ta, полученных путем синтеза с использованием методики совместного восстановления металлов.

Было выявлено, что окисление титана и тантала при температурах более 1000°C протекает через стадию образования монооксида титана и характеризуется образованием интерметаллидов  $Ti_xAl_y$  ( $TiAl_3$ ,  $TiAl$ ,  $Ti_2Al$ ). Термодинамическое моделирование проведено с использованием программного комплекса HSC – 6.1 [1]. Данные термодинамических расчетов были дополнены дифференциально-термическими исследованиями (ДТА) с применением метода совмещенной сканирующей калориметрии. Полученные после ДТА образцы продуктов анализировались методом рентгенофазового анализа (РФА).

Выяснилось, что поведение элементов при взаимодействиях в системах Al – Ti – Nb и Al – Ti – Ta имеет аналогичный характер. Процесс окисления тантала и титана происходит через образование оксидов низшей валентности  $TiO$ ,  $TaO_2$ . В случае с системой Al – Ti – Nb на начальной стадии наблюдается образование оксидов  $NbO_2$ ,  $TiO_2$  и  $TiO$ .

1. Roine A., Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database, Pori: Outokumpu Research OY (2006).

## ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ РУТЕНИЯ В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПОГЛОЩЕНИЯ

Осипенко А.А.\*, Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vida1995@yandex.ru](mailto:vida1995@yandex.ru)

## STUDY OF RUTHENIUM BEHAVIOUR IN ALKALI CHLORIDE MELTS USING ELECTRONIC ABSORPTION SPECTROSCOPY

Osipenko A.A.\*, Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Behavior of ruthenium(III) chloro-species was investigated in the ternary LiCl–KCl–CsCl eutectic based melts. Electronic absorption spectroscopy was used to assess ruthenium speciation.

Расплавы на основе хлоридов щелочных металлов являются рабочими средами в пироэлектрохимических технологиях переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). В ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах с выгоранием 40 ГВт·сут/т содержится 2,8 кг Ru, как продукта деления, на тонну урана. В оксидном ОЯТ рутений присутствует в основном в виде компонента металлических включений благородных ПД; в карбидном – в виде смешанного карбида  $U_2RuC_2$  и интерметаллида  $URu_3$ ; в нитридном – в элементарном виде, а также в составе интерметаллидов  $CeRu_2$  и  $URu_3$ . На стадии растворения ОЯТ существует вероятность перехода рутения в рабочий электролит. Для разработки разработки и оптимизации процессов разделения делящихся материалов и ПД необходима информация об ионно-координационном состоянии рутения в расплаве в зависимости от температуры.

В работе было исследовано поведение рутения в расплавах на основе эвтектической смеси LiCl–KCl–CsCl. Рутений в электролит вводили в виде безводного трихлорида. В качестве метода исследования использовали высокотемпературную электронную спектроскопию поглощения. По результатам измерений были рассчитаны коэффициенты экстинкции ионов рутения. Анализ спектральных кривых показал, что коэффициент экстинкции ионов рутения возрастает с увеличением температуры (см. рис.). Также высокотемпературная спектроскопия была использована для исследования устойчивости хлорида рутения(III) в данном расплаве при различных температурах.



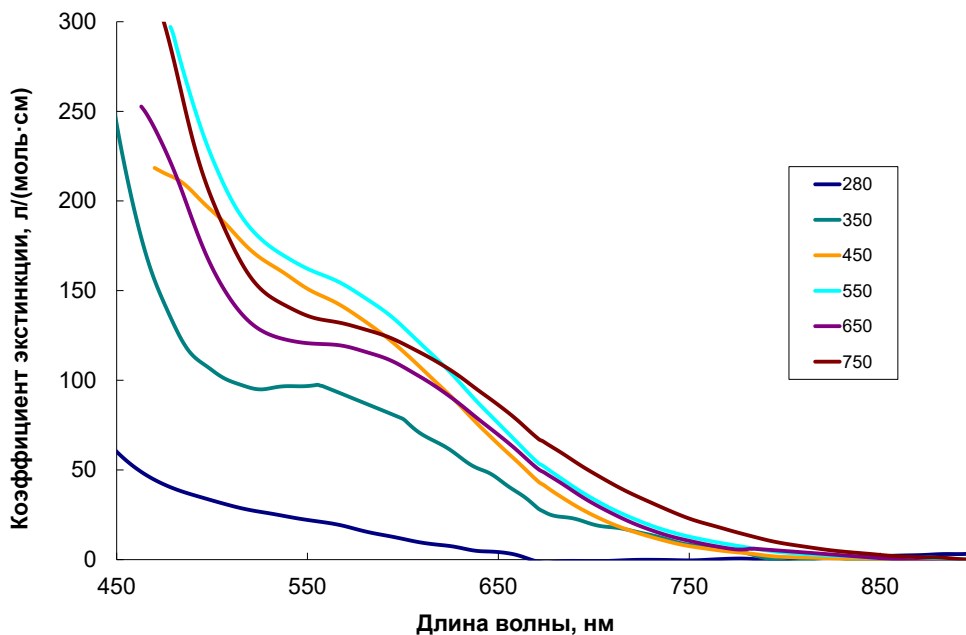


Рис. 1. Влияние температуры на электронные спектры поглощения ионов рутения в расплавах на основе эвтектической смеси LiCl–KCl–CsCl. Температура (в °С) приведена на графике для каждой спектральной кривой

## ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТЕХНЕЦИЯ В РАСПЛАВЕ 3LiCl-2KCl ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Осипенко А.А.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vida1995@yandex.ru](mailto:vida1995@yandex.ru)

## STUDY OF CORROSION OF METALLIC TECHNETIUM IN 3LiCl-2KCl MELT AT DIFFERENT TEMPERATURES

Osipenko A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of this work was studying electrochemical behavior of technetium as a component of anode sludge arising from pyrochemical reprocessing of spent nuclear fuels. Investigation was performed using metallic technetium in molten LiCl-KCl eutectic in the operating temperature range of the electrolyzer.

Планируемый перевод атомной энергетики РФ на использование реакторов на быстрых нейтронах подразумевает переход к плотному ядерному топливу, в частности, на основе смешанного нитрида (U,Pu)N. Высокие степени выгорания топлива РБН приводят к тому, что содержание технеция, одного из продуктов деления, может достигать 1–1,2 кг/т отработавшего ядерного топлива (ОЯТ).

Поведение технеция в хлоридных расплавах изучено слабо. В случае анодного растворения технеция при переработке смешанного нитридного уран-плутониевого (СНУП) ОЯТ этот элемент может попасть в катодный и шламовый продукты электролизера, что в последующем создаст дополнительные проблемы на гидрометаллургическом переделе комбинированной схемы переработки.

Для прогнозирования поведения технеция необходимы данные о его электрохимических свойствах. В частности, необходимо определить стационарный потенциал коррозии технеция в расплаве  $3\text{LiCl}-2\text{KCl}$ . Превышение этого значения при анодном растворении нитридного/карбидного/металлического топлива будет означать переход технеция в расплав и, как более электроположительного по сравнению с актинидами, на катод, т.е. в продукт, передаваемый на гидрометаллургический передел.

Для определения коррозионных свойств технеция в расплаве  $3\text{LiCl}-2\text{KCl}$  проводили съемку зависимости потенциала рабочего электрода от величины анодного/катодного тока на этом электроде при разных температурах методом циклической вольтамперометрии.

Обработку экспериментальных циклограмм с целью определения стационарного потенциала коррозии проводили с помощью пакета программного обеспечения “General Purpose Electrochemical System (GPES), Version 4.9. Линейная шкала тока была переведена в логарифмическую и определены стационарные потенциалы коррозии (см. таблицу 1).

Сдвиг стационарного потенциала коррозии в положительную сторону при увеличении температуры находится в соответствии с электрохимической природой коррозии материалов в расплавах.

Стационарные потенциалы коррозии значительно более электроположительны (на 1–1,1 В), чем используемые в электролизере буферные и ограничительные материалы – анодный кадмий и токоподвод из нержавеющей стали. Таким образом, на аноде не могут создаваться условия для растворения фракции металлического технеция, и будет происходить накопление технеция в анодном пространстве или в виде шлака, или в виде сплава с кадмием.

Стационарные потенциалы коррозии технециевого электрода в расплаве  $3\text{LiCl}-2\text{KCl}$  при различных температурах

Температура, °С	Стационарный потенциал коррозии, В отн. $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ (0,75 моль/кг)
450	0,386
500	0,433
550	0,452

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ ГАЗИФИКАТОРА ТОПЛИВА С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО АГЕНТА

Бунькова О.И., Золотухин К.А., Осипов П.В.\*, Богатова Т.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tes.urfu@mail.ru](mailto:tes.urfu@mail.ru)

## FLOWSHEET MODELING OF THE GASIFIER WITH DIFFERENT TRANSPORTATION AGENTS

Bunkova O.I., Zolotukhin K.A., Osipov P.V.\*, Bogatova T.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this study, thermodynamic simulations for two coal gasifiers with different feeding systems have been performed to evaluate its cold gas efficiency (CGE). The findings of this work show that the dry coal feeding with CO<sub>2</sub> could increase CGE compared with that calculated for air, N<sub>2</sub>. Wet feeding with coal-water slurry and coal-CO<sub>2</sub> slurry have close CGE values.

В общемировой практике использования технологий конверсии твердого топлива в синтез-газ можно выделить несколько основных способов подачи исходного сырья в реактор. Способ сухой подачи предполагает использование азота в качестве транспортирующей среды. В этом случае давление в газификаторе технически ограничено 4-6 МПа. При более высоких давлениях применяют мокрый способ подачи топлива в виде водоугольной суспензии (ВУС). Однако калорийность получаемого синтез-газа и химический КПД процесса в случае ВУС снижаются. В данном случае интересной видится технология использования жидкого диоксида углерода вместо воды.

В работе с помощью методов термодинамического моделирования исследовано влияние типа транспортирующего агента на эффективность процесса газификации для двух известных установок *MHI* и *GE*. В расчетах сухой подачи угля, в газификатор подавался воздух, азот и диоксид углерода, а при мокрой подаче вода и жидкий диоксид углерода. В качестве исходного сырья использовался каменных уголь, характеристики которого приведены в таблице.

Характеристики исходного топлива

Влажность, %	Выход летучих веществ на сухую массу, %	Зольность на сухую массу, %	Связанный уг- лерод на сухую массу, %	Высшая теп- лота сгорания, кДж/кг
2,9	29,9	23,7	46,4	24500

Результаты моделирования процесса газификации каменного угля в реакторе типа *MHI* с сухой подачей показали, что использование диоксида углерода в

качестве транспортирующего агента увеличивает химический КПД процесса на 0,3% по сравнению с подачей угля воздухом, а по сравнению с подачей азотом на 1,8%. Результаты моделирования схемы с мокрой топливоподачей в реактор типа *GE* показали, что использование в качестве транспортирующего агента жидкого диоксида углерода не дает увеличения химического КПД по сравнению с подачей угля в виде ВУС. Однако в схемах с системой улавливания и утилизацией диоксида углерода (*CCUS*) применение такого технологического решения видится целесообразным.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МАССИВОВ ДАННЫХ В РАМАНОВСКОЙ ТЕРМОСПЕКТРОСКОПИИ МИНЕРАЛОВ

Панкрушина Е.А.<sup>1\*</sup>, Кобузов А.С.<sup>1</sup>, Щапова Ю.В.<sup>1,2</sup>, Вотяков С.Л.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [pankrushina@igg.uran.ru](mailto:pankrushina@igg.uran.ru)

## STATISTICAL DATA PROCESSING OF RAMAN THERMAL SPECTROSCOPY IN MINERALS

Pankrushina E.A.<sup>1\*</sup>, Kobuzov A.S.<sup>1</sup>, Shchapova Yu.V.<sup>1,2</sup>, Votyakov S.L.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Zavaritsky institute of Geology and Geochemistry, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Raman thermal spectroscopy is a powerful tool for the investigation of phase transitions in minerals. However, for some mineral phases, standard «peak fitting» procedure is not sufficient for getting quality data. Application of various statistical approaches allows to identify phase transitions and evaluate structural change.

Современное оборудование для микроанализа вещества *in situ* поставляет большие массивы данных, характеризующие анализируемый материал с высокой локальностью. Подобные массивы возникают при исследовании динамики изменения спектров при вариациях внешних условий—температуры в спектроскопии рамановского рассеяния (РР) света и др. Традиционные методы обработки данных—«peak fitting» с последующим сопоставлением параметров спектральных линий, не всегда продуктивны, особенно для плохоразрешенных спектров в низкосимметричных, разупорядоченных минералах. В работе выполнен анализ перспектив использования статистических методов для обработки данных рамановской термоспектроскопии; реализован ряд алгоритмов, условно классифицированных с целью их комбинирования при обработке данных на «интегральные», преобразующие сложный спектр или его температурную зависимость (ТЗ) в простую функцию—автокорреляционная (АКФ) и автоконволюционная функции,

преобразование Фурье; и «дифференциальные», дающие численную оценку различия или сходства двух спектров или их ТЗ–ковариация, критерий Пирсона [1]. Предложенные алгоритмы апробированы при анализе спектров РР при  $T=80-880$  К в кварце  $\text{SiO}_2$ , цирконе  $\text{ZrSiO}_4$  и титаните  $\text{CaTiSiO}_5$ ; последний характеризуется широким набором примесей, в том числе U, что вызывает химическое и авторадиационное разупорядочение структуры; типичен фазовый  $\alpha \rightarrow \beta$  переход при  $T \sim 500$  К [3]. Спектры РР минералов, в особенности, при повышенных  $T$  характеризуются сложной формой с перекрывающимися линиями (рис. 1а); при этом для циркона и кварца аномалий на ТЗ не фиксируется, в частности, полуширина центрального пика АКФ (параметра  $\Delta\text{corr}$  [5]) монотонно возрастает с ростом  $T$ , что отражает сдвиг и уширение колебательных мод без изменения типа структур. Напротив, для титанита на диаграмме  $\Delta\text{corr}$  vs  $T$  (рис.в) явно фиксируется область «аномального поведения» спектров. В работе проанализировано влияние химизма и степени кристалличности титанита на аномальную область; выполнено сопоставление с результатами, полученными в рамках других предложенных алгоритмов; показана перспективность их использования для количественного выделения «аномальных точек» на ТЗ спектров РР минералов с термоиндуцированными процессами, на пространственных профилях в неоднородных текстурированных зернах минералов.

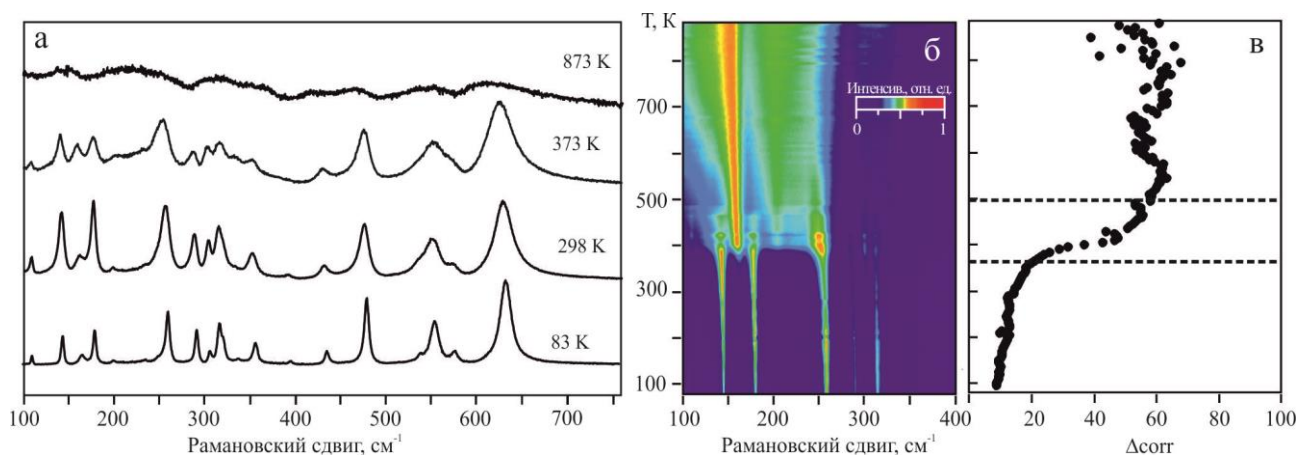


Рис. 1. Спектры РР титанита при 83-873 К (а), 2D-карта температурного изменения колебательных мод (б) и диаграмма  $\Delta\text{corr}$  vs  $T$  (в). пунктиры – зона фазового перехода (б); спектрометр LabRamHR800, лазер 633 нм, термоячейка Linkam TSM 600, пространственное разрешение  $\sim 2$  мкм.

*Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» при финансовой поддержке гранта РФФ № 16-17-10283 и гранта РФФИ №17-05-00618\17.*

1. Press W.H, Teukolsky S.A., et al., Numerical Recipes in Fortran 77–Cambridge University Press (1992)
2. Axe J.D., Shirane G., Physical Review B., 1, 432-348 (1970)
3. Zhang M., Salje E.K.H., et al., Phys.: Condens. Matter., 25, 1-12 (2013).
4. Salje E.K.H., Carpenter M.A., et al., Eur. J. Mineral., 12., 503-519 (2000).

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДВУОКСИДА УРАНА С ДОБАВЛЕНИЕМ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Павлова Я.Е.<sup>1\*</sup>, Данилов Д.А.<sup>1</sup>, Шишкин В.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской Академии Наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yana-pavlova-1996@mail.ru](mailto:yana-pavlova-1996@mail.ru)

## **DETERMINATION OF THE DEGREE OF THE RECOVERY OF URANIUM DIOXIDE WITH THE ADDITION OF OXIDES OF RARE-EARTH ELEMENTS**

Pavlova Y.E.<sup>1\*</sup>, Danilov D.A.<sup>1</sup>, Shishkin V.Y.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The determination of the oxygen content in the samples was performed by the method of reductive melting in a stream of inert carrier gas using an METAVAC-AK gas analyzer from Escan. A calibration dependence was built and the oxygen content in the samples was determined.

Ядерно-топливный цикл (ЯТЦ) предполагает, что ОЯТ может повторно использоваться в ядерных установках после специальной обработки. Ввиду высокой стоимости топлива и ряда других факторов, в том числе экологических, необходимо не захоранивать ОЯТ, а подвергать его глубокой переработке, а для этого необходимо исследовать процесс восстановления оксида урана до металлического урана для его последующего применения в закрытом ЯТЦ. Но ОЯТ представляет собой смесь продуктов деления, в основной массе содержащие такие компоненты как оксиды редкоземельных элементов, циркония и других, которые мешают определению процента восстановленного оксида урана. Поэтому определение общего содержания кислорода в смеси этих компонентов позволяет контролировать степень металлизации урана.

Применение различных видов спектроскопии индуктивно связанной плазмы в ряде случаев не обеспечивает требуемую воспроизводимость методики, так как индуктивно связанная плазма работает в атмосфере воздуха. Описана методика фторирования, но она требует применения высокотоксичных соединений. Применение рентгенфлуоресцентного метода анализа не позволяет в полной мере обеспечить требуемую точность измерений, так как кислород – легкий элемент. Поэтому проводили определение содержания кислорода в образцах методом восстановительного плавления в токе инертного газа-носителя; метод отличается высокой точностью определения содержания кислорода.

В работе использовали газоанализатор МЕТАВАК-АК фирмы ЭСКАН. Прибор оборудован импульсной печью; максимальная температура печи 3000 °С. Детектирование осуществляется методом абсорбции инфракрасного излучения.

Были подобраны оптимальные условия анализа: температура печи и навеска. Выяснено, что при малых массах анализируемых веществ наблюдаются отклонения значений содержания кислорода от теоретического ввиду увеличения погрешности взвешивания и ухудшения отношения сигнал-шум. Напротив, при больших навесках наблюдаются отклонения в связи с выходом за верхнюю границу области линейности выходного сигнала детектора. Были построены градуировочные зависимости, по которым определено содержание кислорода в таблетках урана и урана с добавками оксидов РЗМ. Оценены метрологические характеристики разрабатываемой методики с помощью стандартных образцов.

## **ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ЭКСТРАКТОВ ВИНОГРАДА**

Пешкова А.С.\*, Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Шабунина О.В., Хусаинова В.И., Матерн А.И., Иванова А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nastia.peschckova@yandex.ru](mailto:nastia.peschckova@yandex.ru)

## **OBTAINING AND INVESTIGATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF GRAPE EXTRACTS**

Peshkova A.S., Gazizullina E.R., Gerasimova E.L., Shabunina O.V.,  
Khusainova V.I., Matern A.I., Ivanova A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work conducted a selection of conditions for the red grape grist extraction to obtain grapes extracts with a high content of antioxidants. Antioxidant properties were investigated by a potentiometric method using the  $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$  system as an oxidizer model. According to the study, the following conditions were chosen 80°C, 7.5 hours. The maximum degree of polyphenols extraction is achieved under these conditions. In addition, the selected conditions are most convenient in routine analysis while maintaining a technological regime.

Известно, что виноград является богатым источником фенольных соединений [1]. Флавоноиды, фенольные кислоты, 3- и 4-гидроксистильбены, содержащиеся в мякоти, кожице и семенах плодов, участвуют в биологических процессах в организме, в особенности, подавляют разрушающее действие свободных радикалов на биомолекулы. Основной задачей данной работы является выбор оптимальных условий экстракции полифенолов из виноградного шрота с целью получения экстрактов с высоким содержанием антиоксидантов.

Объектом исследования являлся виноградный шрот, доставленный из республики Крым. Исследования антиоксидантных свойств виноградных экстрактов проводили известным потенциометрическим методом с использованием системы  $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$  в качестве модели окислителя [2].

Для выбора оптимальных условий экстракцию осуществляли при разной температуре и времени в водных растворах. При этом была обнаружена следующая закономерность: при увеличении температуры экстракции от  $50^{\circ}C$  до  $100^{\circ}C$  значения антиоксидантной емкости (АОЕ) увеличивались от  $(0.64 - 3.36) \cdot 10^{-2}M$ -экв, что говорит об увеличении скорости экстракции при росте температуре. Поскольку при  $80^{\circ}C$  и выше значения АОЕ не имели статистически значимой разницы, было установлено, что при данной температуре достигается максимальная экстракция полифенолов из шрота. Последующие исследования проводили при данной температуре. Экстракцию проводили в течении 9 часов, отбирая аликвоты для исследования каждые 30 мин. Наблюдалась закономерное увеличение АОЕ экстрактов, которое составила  $(0.66 - 3.39) \cdot 10^{-2}M$ -экв. Оптимальное время экстракции – 7.5 часов. Последующее экстрагирование приводит к уменьшению значений АОЕ, что может быть обусловлено окислением полифенольных соединений при высокой температуре.

Таким образом, в данной работе исследованы антиоксидантные свойства экстрактов виноградного шрота, полученных при различных условиях. На основании полученных данных выбраны оптимальные условия экстракции с точки зрения максимального извлечения полифенольных соединений и удобства возможного внедрения в технологическую линию с целью получения готовых экстрактов для коммерческого продукта.

1. Sridhar K., Charles A.L., Food Chemistry, 275 (2019);
2. Ivanova A. V., Gerasimova E.L. et al., Crit. rev.in analytical chemistry, 45, 4 (2015).



## СПОСОБ КОНТРОЛЯ МОРФОЛОГИИ НАНОТУБУЛЯРНЫХ МАССИВОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХРОНОАМПЕРОГРАММАМ

Петренёв И.А.\*, Камалов Р.В., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.a.petrenev@urfu.ru](mailto:i.a.petrenev@urfu.ru)

## METHOD OF MORPHOLOGY CONTROL OF NANOTUBULAR ARRAYS OF ZIRCONIUM DIOXIDE USING TIME-CURRENT CURVES

Petrenyov I.A.\*, Kamalov R.V., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Nanotubular zirconium dioxide was synthesized by two-stage anodization. Different ways to adjust the nanotube morphology and to achieve maximum rate and efficiency of  $ZrO_2$  nanotube growth were shown. Formation mechanism of nanotubular structure and understanding time-current curves during anodization are discussed.

Нанопористые и нанотубулярные структуры диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) представляют интерес в науке и технологии благодаря ценным химическим, оптическим, диэлектрическим и механическим свойствам, которые позволяют использовать их в качестве мемристоров [1], солнечных элементов, фотокатализаторов и газовых сенсоров [2]. Такие структуры получают методом анодирования металлического циркония в органических электролитах, содержащих фтор-ионы [3]. Скорость роста наноструктур  $ZrO_2$  определяется кинетикой процессов окисления металла и растворения продуктов реакции. Однако, вопрос о процессах, протекающих при анодном окислении в различные моменты времени, до сих пор является открытым. Поэтому целью работы служило исследование кинетических зависимостей параметров анодирования и изучение механизмов роста нанотрубок  $ZrO_2$  на их основе.

Синтез наноструктурного диоксида циркония осуществлялся в специальной двухэлектродной ячейке с двумя контурами термостатирования в потенциостатическом режиме при напряжении 20 В в различных температурных режимах [4]. Анодом служила Zr-фольга (99.9%) толщиной 120 мкм, а катодом – пластина из нержавеющей стали. Образец предварительно обрабатывался в смеси кислот  $HF : HNO_3 : H_2O = 1 : 6 : 20$ , промывался дистиллированной водой и сушился на воздухе. Первый этап анодирования проводился в электролите на основе этиленгликоля с добавками фторида аммония и воды ( $NH_4F$  1 мас. %,  $H_2O$  5 мас. %) в течение 5 мин. После удаления первичного оксидного слоя проводилось вторичное анодирование в том же электролите в течение того же времени. Морфологические параметры синтезированного наноструктурного  $ZrO_2$  изучались на оптическом конфокальном микроскопе Axio CSM 700 и растровом электронном

микроскопе SIGMA VP компании Carl Zeiss. Кривые ток-время записывались с помощью источника тока АКПП и разработанной программы в среде LabView. Согласно приведенным в работе хроноамперограммам в процессе анодирования наблюдаются несколько стадий, каждая из которых характеризует процесс формирования оксидного слоя. По приведенным хроноамперограммам, а также по изображениям сканирующей электронной микроскопии в работе делаются заключения взаимосвязи морфологических характеристик оксидного слоя с формой и интенсивностью кривых. Таким образом, в настоящем исследовании по характерным признакам анодных кривых ток-время осуществлен способ контроля морфологии наноструктурного слоя оксида циркония.

*Ссылка ИА-АС. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01072.*

1. A.S. Vokhmintsev et al., Proc. USBEREIT 2018, 348 (2018).
2. M.G. Hosseini et al., Corros. Eng. Sci. Technol., 50, 7 (2015).
3. A.V. Kozhevina et al., J. Phys. Conf. Ser., 917, 6 (2017)
4. I.A. Petrenyov et al., J. Phys. Conf. Ser., (2018, in press).

## **ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ САМАРИЯ И ИТТЕРБИЯ ЛАНТАНОТЕРМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ**

Петров А.И., Фофанов Г.Л., Гапеевцев А.С., Иванов В.А., Щетинский А.В., Половов И.Б. \*, Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.b.polovov@urfu.ru](mailto:i.b.polovov@urfu.ru)

## **SAMARIUM AND YTTERBIUM METAL PRODUCTION USING LANTANOTHERMIC REDUCTION**

Petrov A.I., Fofanov G.L., Gapeevtsev A.S., Ivanov V.A., Schetinsky A.V., Polovov I.B. \*, Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The method of lanthanothermic reduction was proposed for production of metallic samarium and ytterbium. Their oxides were used as a crude material. The optimal conditions of the processes were determined. The enlarged lots of metals were produced using specially designed set-up.

В современном мире в соответствии с требованиями научно-технического прогресса сохраняется устойчивый рост потребления редкоземельных элементов и скандия. Уровни потребления РЗЭ в промышленно развитых странах мира уже на протяжении нескольких десятков лет служат четкими индикаторами экономического развития и национальной безопасности. В настоящее время в России

отсутствуют промышленные производства по получению редкоземельных металлов методами восстановительной плавки. Из мировой практики известно, что в качестве восстановителя наиболее широко используются металлический кальций и литий.

Проведенный термодинамический анализ показал, что фториды таких РЗМ как самарий и иттербий восстанавливаются литием и кальцием в условиях лишь частично (не более, чем на 80 %), а в предварительных экспериментах было установлено, что выход готового продукта при восстановлении фторидов самария и иттербия литием в реальных условиях не превышает 20 %.

Высокая упругость паров самария и иттербия при повышенных температурах позволяет отгонять эти металлы при пониженных давлениях из реакционной зоны, совмещая операции получения и рафинирования. На основании термодинамического анализа в качестве альтернативного восстановителя в настоящей работе предложено использовать металлический лантан, а восстановительную плавку вести при пониженном давлении, тем самым реализуя процесс дистилляции получаемых металлов. При этом в качестве сырья рекомендовано использовать не фториды, а оксиды металлов, что существенным образом сказывается на себестоимости передела.

Исследованы зависимости степени восстановления от технологических параметров подготовки шихты (геометрические размеры таблетки, усилие прессования таблеток) и параметров восстановительной плавки (температура, избыток металла-восстановителя, остаточное давление аргона, время выдержки). Установлено, что показатели процесса улучшаются при возрастании удельного давления при прессовании таблеток и перестают меняться при стабилизации размеров таблеток.

Найдены оптимальные условия проведения процессов. Так, например, для получения иттербия необходимо, чтобы избыток металла восстановителя составлял 5 %, температура выдержки – 1100 °С, остаточное давление аргона в системе – 5 мм. рт. ст., время выдержки при заданной температуре – 4 часа. Как и следовало ожидать, исходя из физико-химических свойств, оксид самария восстанавливается лантаном с большими трудностями, чем оксид иттербия. Для получения степени восстановления более 90% необходимо снижать давление до  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  мм рт. ст., повышать температуру до 1150-1200 °С и повышать избыток восстановителя до 30 %.

В соответствии с описанными выше технологическими условиями для определения технологических показателей получения самария и иттербия лантанотермическим восстановлением на исследовательской установке ЛУ-С(И)-ВП были проведены укрупненные балансовые эксперименты, в ходе которых были получены партии металлов, а также подтверждены оптимальные параметры проведения технологических операций, которые взяты за рекомендуемые для технико-экономических расчетов. Проведенный химический анализ указал на высокую чистоту получаемых продуктов.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО УРАНА ОТ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Петров А.И.\*, Максимцев К.В., Мухамадеев А.С., Чукин А.В., Половов И.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [antonpi1993@gmail.com](mailto:antonpi1993@gmail.com)

## **INVESTIGATION OF THE PYROMETALLURGICAL PROCESS OF METALLIC URANIUM SEPARATION FROM RARE EARTHS OXIDES**

Petrov A.I.\*, Maksimtsev K.V., Muhamadeev A.S., Chukin A.V., Polovov I.B.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The processes of interaction between metallic uranium and rare earth oxides, i.e. neodymium oxides were investigated using both thermodynamic modeling and during experimental exposures at 1300 – 1500 °C. It was shown that metallic uranium partly reduces neodymium oxide resulting in formation uranium dioxide film that prevents ingot formation. Increase the temperature leads to higher degree of reduction and further complicates the rare earth oxide separation from uranium metal. Method of direct smelting can not be used for fissile materials extraction from mixture of metallic and oxide components obtained during nuclear fuel reprocessing.

В процессе переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ) в ряде технологических схем предусмотрено отделение целевых компонентов от редкоземельных продуктов деления за счет селективного окисления последних или избирательного восстановления оксидов делящихся материалов. Очевидным способом разделения металлической и оксидной фазы является процесс плавки. Принимая во внимание то, что температуры плавления редкоземельных оксидов превышают 2000 °C, а температура плавления наиболее тугоплавкого делящегося материала, а именно урана составляет 1132 °C, сделано предположение, что в ходе выдержки металл-оксидной шихты при температурах свыше 1200 °C металлический уран будет плавиться и скапливаться на дне контейнера, в то время как оксиды РЗМ будут всплывать и концентрироваться над слитком металла. В настоящей работе на примере металлического урана и оксида неодима проведена экспериментальная проверка данного способа разделения компонентов ОЯТ.

В ходе предварительного термодинамического моделирования показано, что при температурах свыше 1000 °C может протекать реакция восстановления неодима металлическим ураном, причем рост температуры и превышение стехиометрического количества урана обуславливают увеличение степени восстановления. Однако, в равновесных условиях доли восстановленного неодима и образующегося диоксида урана относительно невелики, что не должно оказывать существенного влияния на сепарацию оксидных редкоземельных компонентов от основной массы урана.

В ходе пирометаллургических экспериментов, проведенных в инертной атмосфере аргона высокой чистоты, показано, что в ходе выдержки урана с оксидом неодима при 1300 – 1500 °С не происходит испарения каких-либо компонентов шихты. Вместе с тем, несмотря на превышение температуры плавления урана сформировать слиток металла не удалось. На поверхности контакта между металлическим ураном и оксидом неодима произошло формирование пленки диоксида урана, препятствующей коалесценции металлического расплава. Указанная оксидная фаза образуется в результате восстановления оксида неодима металлическим ураном, что подтверждается наличием металлического неодима в поверхностном слое урановых гранул. Интересно, что увеличение температуры 1500 °С приводит к увеличению степени восстановления неодима и еще больше усложняет отделение металлической фазы. Таким образом, нами сделан вывод, что метод прямого плавления не может быть использован для извлечения дегазируемых материалов из полученной в ходе переработки ОЯТ шихты, содержащей дегазируемые материалы в металлической форме и оксиды редкоземельных продуктов деления.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОВ АТМОСФЕРЫ ОБЖИГА КЕРАМИКИ ИЗ ПОСЕЛЕНИЯ БРОНЗОВОГО ВЕКА КАМЕННЫЙ АМБАР ПО ДАННЫМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА

Пискарева М.П.<sup>1</sup>, Рянская А.Д.<sup>2</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>, Пантелеева С.Е.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>2</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург

<sup>3</sup>Институт истории и археологии УрО РАН, Екатеринбург

\*E-mail: [mariaaver7@gmail.com](mailto:mariaaver7@gmail.com)

## DETERMINATION OF THE FIRING TEMPERATURE AND REDOX ATMOSPHERE OF THE POTTERY FROM THE BRONZE AGE SETTLEMENT KAMENNY AMBAR BY X-RAY DIFFRACTION PHASE ANALYSIS

Piskareva M.P.<sup>1</sup>, Ryanskaya A.D.<sup>2</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>, Panteleeva S.E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>Institute of History and Archaeology, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

XRD is used to determine the phase composition of the Bronze age pottery. Chlorite and calcite presence and the lack of high-temperature newly formed minerals indicate low firing temperatures (650-800°C) that are characteristic of the bonfire firing technology. The oxidizing atmosphere is established for a number of ceramic fragments due to the presence of iron oxidized compounds (hematite and goethite). The quantitative data on the additive content (talc, calcite, etc.) in pottery is obtained.

Исследование минерального состава керамик является крайне важным для определения максимальных температур обжига и его ОВ атмосферы. Это достигается путем идентификации специфических минеральных фаз, например, первичных (минералов, присутствующих в исходном глиняном сырье и не подвергающихся каким-либо изменениям в процессе обжига), новообразованных (кристаллических фаз, образующихся при обжиге), а также вторичных (фаз, образующихся в процессах захоронения обожженной керамики). Эти параметры, в свою очередь, могут дать ценную информацию о достигнутом технологическом уровне гончарного мастерства древнего общества.

**Цель работы:** оценка температуры и ОВ атмосферы обжига керамики по данным рентгенофазового анализа.

**Материалы и методы:** Исследован ряд образцов керамики синташтинского типа из коллекции укрепленного поселения Каменный Амбар (Южный Урал), раскопки которого осуществлялись в 2005–2013 гг. в рамках российско-германского проекта [2]. Для изученных образцов ранее был проведен технологический анализ, а также исследование элементного состава методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) [1]. Исследованные образцы керамики

характеризовались двумя различными типами исходного сырья (ожелезненная глина различной степени запесоченности и илистая глина) и 6 основными рецептурами.

Дифрактограммы получены с использованием рентгеновского дифрактометра SHIMADZU XRD-7000. Условия проведения – фильтрованное медное излучение в диапазоне брэгговских углов  $2\Theta$  3-70°, скорость съемки 1°/мин. Количественный рентгенофазовый анализ проведен с помощью программного комплекса SiroQuant (Sietronics, Австралия) в соответствии с работой [3].

**Результаты:** Рентгенофазовый анализ керамики из поселения бронзового века Каменный Амбар (Южный Урал) показал, что в состав керамик входят кварц, слюда (мусковит), хлорит, калий-полевошпатовый шпат (микроклин), плагиоклаз (альбит), тремолит, пирит и рутил. Доломит и кальцит могут присутствовать как в сырье для формовки, так и входить в состав добавок-отошителей (раковины и шамот с примесью раковины). Тальк является основным компонентом добавок и обнаружен в больших количествах во всех исследованных пробах. По наличию хлорита, кальцита и отсутствию новообразованных высокотемпературных фаз можно сделать вывод о довольно низкой температуре обжига (для ряда образцов не превышающей 650°C, а для некоторых находящейся в диапазоне 650-800°C). Атмосфера в процессе отжига была преимущественно восстановительная, и лишь для двух керамик – окислительная, о чем свидетельствует наличие окисленных соединений железа (гематита и гетита).

*Работа выполнена в ЦКП «Геоаналитик» в рамках темы № 0393-2016-0025 государственного задания ИГГ УрО РАН.*

1. Дубовцева Е.Н., Киселева Д.В. и др. Уральский исторический вестник, 4(53), 99-110 (2016).
2. Корякова Л. Н., Краузе Р. Археология, этнография и антропология Евразии, 4(48), 61-74 (2011).
3. Рянская А.Д., Щапова Ю.В. и др. ЕЖЕГОДНИК-2014, Тр. ИГГ УрО РАН, 162, 267-275 (2015).

**РАВНОВЕСИЕ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ В ЧЕТВЕРНОЙ СИСТЕМЕ  
ПРОПИОНОВАЯ КИСЛОТА – *n*-ПРОПАНОЛ – *n*-  
ПРОПИЛПРОПИОНАТ – ВОДА ПРИ 303.15 К**

Подрядова К.А. \*, Тойкка М.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: [podryadovaaa@mail.ru](mailto:podryadovaaa@mail.ru)

**LIQUID-LIQUID EQUILIBRIUM FOR THE QUATERNARY SYSTEM  
PROPIONIC ACID - *N*-PROPANOL - *N*-PROPYL PROPIONATE - WATER  
AT 303.15 K**

Podryadova K.A. \*, Toikka M.A.

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

In this research, a study of the phase equilibrium of liquid-liquid in a quaternary system with a technologically important esterification reaction of *n*-propyl propionate in isothermal conditions was provided. The investigation was performed by gas chromatography.

Развитие энерго- и ресурсосберегающих экологически чистых процессов – одна из основных причин детального изучения физико-химических свойств совмещенных процессов в многокомпонентных реакционных системах. Для оптимизации этих процессов необходимы данные о фазовых равновесиях. Однако эта научная область остается малоизученной, а информация о равновесии жидкость-жидкость, необходимая, в частности, для пополнения экспериментальной базы данных, практически отсутствует.

Целью исследования является изучение равновесия жидкость-жидкость в системе пропионовая кислота – *n*-пропиловый спирт – *n*-пропилпропионат – вода в изотермических условиях при 303.15К и атмосферном давлении. Определение составов компонентов в изучаемой системе проводилось с использованием газовой хроматографии. При исследовании фазового равновесия в системе пропионовая кислота – *n*-пропиловый спирт – *n*-пропилпропионат – вода были проанализированы две трехкомпонентные (*n*-пропилпропионат - пропионовая кислота – вода, *n*-пропилпропионат – *n*-пропиловый спирт – вода) и пять четырехкомпонентных систем, брутто-составы которых отвечали определенным соотношениям концентраций пропилового спирта и пропилпропионата (5:1, 2:1, 1:1, 2:1, 5:1). Исходные соотношения компонентов в смеси были определены с помощью ранее опубликованных данных [1]. На базе полученных результатов была построена бинадальная поверхность 3-х мерном концентрационном пространстве (рисунок 1). Проведен сравнительный анализ экспериментальных данных с литературными [1].

*Работа выполнена при поддержке Стипендии Президента РФ (СП-2140.2016.1).*



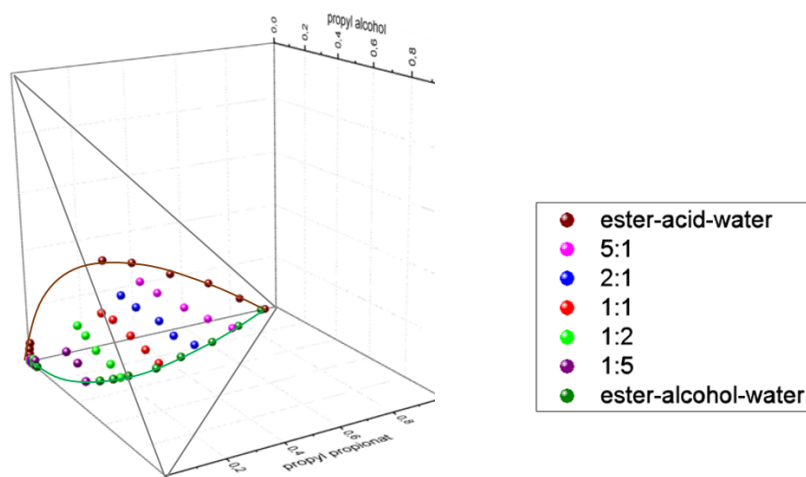


Рис. 1. Поверхность фазового равновесия в системе пропионовая кислота – *n*-пропиловый спирт – *n*-пропилацетат – вода при 303.15 К (● – составы равновесия жидкость-жидкость)

1. Samarov A., Toikka M., et al., Fluid Phase Equilibria, 425, 183-187 (2016).

## СОРБЦИЯ МЫШЬЯКА (III) НА ИОНИТЕ LEWATIT FO36

Сорокин С.С., Польшина Т.Д.\*, Маковская О.Ю.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tatanapolsina@gmail.com](mailto:tatanapolsina@gmail.com)

## ARSENIC (III) SORPTION BY IONITE LEWATIT FO36

Sorokin S.P., Polshina T.D., Makovskaya O.Yu.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The possibility of application of Lewatit FO36 for arsenic (III) sorption was studied. The static exchange capacity of resin for arsenic and its ability to regeneration is determined.

Для очистки сточных вод от мышьяка достаточно широко используют сорбенты на основе гидроксида железа (III). Например, для сорбционной очистки широко используют акаганеит [1-3]. Акаганеит обладает достаточно высокой сорбционной емкостью за счет большой удельной поверхности, поскольку при его синтезе образуются наноразмерные частицы. Основным недостатком таких сорбентов является плохая фильтруемость и заметное снижение емкости через несколько циклов «сорбция-десорбция».

Этих недостатков можно избежать, нанося активный слой оксигидрата железа на какой-либо носитель. Известен промышленно выпускаемый сорбент подобного рода. Lewatit® FO 36 – макропористый монодисперный сорбент на базе

шитого полистирола, селективный по отношению к оксианионам, таким как арсенат-ион. Внешняя и внутренняя поверхность полимерных гранул этого слабо-основного анионита покрыта нанопленкой оксида железа. Оксоанионы специфически обратимо связываются с гидроксигруппами на поверхности оксида железа [4].

В данной работе определена статическая обменная емкость Lewatit® FO 36 по ионам мышьяка (III). Для этого навеску ионита массой 0,5 г, предварительно переведенного в ОН-форму приводили в контакт с 50 см<sup>3</sup> раствора As(III) с концентрацией 0,1 г/дм<sup>3</sup> при периодическом перемешивании. Время контакта 24 часа. Значение СОЕ составило 4,2 мг/см<sup>3</sup>, что соответствует данным производителя. Проведена десорбция мышьяка 1 н раствором NaOH. Степень десорбции составила 96%.

Методом переменных навесок при температуре 25 °С и продолжительности контакта 24 часа была получена изотерма сорбции As(III). Вид изотермы характерен для сорбентов, имеющих микро- и макропоры. Согласно классификации изотерм, предложенной Ч. Гильсом, данная изотерма относится к классу Н. Изотермы класса Н в области низких концентраций отличаются чрезвычайно сильным сродством сорбата к сорбенту, что отражается в практически вертикальном начальном участке изотермы сорбции.

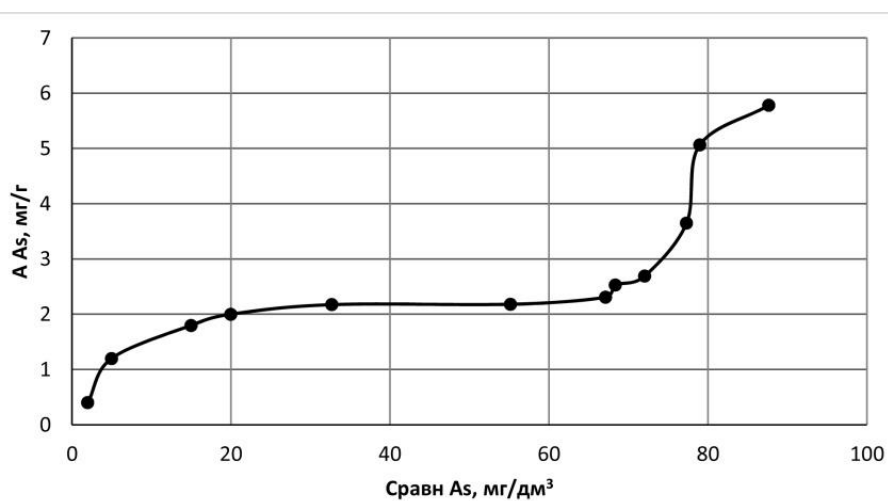


Рис.1. Изотерма сорбции As(III) на Lewatit® FO 36

Такие изотермы возможны при хемосорбции веществ на поверхности сорбента, а также при ионном обмене.

1. Pol'shina T.D., Makovskaya O.Yu., et al., Solid State Phenomena, 284, 870-876, (2018).
2. Solozhenkin P.M., Deliyanni E.A., et al., Journal Mineral Science, 39, 287-296, (2003).
3. Deliyanni E.A., Nalbandian L., et al., Journal of Colloid and Interface Science. 302, 458-466, (2006).
4. <http://ion-resins.ru/24-lewatit-fo36.html>

## ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ЙОДОМ И УЛЬТРАЗВУКА НА СОСТАВ И МОРФОЛОГИЮ ПЛЕНОК PBS

Поздин А.В.<sup>1\*</sup>, Сарыева Р.Х.<sup>1</sup>, Туленин С.С.<sup>1</sup>, Маскаева Л.Н.<sup>1,2</sup>, Марков В.Ф.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [andrej.pozdin@yandex.ru](mailto:andrej.pozdin@yandex.ru)

## THE EFFECT OF IODINE AND ULTRASOUND ALLOCATION ON THE COMPOSITION AND MORPHOLOGY OF PBS FILMS

Pozdin A.V.<sup>1\*</sup>, Saryeva R.Kh.<sup>1</sup>, Tulenin S.S.<sup>1</sup>, Maskaeva L.N.<sup>1,2</sup>, Markov V.F.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University (named after the first President of Russia B.N. Yeltsin),  
Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia

It is known that alloying or the use of ultrasonic vibrations significantly affect the deposition process of thin films. The morphology of PBS thin films was studied using scanning electron microscopy. The results showed that the crystallites size reduced by doping or under the influence of ultrasound.

Сульфид свинца – узкозонный полупроводник типа  $A^{IV}B^{VI}$  с шириной запрещенной зоны  $\sim 0.41$  эВ, применяется в ИК-детекторах, инжекционных лазерах, в качестве материала для солнечной энергетики, для электролюминесцентных батарей, датчиков контроля токсичных газов, влажности, температуры и т.д. Перспективность гидрохимического осаждения тонких пленок PbS обусловлена возможностью за счет допирования или физического воздействия на реакционную смесь получать высокофункциональные материалы. Поэтому настоящая работа посвящена исследованию влияния легирования и ультразвука на состав и морфологию гидрохимически осажденных пленок PbS.

На обезжиренные ситалловые подложки из аммиачно-цитратной ванны синтезированы пленки PbS, легированные йодом, а также после воздействия ультразвуком мощностью 30 Вт на реакционную смесь, толщина которых соответственно составила 500 нм, 300 нм. Для сравнения толщина пленки PbS, полученной без легирования и ультразвукового воздействия – 540 нм. Микрофотографии обсуждаемых слоев, полученные с помощью растрового электронного микроскопа JEOLJSM-5900 LV, показаны на рис. Кристаллиты, формирующие пленку PbS в отсутствие каких-либо воздействий, имеют выраженную кубическую огранку, которые растут в направлении [111], причем  $\sim 75$  % имеют средние размеры 200-600 нм, а доля более крупных (800-1000 нм) составляет  $\sim 12$  % (рис. 1а). Существенное влияние на архитектуру пленок и размеры формирующих их кристаллитов оказывает введение йодида аммония в реакционную смесь:

кубический габитус превращается в зернисто-шарообразные агрегаты размером 300-350 нм, которые состоят из более мелких частиц ~ 40 нм (б), ультразвуковая обработка раствора при конденсации PbS способствует образованию однородных агрегатов 200-250 нм (в). Следует ожидать, что установленные различия в морфологии и составе пленок PbS окажут влияние и на их функциональные свойства.

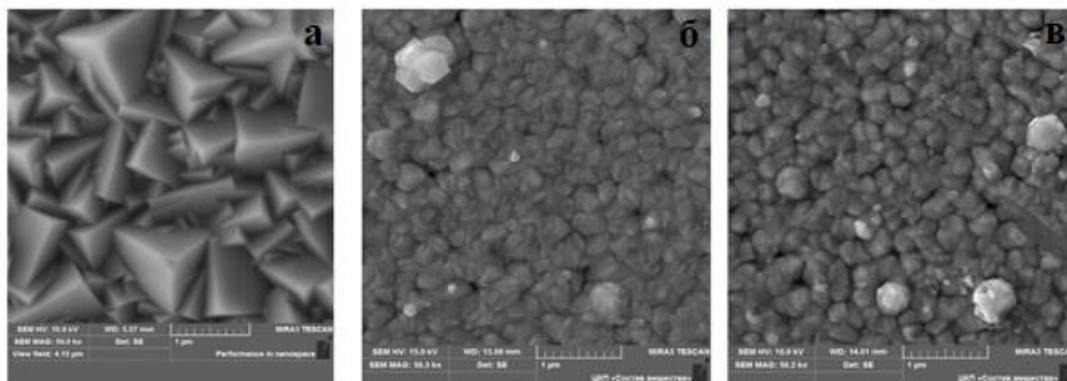


Рис.1. Микрофотографии пленок PbS, нелегированной (а), легированной йодом (б), при воздействии ультразвуком на реакционную смесь (в)

Как известно, что любое воздействие (легирование или использование ультразвуковых колебаний) существенно влияют на процесс осаждения тонких пленок. При использовании сканирующей электронной микроскопии было проведено исследование морфологии тонких пленок PbS. Результаты показали, что размер кристаллитов уменьшается при легировании, а также под воздействие ультразвуковых колебаний.

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКРИСТАЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ

Пронина М.О.\* , Бакшеев Е.О., Машковцев М.А., Бажукова И.Н.,  
Касьянова В.В., Мышкина А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [1797masha@gmail.com](mailto:1797masha@gmail.com)

## SYNTHESIS AND STUDY PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF NANOCRYSTALLINE CERIA

Pronina M.O.\*, Baksheev E.O., Mashkovtsev M.A., Bazhukova I.N.,  
Kasianova V.V., Myshkina A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the synthesis and study of the physicochemical properties of nanocrystalline ceria and sols prepared on its basis.

Большинство биологических систем характеризуются наличием колебательных редокс-процессов, направленных на поддержание определенного уровня активных форм кислорода (АФК). Нарушение таких циклов может привести к окислительному стрессу (ОС) и гибели клеток. Использование нанокристаллического диоксида церия (НДЦ) в качестве регулятора АФК позволяет предотвратить возникновение ОС и его участие в патогенезе таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера, Паркинсона, склероза, эпилепсии и т.д.

На сегодняшний день существует множество методов получения НДЦ для биомедицинского применения. Однако практический интерес представляют методы, позволяющие получать НДЦ размером менее 10 нм. Такие наночастицы обладают высокой кислородной нестехиометрией, за счет чего способны активно участвовать в окислительно-восстановительных реакциях и связывать АФК. Кроме того, уменьшение размеров НДЦ сопровождается резким уменьшением токсичности на биологические объекты [1]. Также на токсичность влияют стабилизаторы и прекурсоры, используемые при синтезе НДЦ.

Данная работа была направлена на получение наночастиц диоксида церия с контролируемым размером частиц.

В ходе работы были синтезированы образцы: со стабилизацией наночастиц диоксида церия мальтодекстрином (МД) на этапе гидролиза соли Се(III) (Се-1), образец приготовленный методом осаждения при постоянном значении рН с обработкой изопропиловым спиртом (Се-2). Данные образцы сравнивали с образцом, полученным методом испарения электронным пучком в газе низкого давления в ИЭФ УрО РАН (Се-3) [2]. Золи полученных наночастиц были приготовлены методом ультразвукового диспергирования в воде. Наночастицы образцов Се-2 и Се-3 стабилизировали цитратом натрия на этапе приготовления зольей.

## Ширина запрещенной зоны

Образец	Се-1	Се-2	Се-3
ШЗЗ	3,42	2,37	3,24

По спектрам поглощения и расчету ширины запрещенной зоны возможно оценить размер частиц в золе: при уменьшении размера частиц увеличивается ШЗЗ [4]. Для образца Се-1 значение ШЗЗ оказалось значительно выше, чем для образцов Се-2 и Се-3, поэтому можно предположить, что размеры частиц, стабилизированных МД, меньше других образцов.

Также путем анализа седиментационной устойчивости зольей было показано, что наночастицы, стабилизированные МД, более стабильны во времени, что также свидетельствует о меньших размерах агломератов.

Таким образом, стабилизация НДЦ с помощью МД позволяет получать более стабильные и мелкодисперсные золи, которые могут найти свое применение в медикобиологической отрасли.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188)*

1. Park B., Donaldson K., Duffin R. et al. *Inh. Toxicol.* 2008. V. 20, N 6. P. 547-566
2. В.Г. Ильвес, С.Ю. Соковнин. *Российские нанотехнологии* 7, 34 (2012).
3. Wang Z. *Inorg. Chem.* 2007. V. 46. No. 13. P. 5237–5242
4. M. E. Khalifi, F. Picaud and M. Bizi. *Anal. Methods*, 2016, 8, 5045

**СЕЛЕКТИВНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ВИСМУТА-212 ИЗ РАСТВОРА ТОРИЯ**

Пьянков А.А.\* , Бетенеков Н.Д.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия\*E-mail: [artsnz@mail.ru](mailto:artsnz@mail.ru)**SELECTIVE SEPARATION OF BISMUTH-212  
FROM THORIUM SOLUTION**

Pyankov A.A.\* , Betenekov N.D.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

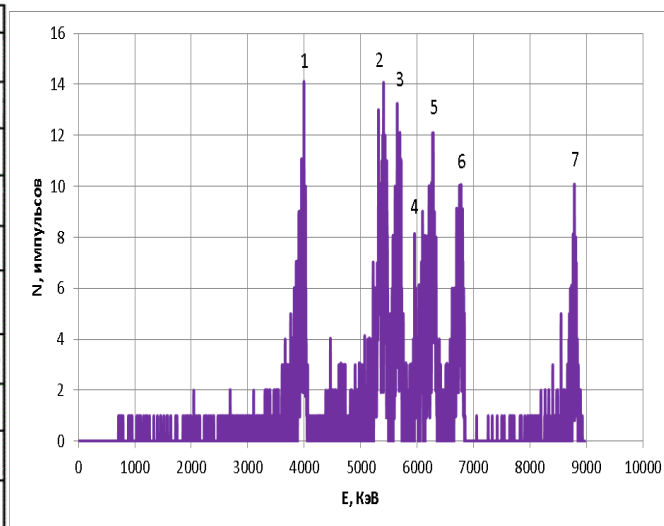
Radioactive isotopes bismuth-212,213 are the most promising for the therapy of many oncological diseases. Selective separation of these radionuclides from solutions of thorium-232,229 is an important task of nuclear medicine. In this paper, one of the options for solving this problem is proposed.

Наибольшее распространение в ядерной медицине получил многостадийный способ выделения висмута-213 из раствора тория-229, включающий стадию отделения тория-229 от урана-233, затем стадию отделения актиния-225 от тория-229 и на последней стадии висмут-213 отделяют от актиния-225 [1]. Представляло интерес рассмотреть возможность непосредственного селективного выделения висмута-213 из раствора тория-229, а, возможно, и из раствора урана-233. Для моделирования этого процесса на первом этапе можно использовать раствор тория-232, приготовленного из выдержанной не менее 60 лет соли тория. В этом случае в ряду тория-232 (рис.1,а) существует вековое радиоактивное равновесие и активности всех радионуклидов этого ряда равны друг другу. Как видно из рис.1,а в ряд тория-232 входят большое количество разнообразных радионуклидов альфа- и бета-излучателей, включая висмут-212. Последний изотоп относится к числу семи радионуклидов альфа- излучателей, входящих в ряд тория-232, и так же считается перспективным для терапии онкологических заболеваний. На рис.1,б приведен альфа-спектр аликвоты раствора тория-232, из которого видно, что в спектре присутствуют пики полного поглощения (ППП) всех семи радионуклидов альфа- излучателей, входящих в ряд тория-232.

Для выделения висмута-212 из раствора тория-232 использовали рекомендации работы [2]

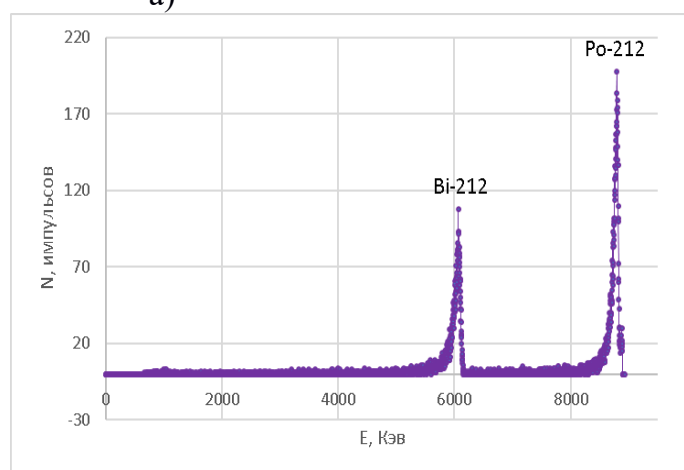
Приведенный на рис. 1в альфа-спектр свидетельствует о высокой селективности выделения Bi-212 из раствора тория. В докладе приведены количественные характеристики селективности выделения Bi-212 из раствора тория, полученные в результате многократного повторения сорбционно-хроматографического выделения Bi-212.

Z	Эле-мент	Изотопы	
90	Th	$^{232}\text{Th}$ 1,4·10 <sup>10</sup> л	$^{228}\text{Th}$ 1,912 л
89	Ac	$^{228}\text{Ac}$ 6,15 ч	
88	Ra	$^{228}\text{Ra}$ 5,75 л	$^{224}\text{Ra}$ 3,632 дн
87	Fr	$^{224}\text{Fr}$ 3,33 м	
86	Rn	$^{220}\text{Rn}$ 56,6 с	
85	At		$^{216}\text{At}$ 1·10 <sup>-4</sup> с
84	Po		$^{216}\text{Po}$ 0,145 с
83	Bi		$^{212}\text{Bi}$ 60,55 м
82	Pb	$^{212}\text{Pb}$ 10,64 ч	$^{208}\text{Pb}$
81	Tl		$^{208}\text{Tl}$ 3,05 м



а)

б)



в)

Рис.1. а) Семейство Th-232 [3], б) альфа-спектр 20 мкл раствора тория-232 (цифрами отмечены ППП: 1 – Th-232; 2 – Th-228; 3 – Ra-224; 4 – Bi-212; 5 – Rn-220; 6 – Po-216; 7 – Po-212); в) альфа-спектр концентрата Bi-212, выделенного из раствора тория.

1. Morgenstern A., Bruchertseifer F., et al., Current Radiopharm., 5, 221-227 (2012)
2. Бетенеков Н.Д., Денисов Е.И. и др., Радиохимия (в печати).
3. Бекман И.Н., Радиохимия, МГУ (1998).



## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ДЛЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Рогожин А.Е.<sup>\*</sup>, Васильев В.Д., Рыбкин П.А., Гречухина К.С.

Дзержинский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного  
технического университета им. Р.Е. Алексеева, Дзержинск

<sup>\*</sup>E-mail: [anton.dpi@yandex.ru](mailto:anton.dpi@yandex.ru)

## **INFLUENCE OF THE CONDITIONS OF SYNTHESIS OF DEPRESSOR ADDITIVES FOR BIODIESEL FUEL ON THEIR MAIN CHARACTERISTICS**

Rogozhin A.E.<sup>\*</sup>, Vasiliev V.D., Rybkin P.A., Grechukhina K.S.

Dzerzhinsky Polytechnic Institute (branch) Nizhny Novgorod State Technical University  
n.a. R.E. Alekseev, Dzerzhinsk

The biodiesel fuel has a significant drawback. It has high pour point (PP), cloud point (CP), and cold filter plugging point (CFPP). Therefore, biodiesel cannot be use in fuel systems at negative temperatures. The use of depressor additives is the most effective and economical way to improve low-temperature properties of fuels. In this paper, we studied the basic regularities of the synthesis of additive based on polymethacrylate.

Существенным недостатком биодизеля являются высокие температуры замерзания (ТЗ), помутнения (ТП), а так же предельная температура фильтруемости (ПТФ), поэтому затруднительно его использование в топливных системах при отрицательных температурах. Для обеспечения требуемых низкотемпературных показателей к топливу необходимо добавить эффективную депрессорную присадку. В связи с этим в данном исследовании были изучены основные закономерности процесса синтеза присадки на основе полиметакрилата.

В работе было исследовано влияние на основные показатели депрессорной присадки таких факторов, как состав эфиров метакриловых кислот, количества инициатора, количества регулятора полимеризации.

В ходе исследования было обнаружено, что для производства наиболее эффективной депрессорной присадки к биодизельному топливу наиболее целесообразно использовать смесь спиртовых С12-14 и С16-18 эфиров метакриловой кислоты. При этом наилучшие результаты показала присадка, синтезированные при соотношении эфиров С12-14:С16-18 равным 80:20.

Значительное влияние на свойства присадки так же оказывает количество инициатора добавляемого при синтезе. В качестве инициатора в работе использовался третбутилперокси-2-этилгексаноат.

Наименьшие значения ТЗ биодизеля были зафиксированы при добавлении к нему присадок, синтезированных с использованием 2 % масс. и 3 % масс. инициатора. Однако при количестве инициатора 3 % масс. достигается более низкая

ПТФ и молекулярная масса, поэтому данная концентрация инициатора была выбрана оптимальной.

Большую роль в процессе полимеризации играет регулятор молекулярной массы, позволяющий осуществлять обрыв и передачу полимерной цепи, что приводит к целенаправленному регулированию молекулярной массы и молекулярно-массового распределения. В данной работе в качестве регулятора молекулярной массы использовали додецилмеркаптан.

Изменение концентрации регулятора с 0 % масс. до 0,5 % масс., что соответствует молекулярным массам от ~75000 до ~55000 соответственно, ПТФ практически не изменялась. Однако после снижения молекулярной массы полимера ниже 55000 наблюдалось резкое снижение предельной температуры фильтруемости и при добавлении присадки на основе полимера с молекулярной массой ~13000 и полидисперсностью ~1,5 ПТФ рапсового биодизеля составила -31 °С при ТЗ -37 °С. Дальнейшее снижение молекулярной массы присадки за счет добавления регулятора полимеризации привело к повышению ПТФ биодизеля.

Таким образом, наилучшие низкотемпературные свойства достигаются при добавлении к биодизелю присадки синтезированной в следующих условиях: среда полимеризации масло И-20, соотношение эфиров метакриловой кислоты С12-14:С16-18 равно 80:20, количество инициатора 3 % масс., количество регулятора полимеризации 2,5 % масс.

## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ФОСФОРМОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕОЛИТОВОГО КАТАЛИЗАТОРА

Рожков В.В.<sup>1\*</sup>, Семухин С.П.<sup>1</sup>, Таранова Л.В.<sup>1</sup>, Мозырев А.Г.<sup>1</sup>

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [vadrohkov95@mail.ru](mailto:vadrohkov95@mail.ru)

## STUDYING THE PROPERTIES OF PHOSPHOROMODIFIED ZEOLITE CATALYST

Rozhkov V.V.<sup>1\*</sup>, Semukhin S.P.<sup>1</sup>, Taranova L.V.<sup>1</sup>, Mozyrev A.G.<sup>1</sup>

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

The work presents literature data on zeolites of cracking catalyst components, a comparison of the specific surface area and pore volume of the initial and modified zeolite, a modification of the zeolite component of the cracking catalyst with phosphorus. The structure and properties of samples based on ZSM-5 zeolites were studied. To assess the porous structure of the samples, the analysis of nitrogen adsorption – desorption isotherms at 77.4 K; cracking products were analyzed to assess the catalytic activity. The changes in the porous structure of the zeolite and the decrease in the total acidity of the modified catalyst are revealed and considered.

В процессах каталитического крекинга используют катализаторы на цеолитовой основе – цеолит Y и ZSM-5. В данной работе используются цеолитные композиты состоящие из цеолитов Y и ZSM-5, получают с использованием Y-цеолита в качестве частичных питательных веществ для роста ZSM-5.[1,2]. Добавление фосфора в цеолит повышает гидротермическую стабильность, механическую прочность, устойчивость к закоксовыванию катализатора и способствует увеличению выхода пропилена.

В настоящей работе выполнена модификация цеолита ZSM-5 с различными значениями силикатного модуля фосфором из расчета 4 и 8% мас. фосфора для цеолитов с модулем 30 и 80.

В ходе работы определена удельная поверхность, объем мезо- и микропор, пористая структура цеолитов. Проведена термопрограммируемая десорбция (ТПД) аммиака. Также производилось сравнение состава приготовленных образцов модифицированного и исходного цеолита ZSM-5.

Сравнение исходных и модифицированных образцов показало:

1. При модификации фосфором отмечается снижение удельной площади поверхности и объема пор ZSM-5, что обусловлено блокировкой каналов цеолита. С увеличением содержания фосфора отмечается более интенсивное снижение основных характеристик пористой структуры;

2. В результате введения фосфора в количестве 4 и 8 мас. % в зависимости от значений силикатного модуля происходит снижение общей кислотности ZSM-5, а также количественное перераспределение между слабыми и средними кислотными центрами. В результате, отмечается увеличение доли центров, относящихся к средним кислотным центрам;

3. Модификация цеолита ZSM-5 фосфором способствует не только увеличению выхода бензиновых и газовых фракций, но и повышению селективности образования олефинов C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub>.

1. Войцеховский Б.В., Каталитический крекинг: Катализаторы, химия, кинетика, Химия (1990).
2. Нефедов Б.К., Катализаторы процессов углубленной переработки нефти, Химия (1992).

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА «БУТАДИЕН»**

Рулинская М. А., Дерюгина О. П.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [olga-7266@mail.ru](mailto:olga-7266@mail.ru)

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT MANUFACTURING «BUTADIENE»**

Rulinskaya M. A., Deryugina O.P.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

In various industries petrochemical industries share heat exchange equipment can be up to 40% of the total number of units of equipment used. The one-step process of dehydrogenation of n-butane is an endothermic process, therefore, is characterized by high energy costs. Therefore, the important question is to conserve resources and energy consumption. In this regard, it is important in a system of water recycling use highly effective methods of water purification promoborotnyh and modern types of heat exchangers.

На нефтехимических предприятиях все технологические процессы связаны с охлаждением или нагревом сред. Не исключением является и эндотермический процесс получения бутадиена путем одностадийного дегидрирования н-бутана. Теплообменные процессы оказывают существенное влияние на проведение самого технологического процесса, и на экономику предприятия в целом. Это связано с тем, что некорректная работа теплообменного оборудования может привести к ухудшению качества товарного продукта, а также к большому расходу теплоносителей, вследствие этого повышаются энергетические затраты производства.

Часто на предприятиях в целях экономии используют контур циркулирующей воды, подпитываемый свежей водой. Такие контуры именуют обратными системами, они значительно снижают расход теплоносителей. Однако вода в таких системах со временем подвергается различным загрязнениям, в качестве которых могут выступать соли жёсткости, продукты коррозии, скелеты микроорганизмов и другие. В результате их образования снижается теплообмен между теплоносителем и средой. На установке получения бутадиена -1,3 в основном используются кожухотрубчатые теплообменники, так как установка введена в эксплуатацию в 80-х годах.

На данный момент одними из самых эффективных теплообменников являются пластинчатые теплообменники. Теплообмен в данных аппаратах происходит более интенсивно. Они компактны и при этом смогут обеспечить нужный технологический режим. В работе представлен анализ работы некоторых позиций кожухотрубчатых теплообменников, с целью их замены на пластинчатые аппараты.

Следует отметить, что для эффективной работы пластинчатых теплообменников необходима очищенная вода. С этой целью в работе было проведено исследование образца твердого осадка со стенок теплообменного оборудования термогравиметрическим методом и исследование образцов промоборотной воды методами титриметрии (результат анализа - суммы кальция и магния: 2,1 ммоль/л) и АЭС-МП [1].

1. Вайтулевич, Е.А., Бабкина О.В. и др., Термический анализ органических полимерных материалов и композитов, Томский государственный университет (2011).

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ**

Рыжов А.А.\*, Иванов А.Б., Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.a.ryzhov@urfu.ru](mailto:a.a.ryzhov@urfu.ru)

## **EFFECT OF TEMPERATURE ON ELECTRONIC ABSORPTION SPECTRA OF TUNGSTEN-CONTAINING CHLORIDE MELTS**

Ryzhov A.A.\*, Ivanov A.B., Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electronic absorption spectra of tungsten-containing chloride melts were recorded at 450–850 °C under the atmosphere of high purity argon. The measurements were performed in NaCl–KCl–CsCl and LiCl–KCl eutectic based melts.

Расплавы на основе хлоридов щелочных металлов являются привлекательной средой для различных электрохимических процессов в химической технологии редких тугоплавких металлов, в том числе вольфрама. Расплавленные электролиты могут быть использованы в процессах электроосаждения и рафинирования металлов. Поскольку вольфрам является поливалентным металлом, для оптимизации технологических процессов представляют интерес данные об ионно-координационном состоянии вольфрама в среде расплавленных хлоридов.

Электронная спектроскопия поглощения является одним из методов изучения расплавов, содержащих ионы металлов с частично заполненными d-орбиталями. В данной работе были изучены электронные спектры поглощения (ЭСП) вольфрамсодержащих хлоридных расплавов на основе эвтектических смесей щелочных металлов LiCl–KCl и NaCl–KCl–CsCl в температурном диапазоне 450–850 °C. Расплавы с содержанием вольфрама получали путём анодного растворения металла непосредственно перед регистрацией спектров. Как было установлено

ранее, при этих условиях в расплав переходят в основном ионы W(IV). Так как ионы вольфрама имеют высокое сродство к кислороду, было необходимо минимизировать количество примесей кислорода в атмосфере над рабочей средой. Проведение экспериментов в инертном аргоновом боксе Glovebox GS MEGA (Glovebox Systemtechnik), оснащенный оптической печью для работы с солевыми расплавами, содержание кислорода и воды в атмосфере которого не превышало  $1.7 \cdot 10^{-4}$  и  $10^{-5}$  % соответственно, позволило избежать окисления ионов вольфрама до высших степеней окисления и образования оксихлоридных соединений. По результатам анализа полученных ЭСП были определены основные спектроскопические параметры комплексных ионов  $WCl_6^{2-}$  в изученных солевых расплавах.

### **АДРЕСНАЯ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ЗОЛОТОГО ЭЛЕКТРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОГРАФТИНГА СОЛЕЙ 3-КАРБОКСИФЕНИЛ ДИАЗОНИЯ И 3-КАРБОКСИ-1,2,4-ТРИАЗОЛ-5-ДИАЗОНИЯ**

Сайгушкина А.А., Свалова Т.С. \*, Малышева Н.Н., Козицина А.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [t.s.svalova@urfu.ru](mailto:t.s.svalova@urfu.ru)

### **ADDRESS FUNCTIONALIZATION OF THE GOLD ELECTRODE BY THE METHOD OF ELECTROGRAPHING OF SALTS 3-CARBOXYPHENYL DIAZONIA AND 3-CARBOXY-1,2,4-TRIAZOLE-5-DIAZONIA**

A.A. Saigushkina, T.S. Svalova, N.N. Malysheva, A.N. Kozitsina

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The determining factor in the preparation of the electrochemical immunosensor is the immobilization of the bioreceptor. In the course of the research it was established that electrographing of 3-carboxy-1,2,4-triazolodionium chloride proceeds with the formation on the electrode surface of a functional layer containing –COOH groups available for bioconjugation. The density of the sewn film does not depend on the molar concentration of 3-carboxy-1,2,4-triazole diazonium.

Электрохимические иммуносенсоры сегодня являются одними из наиболее перспективных устройств для экспресс-обнаружения широкого круга аналитов. Определяющим фактором в подготовке чувствительного элемента электрохимического иммуносенсора является выбор метода иммобилизации биорецепторов. Основными требованиями к методам иммобилизации являются прочное и ориентированное удерживание биорецептора на поверхности электрода с сохранением высокой аффинности биомолекул путем создания «мягких», близких к физиологическим, условий среды. К таким методам относят карбодиимидную

сшивку белковых молекул с предварительно функционализированной поверхностью электрода. Электрографтинг с использованием диазониевых солей является одним из наиболее распространенных методов адресной функционализации поверхности различных типов электродов. Однако, в большинстве случаев, в результате радикального процесса электрохимической пришивки солей арилдиазония не удается управлять ходом ковалентного присоединения, бензойный радикал вступает во взаимодействие с уже привитыми арильными группами, что приводит к образованию поли-арильного слоя. Применение в качестве линкера солей 3-карбоксо-1,2,4-триазол-5-диазония позволит создать на поверхности электрода тонкое упорядоченное покрытие для дальнейшей конъюгации с биорецептором.

Цель: исследование особенностей электрографтинга солей 3-карбоксифенилдиазония и 3-карбоксо-1,2,4-триазол-5-диазония на поверхности золотого электрода.

Синтез солей диазония осуществляли в электрохимической ячейке *in-situ*. Электрографтинг проводили с использованием потенциостата/гальваностата Autolab Type III. В качестве рабочего электрода использовали золотой дисковый (Metrohm, Швейцария), в качестве вспомогательного и электрода сравнения - стеклоуглеродный стержень и хлоридсеребряный электрод соответственно. Процедуру электровосстановления солей диазония проводили в потенциодинамическом и потенциостатическом режимах.

В ходе проведенных сравнительных исследований установлено, что при выбранных рабочих условиях электрографтинг хлорида 3-карбоксо-1,2,4-триазолдиазония, в отличие от 3-карбоксифенилдиазония, протекает с образованием на поверхности электрода тонкого функционального слоя, содержащего –COOH группы, доступные для биоконъюгации. Плотность пришиваемой пленки не зависит от молярной концентрации 3-карбоксо-1,2,4-триазолдиазония.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСТВОРЕНИЯ ПЕНТАХЛОРИДА НИОБИЯ В ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Савастьянова А.С., Фофанов Г.Л., Половов И.Б.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.b.polovov@urfu.ru](mailto:i.b.polovov@urfu.ru)

## THE INVESTIGATION OF NIOBIUM PENTACHLORIDE DISSOLUTION PROCESSES IN MOLTEN CHLORIDES

Savastyanova A.S., Fofanov G.L., Polovov I.B.\*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Dissolution of niobium pentachloride in molten alkali chlorides was studied in NaCl-KCl, NaCl-CsCl, NaCl-KCl-CsCl and LiCl-KCl based melts and the progress of the dissolution was followed by *in situ* spectroscopy measurements and oxidimetry. The obtained results indicate that  $NbCl_6^-$  species constituted the main product of this reaction. At relatively high niobium concentrations in the melt  $NbCl_6^-$ , however, partly decomposed yielding  $NbCl_6^{2-}$  and chlorine gas. The influence of temperature and average radius of solvent cation on concentration of formed niobium (IV) species were investigated.

Расплавленные галогениды обладают целым рядом уникальных свойств, что делает их востребованными в различных областях современных инновационных технологий. С другой стороны, изучение физико-химического поведения переходных металлов в галоидных солях позволяет глубже понять природу и строение комплексных соединений в ионных средах. Наиболее важная информация о структуре ионных жидкостей может быть получена при использовании структуроувствительных методов исследования, в частности *in situ* электронной спектроскопии поглощения.

В настоящей работе представлены результаты спектроскопического исследования процессов растворения пентахлорида ниобия в эвтектических смесях  $(Li-K)Cl_{эвт}$ ,  $(Na-K-Cs)Cl_{эвт}$ ,  $(Na-Cs)Cl_{эвт}$  и эквимольном расплаве  $(Na-K)Cl_{экв}$  в интервале температур от 450 до 750 °С. Съёмку электронных спектров поглощения (ЭСП) в диапазоне от 190 до 1700 нм выполняли на оригинальной установке, созданной на базе спектрометров AvaSpec-2048FT и NIR256. Все операции осуществляли в перчаточном боксе Glovebox Systems, заполненным аргоном, в котором содержание влаги и кислорода контролируется на уровне менее 1 ppm. Для определения средней степени окисления ниобия в замороженных плавах использовали метод оксидиметрии.

Введение  $NbCl_5$  в хлоридный расплав также приводит к образованию комплексов ниобия (V),  $NbCl_6^-$ . Однако, увеличение концентрации ионов  $Nb(V)$  в электролите приводит к их частичному разложению с образованием комплексов  $NbCl_6^{2-}$  и газообразного хлора. Рост температуры и уменьшение среднего радиуса соли-растворителя приводит к интенсификации диспропорционирования  $NbCl_6^-$ .



Подобная зависимость может быть объяснена нестабильностью пентахлорида ниобия, что подтверждается результатами термодинамического моделирования в программном комплексе HSC Chemistry. Термодинамические расчеты свидетельствуют о том, что увеличение температуры приводит к сдвигу равновесия в сторону ионов ниобия (IV). Увеличение стабильности Nb (V)-содержащих расплавов с ростом среднего радиуса катиона соли-растворителя может быть объяснено заменой ионов калия на имеющие меньший ионный момент ионы цезия во второй координационной сфере.

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Сехляян О.Э., Воронина А.В., Грицюк Е.М.

1) Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

2) Многопрофильный клинический медицинский центр «Бонум»,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [gornil226@mail.ru](mailto:gornil226@mail.ru)

## **INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL QUALITY ON POPULATION HEALTH OF THE SVERDLOVSK REGION**

Sekhleyan O.E., Voronina A.V., Gritsyuk E.M.

1) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

2) State Autonomous Health Institution Sverdlovsk Region Multidisciplinary  
Clinical Medical Center "Bonum", Yekaterinburg, Russia

The influence of the environmental pollution on the children's health of the Sverdlovsk region has been estimated. The children's congenital pathology are most often in Nevyansk, Talitsa, Kamyshlov, and Verkhnyaya Pyshma. The cities listed above fall into the impact zone of the plants of chemical and metallurgy industry.

В материалах Всемирной организации здравоохранения значительная роль в заболеваемости населения отводится: образу жизни, качеству среды обитания, наследственности и эффективности медико-санитарной помощи. Существенный вклад в заболеваемость населения промышленно развитых регионов вносит загрязнение окружающей среды.

В работе проведен сравнительный анализ уровня заболеваемости детей в городах Свердловской области за период 2002-2018 гг., сопоставлены данные мониторинга качества окружающей среды и возникновения врождённых заболеваний. Для анализа были отобраны данные по заболеваемости детей в городах, попадающих в зону влияния промышленных предприятий, радиоактивного загрязнения, городов, без явно выраженных признаков экологического неблагополучия.

В таблице 1 представлены данные по частоте появления врождённых заболеваний у детей: врождённая челюстно-лицевая патология (ВЧЛП), врождённая глухота (ОДСЦ, данные областного детского сурдологического центра), дефекты костей (ОДОртЦ, данные областного детского ортопедического центра), заболевания центральной нервной системы (ЦНП). Выявлено, что врождённая патология у детей чаще всего встречается в городах: ВЧЛП – Невьянск, Талица; ВГ – Камышлов, Талица, Невьянск; ДК – Верхняя Пышма; ЦПН – Талица, Камышлов, Верхняя Пышма, Невьянск. Перечисленные города попадают в зону влияния предприятий химической и металлургической промышленности.

Данные по частоте появления врождённых заболеваний у детей

Города	Частота встречаемости · 10 <sup>-4</sup> случаев/чел			
	ВЧЛП	ОДСЦ	ОДОртЦ	ЦПН
Каменск-Уральский	3,3	4,7	1,7	9,0
Камышлов	4,7	12,0	3,6	17,7
Верхняя Пышма	5,1	9,6	7,8	12,1
Талица	9,2	10,9	1,7	20,2
Белоярский	5,3	5,0	3,3	8,3
Ревда	4,3	7,6	1,3	7,6
Н. Тагил	3,2	6,2	1,7	3,6
Екатеринбург	3,7	1,2	2,5	4,9
Реж	4,9	6,2	1,6	9,3
Полевской	4,4	8,2	1,6	5,3
Лесной	3,9	7,8	1,0	4,3
Новоуральск	1,8	4,6	0,9	2,0
Невьянск	9,7	10,0	2,4	11,3

Авторы благодарят Государственное автономное учреждение здравоохранения Свердловской области "Многопрофильный клинический медицинский центр "Бонум" за предоставленные для анализа данные.

## МЕТОДЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО И ТЕОРЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОВРЕМЕННЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Селезнев А.А.<sup>1\*</sup>, Ярмошенко И.В.<sup>1</sup>, Малиновский Г.П.<sup>1</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>,  
Рянская А.Д.<sup>2</sup>, Рудаков М.Е.<sup>1,3</sup>

- <sup>1)</sup> Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия  
<sup>2)</sup> Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН,  
г. Екатеринбург, Россия  
<sup>3)</sup> УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия  
 \*E-mail: [sandrian@rambler.ru](mailto:sandrian@rambler.ru)

## METHODS OF INSTRUMENTAL AND THEORETICAL ANALYSIS OF CONTEMPORARY ANTHROPOGENIC SEDIMENTS IN URBAN AREAS

Seleznev A.A.<sup>1\*</sup>, Yarmoshenko I.V.<sup>1</sup>, Malinovsky G.P.<sup>1</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>,  
Ryanskaya A.D.<sup>2</sup>, Rudakov M.E.<sup>1,3</sup>

- <sup>1)</sup> Institute of Industrial Ecology, U UB RAS, Ekaterinburg, Russia  
<sup>2)</sup> Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia  
<sup>3)</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

The analysis of a set of instrumental and analytical methods used in urban environmental geochemical studies based on sampling the contemporary anthropogenic sediments was carried out. The following methods were analyzed: sampling of environmental compartments, methods of granulometric, elemental and mineral analysis, and statistical analysis of the obtained data. The biases of the applied approaches are revealed, ways to reduce inaccuracies of the obtained results are proposed.

Проведен анализ комплекса инструментальных методов, применяющихся в эколого-геохимических исследованиях урбанизированных территорий на основе опробования современных антропогенных отложений. Современные антропогенные отложения на городских территориях могут быть отнесены к одному из трех основных типов: дорожная пыль, пылегрязевой осадок на территориях дворов, отложения отводящих каналов [1]. Отложения представляют самую верхнюю часть геологического разреза на территории города. Современное осадкообразование в городской среде связано с искусственно созданным ландшафтом, который претерпевает постоянно происходящую геохимическую трансформацию, выражающуюся в изменении вещественного состава, физико-химических характеристик, включая содержание микроэлементов и форм их нахождения. Накопление отложений возрастает при недостаточной уборке и нарушении технологий благоустройства территорий города [2-4].

Образование, перенос, накопление отложений и загрязнения может различаться в зависимости от сезонов года и метеорологических условий. Также механизмы осадконакопления могут различаться на территориях городов с разным

геологическим строением, находящихся в разных природно-климатических и промышленных зонах. Поэтому зачастую для получения унифицированных данных эколого-геохимических оценок для разных городов инструментальные методы требуют адаптации к условиям проведения исследований и детального анализа на каждом этапе работы.

В настоящей работе проводился анализ следующих инструментальных и аналитических методов:

- схема дизайна исследования,
- отбор проб компонентов окружающей среды,
- методы вещественного анализа (гранулометрический, элементный и минеральный),
- статистический анализ полученных данных (дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализ),
- сравнительный анализ полученных результатов с данными других исследований.

Выявлены недостатки применяемых подходов, предложены пути уменьшения неточностей получаемых оценок и результатов эколого-геохимических исследований городских территорий на основе исследования современных антропогенных отложений.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-77-10024).*

1. Экология города, под ред. Н. С. Касимова, Научный мир (2004).
2. EPA-841-B-05-004. National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas, United States Environmental Protection Agency (2005).
3. Seleznev A., Rudakov M., Carpathian J. of Earth and Env. Sci., 14(1), 95-106 (2019).
4. Селезнев А.А. Дисс. ...канд. геол.-мин. наук: 25.00.36, Екатеринбург (2015).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ПРОБАХ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА И СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Можаровская П.Н., Лыкова Ю.А., Семенищев В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mpnrevda@gmail.com](mailto:mpnrevda@gmail.com)

## DETERMINATION OF CHEMICAL POLLUTANTS IN SAMPLES OF DRINKING WATER AND WASTEWATER IN YEKATERINBURG CITY AND SVERDLOVSK REGION

Mozharovskaya P.N., Lykova Yu.A., Semenishchev V.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work focuses on the determination of chemical pollutants (iron, calcium, magnesium, nitrate, nitrite, chloride, sulfate, oil products, pH) in samples of drinking water and wastewater in Yekaterinburg city.

Качество питьевой воды – один из важных показателей, влияющих на здоровье человека. В данной работе была проведена систематизация и анализ данных по оценке содержания химических загрязнителей (железо, кальций, магний, нитраты, нитриты, хлориды, сульфаты, нефтепродукты, pH, взвешенные вещества, сухой остаток) питьевых, природных и сточных вод города Екатеринбурга и Свердловской области.

Анализ данных по концентрациям загрязняющих веществ в речных водах выше и ниже мест сброса сточных вод, поступающих с различных предприятий Свердловской области в период с 2011 по 2016 год, показывает, что:

1. В течение шести лет восемь водопользователей производили сброс сточной воды, в которой была большая концентрация азота аммонийного, при условии, что качество воды и так не соответствует нормам ПДК.

2. Вода, сбрасываемая от семи предприятий, загрязняется взвешенными веществами.

3. По таким показателям как: водородный показатель, сульфаты, хлориды, сухой остаток, можно сказать, что предприятия не осуществляют отрицательную антропогенную нагрузку, а качество воды, соответствует нормам ПДК.

4. Наиболее отклоняющимися от установленных нормативов показателями были: концентрация железа (превышение ПДК зафиксировано в 85,7% проб), азот аммонийный (81,6% проб) и азот нитритный (45,5% проб).

Также были определены концентрации нитрат-ионов, нитрит-ионов и жесткости в 159 пробах природных и питьевых вод. Показано, что в 11 из 91 проанализированной пробы (12%) концентрация нитрат-ионов превышала ПДК, причем максимальная концентрация достигала 353 мг/л, что в 7,8 раз больше ПДК. Концентрация нитрит-ионов была существенно ниже ПДК во всех пробах, а в 87%

исследуемых проб она была ниже предела обнаружения. По показателю жесткости воды превышение ПДК было обнаружено в 14% проанализированных проб, однако превышение ПДК было незначительным, максимум на 17%.

## STUDY OF PHASE EQUILIBRIUM IN SPLITTING SYSTEMS INVOLVING ETHYL PROPIONATE

Senina A.A.\*, Sadaeva A.A., Toikka M.A.

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

\*E-mail: [alinasenina77@gmail.com](mailto:alinasenina77@gmail.com)

Experimental data on liquid-liquid equilibrium (LLE) for the quaternary system propionic acid – ethyl alcohol – ethyl propionate – water and ternary sub-systems were obtained at 20 °C and at atmospheric pressure. The LLE investigated by gas chromatographic method analysis.

Ethyl propionate is an indispensable and frequently used substance in production. It is most widely used as the main component in insect control products, used in the manufacture of artificial leather, it produces various solvents for plastics, cellulose, fat and wax, and also this ester is popular in the perfume industry. Due to the extensive use and demand of this ether, it is necessary to know about the processes and methods of its production.

In the development of the technology of production of ethyl propionate an important place is occupied by the purification of the substance on distillation columns or by extraction. To create the most effective purification method, knowledge of its physicochemical properties such as phase equilibrium is necessary.

In this paper, the liquid-liquid phase equilibrium of the propionic acid – ethanol – ethyl propionate – water system at 20 °C was examined using gas chromatography.

During the work, experimental data on liquid-liquid equilibrium at 20 °C were obtained in two ternary systems (propionic acid – ethyl propionate – water and ethanol – ethyl propionate – water) and five quaternary systems (propionic acid – ethyl alcohol – ethyl propionate – water) with the corresponding ratios of the concentrations of propionic acid and ethyl alcohol in the mixture (1: 1, 1: 2, 1: 3, 2: 1, 3: 1). Combining experimental data on phase equilibrium in ternary and quaternary systems allowed us to represent the delamination surface in a concentration tetrahedron.

*Maria Toikka is grateful to the Russian Science Foundation (grant 17-73-10290) for the support of this study.*

## АДСОРБЦИОННО-КОАГУЛЯЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ НА ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТАХ

Свиридов А.В.<sup>1</sup>, Юрченко В.В.<sup>1</sup>, Свиридов В.В.<sup>1</sup>, Семенищев В.С.<sup>2</sup>,  
Шабунин А.Ф.<sup>2</sup>, Никифоров А.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: [navijoy@inbox.ru](mailto:navijoy@inbox.ru)

## ADSORPTION-COAGULATION SEPARATION OF CESIUM AND STRONTIUM IONS BY INTERCALATED ALUMINOSILICATES

Sviridov A.V.<sup>1</sup>, Yurchenko V.V.<sup>1</sup>, Sviridov V.V.<sup>1</sup>, Semenishchev V.S.<sup>2</sup>,  
Shabunin A.F.<sup>2</sup>, Nikiforov A.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Adsorption and coagulation properties of intercalated montmorillonites were studied in aqueous systems containing cesium and strontium ions. It was shown that cesium sorption results in formation of two monomolecular layers of this component on the surface of the montmorillonite. Adsorption of strontium occurs due to formation of monolayer in pores of the mineral. Besides adsorption, coagulation of the sorbent's particles was intensified.

Объектами исследования выбраны интеркалированные монтмориллониты (ИММ). Интеркаляцию ММ в Na-форме осуществляли посредством внедрения в межслоевое пространство прекурсоров – фосфатов и диэтилфосфатов. Процесс вели при непрерывном перемешивании в течение 30 мин до получения однородной массы. При промывке ИММ водой прекурсор в водной фазе отсутствовал, что свидетельствовало о его прочном закреплении в фазе адсорбента. ИММ представлял из себя 5% золь с размером частиц 20...50 нм и удельной поверхностью порядка 450-500 м<sup>2</sup>/г.

Для определения адсорбционных характеристик ИММ в отношении извлечения цезия и стронция проводили эксперименты в статических условиях методом внесения отдельных навесок. В работе использовали модельные растворы Cs и Sr с концентрациями от 0,1 до 4 мМ при pH 8,0-11,0. Адсорбция Cs сопровождается образованием двух мономолекулярных слоев. Завершение формирования первого слоя имеет место при равновесной концентрации 0,5 мМ, а второго – при равновесной концентрации 1,3 мМ.

Адсорбция Sr на ИММ обусловлена не только избыточным отрицательным зарядом поверхности адсорбента, но и взаимодействием ионов стронция с прекурсорами. Извлечение стронция усиливается в щелочной среде, это связано с переходом ионов стронция из формы Sr<sup>2+</sup> в форму SrOH<sup>+</sup>. Ионы SrOH<sup>+</sup> являются малогидратированными ионами и при адсорбции на поверхности ИММ происходит их полная дегидратация. Адсорбция стронция сводится к формированию

монослоя в порах адсорбента и может быть описана уравнением Ленгмюра.

Агрегация частиц адсорбента происходит вследствие снижения заряда поверхности частиц во времени в ходе адсорбции ионов Cs и Sr, являющихся коагулирующими ионами. Наряду с процессами адсорбции со временем интенсифицируется процесс коагуляции частиц адсорбента.

Установлена высокая эффективность извлечения ионов металлов из водных растворов на ИММ. Предельные величины адсорбции при  $\text{pH} = 11$  для Cs  $\text{COE}_{\text{Cs}} \geq 1,7$  ммоль/г, а для Sr  $\text{COE}_{\text{Sr}} \geq 1,6$  ммоль/г. Выявлено, что быстрая коагуляция частиц адсорбента начинается при концентрациях коагулирующих электролитов 2 ммоль/л  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{SrCl}_2$ .

### СОРБЦИЯ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫМ МОНТМОРИЛЛОНИТОМ

Юрченко В.В.<sup>1</sup>, Никифоров А.Ф.<sup>2</sup>, Семенищев В.С.<sup>2</sup>, Шабунин А.Ф.<sup>2</sup>,  
Свиридов А.В.<sup>1</sup>, Никифоров С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: [navijoy@inbox.ru](mailto:navijoy@inbox.ru)

### SORPTION OF CALCIUM IONS BY MODIFIED MONTMORILLONITE

Yurchenko V.V.<sup>1</sup>, Nikiforov A.F.<sup>2</sup>, Semenishchev V.S.<sup>2</sup>, Shabunin A.F.<sup>2</sup>,  
Sviridov A.V.<sup>1</sup>, Nikiforov S.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Modified sorbents based on montmorillonite hydrosols were obtained. Sorption of calcium from various solutions was studied. The effect of pH and alkaline agent on calcium sorption was determined.

В работе изучена возможность выделения катионов ионов кальция из водных растворов с помощью модифицированных гидрозолей монтмориллонита. Природные коллоидные сорбенты, использованные в работе, представляли собой гидрозоли монтмориллонита Зыряновского месторождения в Na-форме, обладающие наиболее высокой удельной поверхностью и адсорбционными характеристиками.

В качестве модификаторов, регулирующих свойства реагентов, в зависимости от технологических задач, применяли в определенных соотношениях кальцинированную соду, гидроксид натрия, полифосфаты и органические соединения, содержащие в своем составе карбоксильные и эфирные группировки. Гидрозоли в немодифицированном виде извлекают незначительные количества кальция из раствора (0,3 – 0,5 мг-экв/г)



В экспериментах использовали модельные растворы  $\text{Ca}^{2+}$  с содержанием кальция 2,4 мг-экв/л и 1,8 мг-экв/л. В растворы при разном значении рН вводили сорбент (доза 60 мг/л). Величину рН раствора изменяли с помощью дозирования кальцинированной соды и раствора щелочи. С ростом величины рН количество поглощенного кальция растет. В оптимальных условиях кальциевая жесткость снижена с 2,4 мг-экв/л до 1,1 мг-экв/л. При содовом методе извлечения кальция из водных растворов доза реагента для снижения жесткости на 1,3 мг-экв/л составила бы 160 мг/л, что почти в три раза выше чем в предлагаемом способе (60 мг/л). Установлено, что при использовании в качестве щелочного реагента  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в растворе образуются менее устойчивые коллоидные частицы и процесс извлечения кальция протекает более интенсивно. При реагентных методах извлечения кальция из водных растворов образуются карбонат кальция и гидроксид магния, которые длительное время могут находиться в водных растворах в коллоидно-дисперсном состоянии. Их переход в осадок длителен во времени особенно при низких температурах и наличии в воде органических примесей.

В случае применения гидрозоля модифицированного монтмориллонита коллоиды карбоната кальция и гидроксида магния закрепляются на поверхности сорбента. Процесс сорбции протекает более интенсивно. Образующиеся хлопья гидрозолей быстро переходят в осадок. Предложенный сорбционный метод может быть использован для извлечения ионов кальция из водных систем при одновременном осветлении их от взвешенных веществ.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНИОНОВ В СЛОИСТЫХ ГИДРОКСИДАХ РЗЭ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Шадрина Л.М.\*, Шафар О.Ю., Гордеев Е.В., Данилов Д.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [shadrina\\_lm@mail.ru](mailto:shadrina_lm@mail.ru)

## ANIONS DETERMINATION IN LAYERED HYDROXIDES OF REE USING CAPILLARY ELECTROPHORESIS

Shadrina L.M.\*, Shafar O.Y., Gordeev E.V., Danilov D.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this research determination of anions in layered hydroxides of gadolinium and europium using capillary electrophoresis was studied.

Для изготовления люминесцентных пленок используют редкоземельные элементы, так как они обладают уникальными оптическими свойствами. Коллоидные растворы получают, проводя анионообмен с последующим расслаиванием слоистых гидроксидов. Для того, чтобы определить полноту протекания реакции анионообмена, проводится качественное и количественное определение анионов в полученных гидроксидах.

Методы капиллярного электрофореза получили своё распространение около двадцати лет назад. Они позволяют быстро и с высокой чувствительностью определять все анионы в смеси.

Ранее определение нитрат-ионов проводилось спектрофотометрическими методами, основанными на нитровании или окислении органических соединений или на восстановлении нитрата до нитрита или аммиака [1]. Также использовались электрохимические методы [2].

В данной работе проводилось определение фторид-, сульфат- и нитрат-ионов по методике [3] с использованием системы капиллярного электрофореза Капель-103Р.

Был проведен сравнительный анализ содержания анионов в исследуемом растворе в зависимости от способа растворения гидроксида. Растворение велось в соляной кислоте, в воде с различными комплексонами (натрий салициловокислый, натрий лимоннокислый 3-замещённый, янтарная кислота, малеиновая кислота, ЭДТА), в соляной кислоте с добавлением ЭДТА. При кислотном растворении обеспечивается полный переход нитрат-ионов в раствор.

Растворение навески 0.1 г сухого остатка проводили раствором соляной кислоты (1 М) в мерных колбах на 50 см<sup>3</sup> с последующим добавлением ЭДТА (0,05 М) и доведением раствором NaOH (1 М) до pH=10. Также проводилась дегазация всех проб центрифугированием в течение 10 минут при 3000 об/мин и вакуумированием в вакуум-эксикаторе с помощью водоструйного насоса в течение 15

минут. Ввод проб проводился в течение 10 сек, при давлении 30 мбар и напряжении 0,0 кВ. Анализ вели в течение 7 минут при напряжении 17 кВ.

1. Streuli C.A., Averell P.A., Analytical Chemistry of Nitrogen and its Compounds, Chapter 4, Wiley-Interscience (1970).
2. Уильямс У. Дж. Определение анионов, Химия (1982).
3. ООО «ЛЮМЭКС», Методика измерений массовой концентрации хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель» М 01-30-2009, Санкт-Петербург (2009).

### СИНТЕЗ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ЛЮМИНОФОРОВ $\text{Ca}_2\text{La}_{6,8}\text{Eu}_{1,2}(\text{XO}_4)_6\text{O}_{2-\delta}$ ( $\text{X} = \text{Si}, \text{W}$ ), ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АНИОННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ

Шебухова Е. А.<sup>1\*</sup>, Васин А. А.<sup>2</sup>, Зуев М. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>)Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>)Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zuev@ihim.uran.ru](mailto:zuev@ihim.uran.ru)

### SYNTHESIS AND SPECTRAL PROPERTIES OF NEW PHOSPHORS $\text{Ca}_2\text{La}_{6,8}\text{Eu}_{1,2}(\text{XO}_4)_6\text{O}_{2-\delta}$ ( $\text{X} = \text{Si}, \text{W}$ ), OBTAINED BY THE ANIONIC SUBSTITUTION METHOD

Shebukhova E. A.<sup>1\*</sup>, Vasin A. A.<sup>2</sup>, Zuev M. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of solid state chemistry, Russian academy of sciences, Ural branch, Yekaterinburg, Russia

New red-emitting phosphors  $\text{Ca}_2\text{La}_{6,8}\text{Eu}_{1,2}\text{Si}_{6-x}\text{W}_x\text{O}_{26+x-\delta}$  ( $x=0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$ ) have been synthesized by a citrate-nitrate solutions combustion method, characterized by powder X-ray diffraction and studied by optical spectroscopy techniques. The results showed that the fluorescence quantum yield depends on the annealing temperature and powders compressibility of the samples. Furthermore, shift absorption bands of optical centers influence on integrated emission intensity.

Люминофоры с общей формулой  $\text{Ca}_2\text{La}_{6,8}\text{Eu}_{1,2}\text{Si}_{6-x}\text{W}_x\text{O}_{26+x-\delta}$  ( $x=0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$ ) со структурой типа апатит силиката были синтезированы золь-гель методом, с использованием цитратно-нитратных растворов. Оксид  $\text{SiO}_2$  переведен в гель через механическую активацию с лимонной кислотой и этиловым спиртом. Катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Eu}^{3+}$  были осаждены в этилцитратную матрицу из растворов соответствующих нитратов, катион  $\text{W}^{6+}$  был введен после предварительного растворения соответствующего оксида в водном аммиаке. Этиловый спирт с водой

в соотношении 1:1 был прилит для обеспечения процесса этерификации[1]. После упаривания и термического разложения, прекурсоры были прокалены при температуре 200-900 °С со скоростью 50 °С/ч. Синтезированные порошки были спрессованы (P=30 МПа) и отожжены при температуре 1400 °С в течение 32 часов.

Методом РФА установлено, что все образцы при синтезе образовали чистую фазу типа апатит силиката (Пр. гр.  $P 6_3/m$ ; ICSD 59730). Методами люминесцентной спектроскопии зарегистрирована серия линий (570-720 нм), соответствующая переходам  $^5D_0 \rightarrow ^7F_{0,1,2,3,4}$  ионов  $Eu^{3+}$ . Наибольшая интегральная интенсивность свечения в данной области была отмечена у образца с  $x=0.3$ . Было установлено, что величина сдвига между максимумами полос поглощения ( $\Delta\lambda$ ) оптических центров, образованных ионами  $Eu^{3+}$  в неэквивалентных позициях  $4f$  и  $6h$ , коррелирует со значениями интегральной интенсивности люминесценции и может быть выражена через логистическую функцию:

$$I_i = 1668,91229 - \frac{1035,91063}{\left(1 + \left(\frac{\Delta\lambda}{2,9719}\right)^{5,93783}\right)}, \quad (1)$$

где  $I_i$  – интегральная интенсивность люминесценции.

Наибольший квантовый выход соответствует образцу с  $x=0.4$ . Установлена зависимость между прессуемостью образцов и квантовым выходом.

1. Hua Gong, Journal of Crystal Growth, 362 (2013).

## АВТОКЛАВНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЗЭ ИЗ ФОСФОГИПСА

Шестаков К.Д.\*, Кириллов С.В., Кириллов Е.В., Буньков Г.М., Малышев А.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kiriya97@mail.ru](mailto:kiriya97@mail.ru)

## AUTOCLAVE LEACHING OF REE FROM PHOSPHOGYPSUM

Shestakov K.D.\*, Kirillov E.V., Kirillov S.V., Bunkov G.M., Malyshev A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In world practice, the decomposition of apatite is performed mainly by sulfuric acid scheme to obtain an extraction phosphoric acid. The main waste is phosphogypsum (calcium sulfate contaminated by  $P_2O_5$ , F, Fe, Al, Sr and REE impurities), which is converted to 75% REE containing apatite. Every year in Russia millions of tons of phosphogypsum (FG) containing about 0.5% of rare earth metals (REE) as oxides are sent to dumps.

Исследования поведения РЗЭ при образовании фосфогипса (ФГ) в технологии получения минеральных удобрений показали, что большинство РЗЭ сокристаллизуются с ФГ, что препятствует их извлечению.

Известно, что гидротермальная обработка суспензии, содержащей фосфогипс может приводить к перекристаллизации гипса с высвобождением фаз РЗЭ находящихся внутри кристаллической решетки [1].

Все известные на данный момент способы извлечения РЗМ из фосфогипса, основаны на кислотном выщелачивании растворами серной и других кислот. Однако степень извлечения РЗЭ ограничивалась в диапазоне 20-40 % [2].

Процесс предварительной гидротермальной обработки был протестирован в данной работе на различных образцах ФГ ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ ). Исследования показали, что при выщелачивании фосфогипса после гидротермальной обработки, степень извлечения РЗЭ для некоторых типов фосфогипса увеличивалась с 10 до 70%.

Исследования проводили с использованием автоклава ( $P=3$  атм) с последующим выщелачиванием РЗЭ растворами серной кислоты различных концентраций.

Из рисунка 1 видно, что предварительная гидротермальная обработка позволяет поднять степень выщелачивания РЗЭ из ФДГ на 10-15%, что подтверждает предположение о переходе РЗЭ в результате данного процесса в легкорастворяемые формы.

Таким образом предлагаемый подход имеет большой потенциал для увеличения выщелачивания РЗЭ из ФГ, что может способствовать повышению комплексности переработки данного вида крупнотоннажных отходов.

Дальнейшие исследования будут направлены на выявление особенностей применения гидротермальной обработки для разных типов ФГ и изучению выщелачивания и концентрирования РЗЭ в подобранных оптимальных условиях.

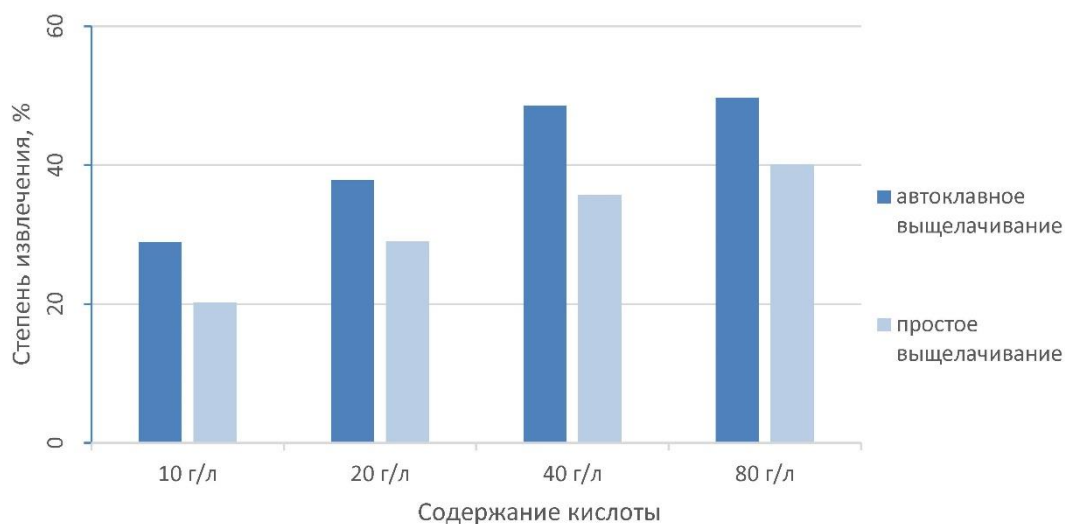


Рис. 1. Влияние концентрации серной кислоты на показатель степени извлечения РЗЭ из ФГ

1. Olga Yahorava., Wilma Clark., Jakolien Strauss. Hydrothermal Modification of Phosphogypsum to improve Subsequent Recovery of Rare Earths: материалы международной конференции Extraction (2018)., Ottawa.

2. Локшин Э.П., Вершков А.В., Вершкова Ю.А. Проблемы выделения редкоземельных элементов при сернокислотной переработке хибинского апатитового концентрата: *Металлы*, №5, С. 17-23, (2000)

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ТРАВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Шевчук А.П.<sup>\*</sup>, Маковская О.Ю.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [sambik31053@gmail.com](mailto:sambik31053@gmail.com)

## COPPER RECOVERY FROM SPENT SOLUTION OF PRINTED CIRCUIT BOARDS ETCHING

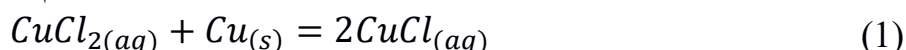
Shevchuk A.P., Makovskaya O.Yu.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The possibility of copper recovery from spent hydrochloric etching solutions by electrowinning was studied. Construction of electrolytic cell with cation-exchange membrane is proposed. The method allows obtaining copper as elementary metal and recycling etchant.

Применяемая в настоящее время на предприятиях технология изготовления печатных плат предполагает одноразовое использование травильных растворов, что приводит к большим потерям вытравленной меди, высоким расходам реагентов, загрязнению окружающей среды.

В качестве травителей используют растворы хлорного железа, аммиака, хлорида меди и пр. [1]. В настоящее время солянокислый раствор хлорида меди является основным раствором травления. Его использование по сравнению с аммиачными растворами и растворами хлорида железа, характеризуется очень высокой скоростью растворения металлической меди, а также стабильностью заданных параметров процесса. Химизм процесса травления печатных плат можно описать следующей реакцией:



Использование солянокислого раствора хлорида меди имеет свои недостатки. При травлении большое количество меди переходит в раствор, это вызывает уменьшение эффективности травильной ванны. Для того, чтобы поддерживать высокую эффективность и стабильную скорость травления печатных плат необходимо регенерировать травильный раствор и удалять избыток меди.

Для удаления избытка меди из раствора, чаще всего применяются следующие методы: цементация, кристаллизация, осаждение в виде гидроксидов и электрохимическое выделение в виде металла [2]. Все перечисленные методы имеют свои достоинства и недостатки. Наиболее перспективным представляется электрохимический метод, который позволяет выделить медь в виде чистого металла.

Прямая электроэкстракция меди из солянокислых растворов применяется ограниченно из-за возможности выделения на аноде газообразного хлора. Разделение катодного и анодного пространств с помощью катионообменной мембраны позволяет предотвратить процесс окисления на аноде  $\text{Cu(I)}$  в  $\text{Cu(II)}$  и

последующее ее восстановление в Cu(I) на катоде, увеличить выход по току Cu и уменьшить выход по току Cl.

Для выделения меди из отработанных травильных растворов нами предложен двухкамерный электролизер с катодом и анодом, изготовленными из нержавеющей стали. В катодную камеру заливали отработанный травильный раствор, следующего состава, г/дм<sup>3</sup>: 270 Cu, 27 NH<sub>4</sub>Cl, 11,6 HCl. В качестве анолита использовали раствор 200 г/дм<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Электроэкстракцию вели при плотности тока 650 А/м<sup>2</sup>, силе тока 350 мА, и напряжении 200 В. Процесс вели в течение 4 ч. В результате получена металлическая медь, выход по току составил более 90 %.

1. R.H. Clark, Handbook of Printed Circuit Manufacturing, Springer Science & Business Media (2012).
2. US EPA Guides to Pollution Prevention the Printed Circuit Board Manufacturing Industry, A/625/7-90/007 (1990).

## NOVEL METHOD OF SILICON SYNTHESIS BY CVD

Shishkin R.A., Kudyakova V.S., Yuferov Y.V., Zykov F.M.

Ural federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [roman.shishkin@urfu.ru](mailto:roman.shishkin@urfu.ru)

Semiconductor silicon nanowires due to a combination of unique electronic, optical and mechanical properties as well as its geometry could be applied in various technologies connected with solar cells production [1], electronic devices in medical equipment [2], the anode of lithium electrochemical cell [3].

The present paper is concerned with a silicon nanowires novel CVD synthesis technology.

The silicon nanowires synthesis was carried out at the laboratory tube furnace. The CVD process has two stages: formation of metastable aluminum monofluoride within the reaction of aluminum and aluminum trifluoride; reduction of silica with deposition of silicon.

Anhydrous aluminum trifluoride and the aluminum mixture were used as raw materials. The mixture was heated in an inert atmosphere to the temperatures 950 – 1200 °C. This route affords the metastable aluminum monofluoride, which reacted with a silica powder. As the resulting needle like outgrowth was observed (figure 1).

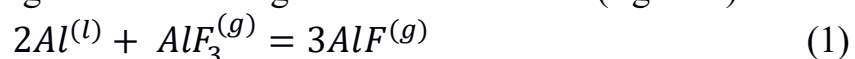
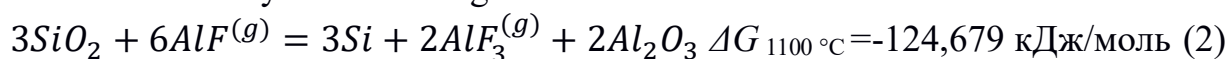






Fig. 1. The image of as synthesized silicon nanowires

Silica reduction mechanism by metastable aluminum monofluoride is still to be considered. According to the thermodynamical calculations, the most probable path could be described by the following reaction:



The specific capacity of GS-16 with a 1,74% silicon nanowires addition anode material is 339,0 mA\*h/g at the first cycle. The value of specific capacity has fallen to the 7th cycle and the parameter is equal to 190,4 mA\*h/g.

1. Lee H. S., Suk J. et al., Scientific Reports, 8(1), 3504 (2018)
2. Peng F., Su Y. et al., Accounts of Chemical Research, 47 (2), 612-623 (2014)
3. Polat B.D., Keles O., ECS Transactions, 64(22), 47-55 (2015)

## ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЯ В СТРУКТУРУ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА

Силенков С.Е., Камалов Р.В., Вохминцев А.С.,  
Мартемьянов Н.А., Вайнштейн И.А.

НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [rvkamalov@urfu.ru](mailto:rvkamalov@urfu.ru)

## ELECTRODEPOSITION OF NICKEL ON THE STRUCTURE OF NANOTUBULAR TITANIUM DIOXIDE

Silenkov S.E., Kamalov R.V., Vokhmintsev A.S., Martemyanov N.A., Weinstein I.A.

Nanotech Center, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Titanium dioxide nanotubes array TiO<sub>2</sub>-NT decorated with Ni nanoparticles was prepared by anodization-electrodeposition technique. Highly-ordered TiO<sub>2</sub>-NT arrays with 40-70 nm diameter and 600 nm length of nanotubes was obtained using anodization of Ti foil. Ni nanoparticles with the range of sizes 10-70 nm were galvanostatically deposited on TiO<sub>2</sub>-NT structure using different current density.

Нанотубулярная структура на основе диоксида титана TiO<sub>2</sub>-NT является перспективной матрицей для синтеза композитных материалов с целью создания конверторов солнечной энергии, фотокатализаторов, мемристоров и др. [1, 2]. Такие структуры получают методом анодирования металлического Ti в органических электролитах, содержащих фтор-ионы. В настоящей работе представлен способ синтеза TiO<sub>2</sub>-NT с последующим электролитическим осаждением Ni для получения композита Ni/TiO<sub>2</sub>-NT, представляющего интерес и как функциональная среда, и как твердотельная матрица для создания композита с углеродными нанотрубками [3].

Синтез TiO<sub>2</sub>-NT осуществлялся в двухэлектродной ячейке в потенциостатическом режиме при напряжении 20 В и температуре 20 °С. Анодом служила пластина Ti размером 4×4 см<sup>2</sup> толщиной 150 мкм, катодом – пластина из стали. Образец предварительно промывался водой, подвергался УЗ обработке в ацетоне в течение 10 мин, а затем промывался H<sub>2</sub>O<sub>дист</sub> и сушился на воздухе. Первый этап анодирования проводился в электролите на основе этиленгликоля с добавками фторида аммония и воды (NH<sub>4</sub>F 1 мас. %, H<sub>2</sub>O 5 мас. %) в течение 2 ч. После удаления первичного оксидного слоя в ультразвуковой ванне проводилось вторичное анодирование в том же электролите в течение 15 мин. Полученный образец с оксидной пленкой промывался H<sub>2</sub>O<sub>дист</sub> и сушился на воздухе.

Для осаждения никеля использовалась та же двухэлектродная ячейка, однако в этом случае катодом являлся образец со слоем TiO<sub>2</sub>-NT, противоэлектродом — пластина Ti. Электроосаждение происходило в гальваностатическом режиме с плотностью тока  $J_{\min} = 0.5 \text{ mA/cm}^2$  и  $J_{\max} = 50 \text{ mA/cm}^2$  и температуре 20 °С в

электролите на основе сульфата никеля, хлорида никеля и борной кислоты (300 г/л  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 45 г/л  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 37 г/л  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) в течении 5, 10, 15 и 30 мин. Полученные образцы промывались дистиллированной водой и затем подвергались сушке.

Морфологические параметры синтезированной нанокompозитной структуры Ni/TiO<sub>2</sub>-NT изучались на растровом электронном микроскопе SIGMA VP Carl Zeiss. Полученные структуры представляют собой массив вертикально ориентированных на подложке нанотрубок TiO<sub>2</sub>-NT с длиной 600 нм и внутренним диаметром 40-70 нм. В зависимости от параметров электролитического осаждения Ni были получены наноструктуры с различной морфологией. При плотности тока  $J_{\max}$  получен образец TiO<sub>2</sub>-NT с осажденным на ее поверхности сплошным слоем Ni толщиной 20-40 нм. При  $J_{\min}$  на поверхности и внутри нанотрубок TiO<sub>2</sub>-NT наблюдаются сферические наночастицы Ni диаметром 10-70 нм. Полученные результаты могут быть использованы для разработки технологии синтеза металлических наностержней Ni.

*Исследование выполнено при поддержке инициативного научного проекта № 16.5186.2017/8.9 Минобрнауки РФ, а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01072.*

1. A.A. Valeeva et al., Sci. Rep., 8, 1 (2018).
2. I.B. Dorosheva et al., Proc. USBEREIT, p. 279-282, (2018).
3. R.V. Kamalov et al., Adv. Sci. Lett., 22, 3 (2016).

## СИНТЕЗ МЕТАКРИЛОВОГО ЭФИРА БЕТУЛИНА КАРБОДИИМИДНЫМ МЕТОДОМ

Симагин А.С.<sup>1,2\*</sup>, Баринов А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,  
г. Нижний Новгород, Россия

<sup>2)</sup> Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
г. Нижний Новгород, Россия

\*E-mail: [alexandrsim11@gmail.com](mailto:alexandrsim11@gmail.com)

## SYNTHESIS OF METHACRYLIC ESTER OF BETULIN BY CARBODIIMIDE METHOD

Simagin A.S.<sup>1,2</sup>, Barinov A.A. <sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,  
Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2)</sup> Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

New acrylic monomer methacrylic ester of betulin was obtained using dicyclohexylcarbodiimide.

Бетулин (3 $\beta$ ,28-дигидрокси-20(29)-лупен) – природный тритерпеноид, добываемый из коры березы. Бетулин и его производные обладают различными видами биологической активности, среди которых противоопухолевое, противовирусное, противовоспалительное действие. Однако применение бетулиновых производных сдерживается их гидрофобностью, затрудняющей доставку этих препаратов к органам-мишеням. Основным способом решения данной проблемы является разработка гидрофильных полимеров-носителей для доставки бетулиновых производных в организм. С этой точки зрения метакриловый эфир бетулина представляет собой перспективный мономер.

Молекула бетулина содержит первичную и вторичную гидроксильные группы, из которых первичная более реакционноспособна. Применение карбодимидного метода получения сложных эфиров (реакция Стеглиха) позволило нам провести этерификацию в мягких условиях; вследствие этого реакция осуществлялась только по первичной –ОН группе (установлено методом жидкостной хроматографии).

Реакция проводилась следующим образом. В 8 мл тетрагидрофурана растворялось 4 ммоль бетулина, 6 ммоль дициклогексилкарбодимид, 0,2 ммоль 4-диметиламинопиридина и 4,3 ммоль триэтиламина. Данный раствор охлаждался до –20°C, и к нему при интенсивном перемешивании в течение 2 часов прикапывался раствор метакриловой кислоты (9 ммоль метакриловой кислоты в 5,3 мл тетрагидрофурана). Далее реакционная смесь выдерживалась 24 часа при комнатной температуре. К реакционной смеси было добавлено 13 мл ацетона, продукт был высажен в 260 мл дистиллированной воды, затем отделен фильтрованием и высушен.

Полученный продукт был охарактеризован при помощи ИК-спектроскопии, характерные пики бетулина и его метакрилового эфира приведены в таблице.

Основные полосы поглощения на ИК-спектрах

Бетулин		Метакриловый эфир бетулина	
Волновые числа, см <sup>-1</sup>	Функциональная группа	Волновые числа, см <sup>-1</sup>	Функциональная группа
3200–3600	O–H	3485, 3367, 3334	O–H
2947, 2933, 2872	C–H	2943, 2863	C–H
1458	CH <sub>3</sub>	1719	C=O
1375	C–O (спиртов. гр.)	1454	CH <sub>3</sub>
1029	C–O (спиртов. гр.)	1381	CH <sub>2</sub> =C
884	C=C	1385	C–O (спиртов. гр.)
		1297	C–O (слож. эф. гр.)
		1173	C–O (слож. эф. гр.)
		1014	C–O (спиртов. гр.)
		884	C=C
		815	CH <sub>2</sub> =C

При сравнении спектров исходного бетулина и метакрилового эфира бетулина отмечается появление в спектре последнего типичной полосы карбонильной группы (1719 см<sup>-1</sup>), а также полос винильной группы (1381 и 815 см<sup>-1</sup>) и полос C–O сложноэфирной группы (1297 и 1173 см<sup>-1</sup>), что свидетельствует об успешной этерификации бетулина.

## МАСШТАБНАЯ ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТОРА ГОРЯЧЕЙ СЕРООЧИСТКИ

Симанов Н.А.\*, Каграманов Ю.А., Тупоногов В.Г., Рыжков А.Ф., Илюхин П. А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

\*Email: [nikitajui@mail.ru](mailto:nikitajui@mail.ru)

## THE FLOW REACTOR CALCULATION FOR THE HOT SYN-GAS DESULPHURIZATION

Simanov N.A.\*, Kagramanov Yu.A., Tuponogov V.G., Ryzhkov A.F., Ilyukhin P.A.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia.

A flow reactor was calculated at steady state and hydrogen sulfide concentration drop along installation height depending on the total depletion of the sorbent (global conversion) is determined. Sorbent attrition was evaluated in a single pass through the reactor (local conversion). A comparison of the results with the experimental data of different authors is shown.

Процесс сероочистки синтез-газа происходит в двухфазном потоке с твердо-дисперсным сорбентом на основе оксида цинка. В ходе опытов было зафиксировано, что скорость реакции поглощения сероводорода растет в зависимости от температуры.

Зависимость скорости реакции от температуры на текущем интервале можно записать в виде формулы:

$$R_R^{\text{TГА}} = 1,135e - 10 \cdot T - 3.433e - 8 \quad (1)$$

Для масштабирования процесса поглощения сероводорода окисью цинка до размеров поточного реактора введем поправочные коэффициенты:

$$A_{\text{TГА}} = \frac{1}{(C_{\text{H}_2\text{S}}^{\text{TГА}})^x \cdot (m_{\text{ZnO}}^{\text{TГА}})^y \cdot (P_{\text{TГА}})^1} \quad (2)$$

$$A_R = \frac{1}{(C_{\text{H}_2\text{S}}^R)^x \cdot (m_{\text{ZnO}}^R)^y \cdot (P_R)^1} \quad (3)$$

где  $x = y = 1$ , порядки реакции по газу и по твердой фазе.

Скорость реакции в поточном реакторе будет определена, как:

$$R_R^R = R_R^{\text{TГА}} \frac{A_{\text{TГА}}}{A_R} \quad (4)$$

Воздействие массы сорбента на скорость реакции можно подтвердить опытными данными [3] для реакции окисления сульфида цинка.

На базе выведенных уравнений была составлена расчетная модель реактора сероочистки синтез газа, в которой в качестве входных параметров задавались: расход газа, давление газа, температура газа, состав газа, геометрические характеристики реактора, расход сорбента, диаметр частиц, удельная поверхность. Рассчитывалось объемное содержание сероводорода в газе на выходе. Расчет

показал, что высоты реактора 9 м достаточно для очистки синтез газа от сероводорода до требуемых 50 ppmv.

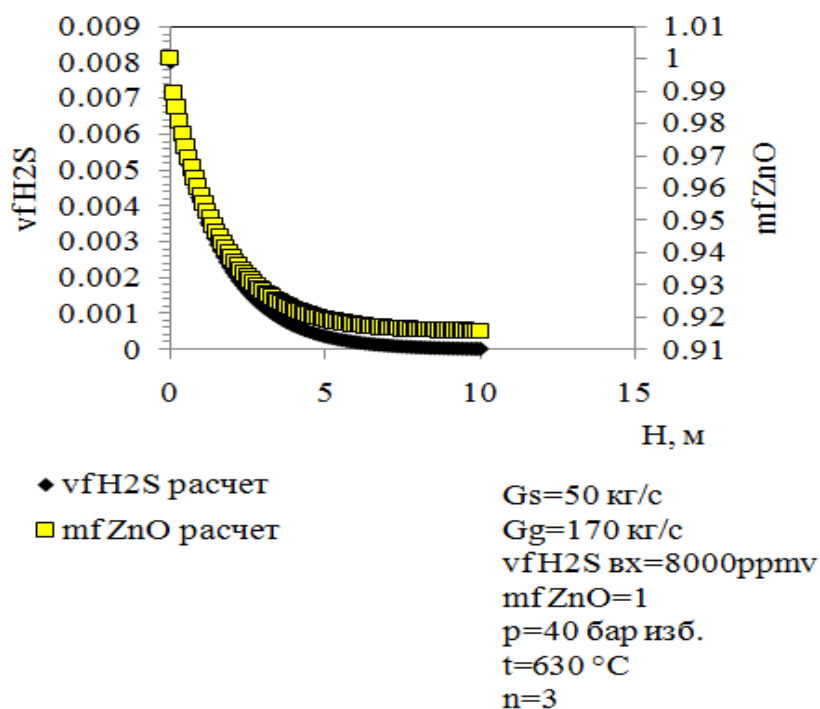


Рис.1. Падение концентрации сероводорода по высоте реактора горячей сероочистки

Высокопроизводительные реакторы с циркуляционным псевдоожиженным слоем могут быть использованы в блоках сероочистки современных ПГУ-ВЦГ.

1. Giuffrida A., Applied Energy, 88, 3949-3958 (2011).
2. Kagramanov Y.A., Tuponogov V.G. et al., Thermal Science, 2018.
3. Munts V.A., Ivakina S.A., et al., Tsvetnye Metally, 2, 40-45 (2017)
4. Gangwal S.K., Gupta R.P., et al., Process for preparing zinc oxide-based sorbents, US 7,956,006 B2, (2011).

**ДИНАМИКА СОРБЦИИ ИОНОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ  
СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИЭТИЛЕНИМИНОМ СО  
СТЕПЕНЬЮ МОДИФИЦИРОВАНИЯ 0.58**

Синельщикова А.Р.\*, Капитанова Е.И., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [like\\_i@mail.ru](mailto:like_i@mail.ru)

**DYNAMICS OF SORPTION OF NOBLE METAL IONS BY  
SULPHOETHYLATED POLYETHYLENYMIN WITH A MODIFICATION  
DEGREE OF 0.58**

Sinelshchikova A.R.\*, Kapitanova E.I., Petrova Yu.S., Neudachina L.K.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sorption of noble metal ions by sulfoethylated polyethyleneimine with substitution degree 0.58 was studied. The breakthrough curves of sorption of gold (III), platinum (IV) and palladium (II) ions by sorbents were obtained. The conditions of the sorption experiment were selected, like the sorbent weight, the volume of the solution being passed through.

В современном мире с развитием технологий все больше возрастает необходимость в использовании благородных металлов, обладающих комплексом уникальных свойств. Однако содержание этих элементов в земной коре очень мало. В связи с этим актуальной задачей является разработка методов извлечения и концентрирования благородных металлов из различных объектов. Одним из таких методов является сорбция (твердофазная экстракция). В связи с этим важное значение приобретает синтез и исследование свойств новых сорбентов.

Объектом исследования настоящей работы является сульфоэтилированный полиэтиленимин со степенью замещения атомов водорода аминогруппы 0.58 – СЭПЭИ 0.58, сшитый диэтиленгликолем. Сорбент синтезированы в лаборатории органических материалов Института органического синтеза УрО РАН под руководством к.х.н. А.В. Пестова.

Изучена сорбция хлоридных комплексов ионов благородных металлов (Au (III), Pt (IV), Pd (II)) при их совместном присутствии в растворе в динамических условиях. Изучено влияние массы сорбента (0.10, 0.05 и 0.02 г.) на сорбцию ионов благородных металлов СЭПЭИ 0.58 при скорости пропускания раствора 2 см<sup>3</sup>/мин. Эксперимент проводился в кислой среде при pH 0.5, т.к. ранее нами установлено, что в данных условиях достигается максимальная селективность сорбции ионов Pd (II) в присутствии ионов Au (III) и Pt (IV). Концентрации ионов металлов в растворах до и после сорбции определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (iCAP 6500). Изучены регенерационные свойства СЭПЭИ 0.58.

Получены динамические выходные кривые сорбции ионов Au (III), Pt (IV), Pd (II) СЭПЭИ 0.58. Установлено, что сорбент в наибольшей степени извлекает палладий (II). Однако значительным мешающим влиянием обладают



также золото (III) и платина (IV). Установлено, что увеличение массы сорбента (высоты сорбционного слоя) приводит к увеличению селективности сорбции палладия (II) по сравнению с золотом (III). Сорбция платины при этом в некоторой степени возрастает. Кроме того, показано, что с увеличением количества сорбента в патроне значительно возрастает значение внешнего давления, которое нужно приложить для пропускания раствора с необходимой скоростью. Однако существенно снизить сопротивление потоку позволяет проведение предварительного набухания сорбента в растворе хлороводородной кислоты с pH 0.5.

Установлено, что количественная десорбция исследуемых ионов металлов с поверхности сорбента достигается с использованием 50 см<sup>3</sup> 1% раствора тиомочевин в 3.5 моль/дм<sup>3</sup> хлороводородной кислоте.

На основании полученных данных выявлено влияние различных факторов (масса навески сорбента, предварительное набухание) на селективность сорбции хлоридных комплексов ионов благородных металлов, что может использоваться в дальнейшем для разработки методик их извлечения из различных объектов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке постановления №211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006*

## **ЭКСТРАКЦИЯ ИНДИЯ В ПРИСУТСТВИИ FE(III) ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ**

Скачков А.А. \*, Новиков И.В., Свирский И.А. Титова С.М., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [skachkovanatolii@mail.ru](mailto:skachkovanatolii@mail.ru)

## **EXTRACTION OF INDIUM IN THE PRESENCE OF FE (III) FROM SULFUR ACID SOLUTIONS**

Skachkov A.A. \*, Svirsky I.A., Novikov I.V., Titova S.M., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The dependence of indium extraction with a solid extractant containing D2EHPA with increasing iron (III) was investigated. A further study of the Axion 1 solid extractant in the range of concentrations of Fe (III) from 0 g/dm<sup>3</sup> to 1 g/dm<sup>3</sup> was recommended.

Производственные растворы для извлечения индия имеют сложный солевой состав [1]. Одним из главных конкурентов при извлечении является Fe(III), поскольку последний переходит в органическую фазу вместе с извлекаемым компонентом. Для оценки отрицательного влияния на емкость твердого экстрагента предложено рассмотреть зависимость экстракции индия в присутствии ионов железа трех валентного. Исследование вели в статическом режиме при увеличении концентрации Fe(III) и постоянной концентрации In=70 мг/дм<sup>3</sup>.

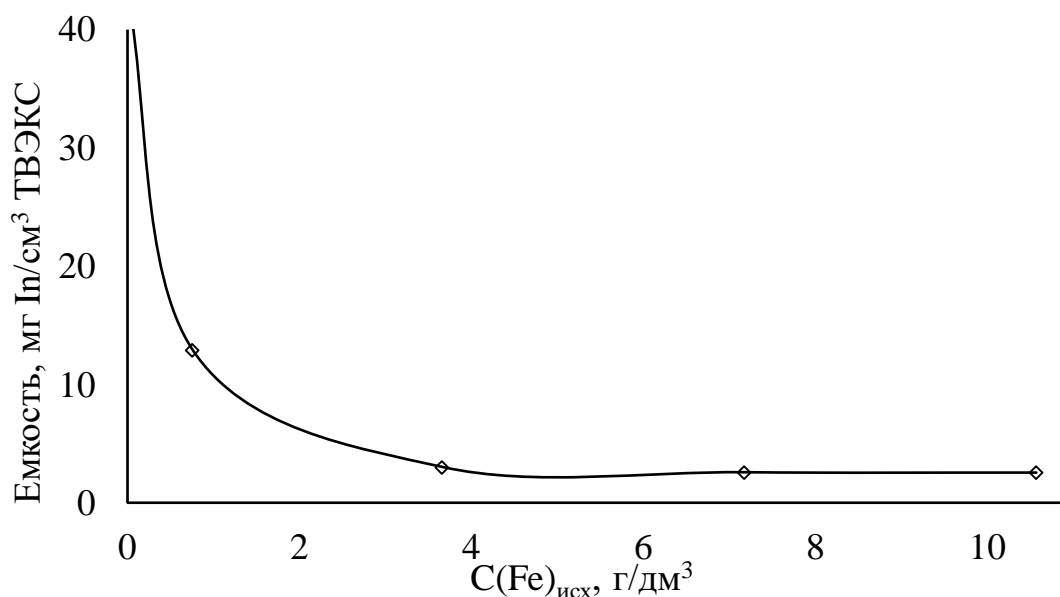


Рис.1. Зависимость емкости In твердого экстрагента Axion 1 в присутствии ионов Fe(III)

В качестве твердого фосфорсодержащего экстрагента был выбран Axion 1, содержащий 50% Д2ЭГФК. Время контакта фаз составляло 24 часа. Т:Ж=1:500. Содержание  $H_2SO_4 = 20$  г/дм<sup>3</sup>.

В ходе данного эксперимента прослеживается заметное конкурирующее влияние ионов железа (III) при экстракции индия. Поскольку при восстановлении железа в производственных растворах до (II) состояния, (III) остается до 1 г/дм<sup>3</sup>, предложено в дальнейшем рассмотреть Axion 1 в сравнении с другими фосфорсодержащими экстрагентами.

1. Казанбаев Л. А., Козлов П. А. и др., Индий. Технология получения, Издательский дом «Руда и Металлы» (2004)

## РЕГЕНЕРАЦИЯ НАСЫЩЕННОГО ИОНИТА ПОСЛЕ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА ИЗ СБРОСНЫХ ВОД ХРОМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Пастухов А.М., Черный М.Л., Скрипченко С.Ю.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [uran233@mail.ru](mailto:uran233@mail.ru)

## THE REGENERATION OF SATURATED IONITE AFTER SORPTION HEXAVALENT CHROMIUM FROM WASTEWATER OF CHROMIUM PRODUCTION PLANT

Pastukhov A.M., Chernyi M.L., Skripchenko S.Yu.\*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The process of hexavalent chromium recovery by various eluents from saturated anion exchange resin Purolite A500/4994 was investigated. The desorption process was most efficiently carried out using ammonium chloride solutions ( $100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) with the addition of ammonia (1-5%) or sodium chloride solutions ( $100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) with the addition of sodium hydroxide ( $10\text{-}50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). The degree of chromium recovery is 98-99%.

На предыдущем этапе исследований была показана высокая эффективность применения анионита Purolite A500/4994 для сорбционной очистки хромсодержащих сточных вод [1]. Анионит был протестирован на модельных растворах, а также производственных растворах АО «Русский хром 1915». В данной работе представлены результаты исследований, направленные на выбор реагентной схемы десорбции хрома из фазы насыщенного ионита.

Процесс десорбции хрома проводили в динамическом режиме с применением различных элюентов: аммиачно-хлоридных растворов (1-5%  $\text{NH}_3$ ,  $100 \text{ г/дм}^3 \text{ NH}_4\text{Cl}$ ), щелочных растворов хлорида натрия ( $10\text{-}50 \text{ г/дм}^3 \text{ NaOH}$ ,  $100 \text{ г/дм}^3 \text{ NaCl}$ ), а также щелочных растворов сульфата натрия ( $10\text{-}50 \text{ г/дм}^3 \text{ NaOH}$ ,  $200 \text{ г/дм}^3 \text{ Na}_2\text{SO}_4$ ). В работе использовали образцы анионита Purolite A500/4994, насыщенного  $\text{Cr(VI)}$  при  $\text{pH} = 7$  (ёмкость –  $58,1 \text{ кг/м}^3$ ) [1].

Согласно результатам исследований, применение на стадии десорбции аммиачно-хлоридных растворов и щелочных растворов хлорида натрия обеспечивает степень извлечения хрома из фазы насыщенного анионита не менее 98-99% (табл. 1), а максимальная концентрация хрома в отдельных фракциях товарного десорбата достигает  $40 \text{ г/дм}^3$ . Оптимальная концентрация аммиака и щелочи зависит от дальнейшей схемы переработки товарных десорбатов. В случае использования схемы, включающей восстановление хрома до трехвалентного состояния с последующим осаждением  $\text{Cr(OH)}_3$ , концентрация  $\text{Cr(VI)}$  в исходном товарном десорбате существенно не повлияет на себестоимость готового продукта ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Поэтому десорбцию рекомендуется проводить растворами следующего состава:  $100 \text{ г/дм}^3 \text{ NH}_4\text{Cl} + 1\% \text{ NH}_3$  и  $100 \text{ г/дм}^3 \text{ NaCl} + 10 \text{ г/дм}^3 \text{ NaOH}$ .

Таблица 1. Результаты десорбции шестивалентного хрома с Purolite A500/4994

Состав десорбирующего раствора	Степень десорбции, %	Концентрация хрома в объединенном товарном десорбате, г/дм <sup>3</sup>
200 г/дм <sup>3</sup> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 10 г/дм <sup>3</sup> NaOH	78,2	4,54
200 г/дм <sup>3</sup> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 50 г/дм <sup>3</sup> NaOH	95,8	5,57
100 г/дм <sup>3</sup> NaCl + 10 г/дм <sup>3</sup> NaOH	98,4	14,11
100 г/дм <sup>3</sup> NaCl + 50 г/дм <sup>3</sup> NaOH	99,7	19,05
100 г/дм <sup>3</sup> NH <sub>4</sub> Cl + 1% NH <sub>3</sub>	98,7	14,19
100 г/дм <sup>3</sup> NH <sub>4</sub> Cl + 5% NH <sub>3</sub>	98,5	22,76

Применение щелочных растворов сульфата натрия ограничивается относительно низкой степенью десорбции Cr(VI) с анионита (табл. 1). Согласно результатам исследований, степень извлечения хрома 90-96% достигается только при пропускании порядка 10 удельных объемов десорбирующего раствора с концентрацией щелочи 30-50 г/дм<sup>3</sup> и 200 г/дм<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При этом концентрация хрома в объединенном товарном десорбате составляет 5-6 г/дм<sup>3</sup>. Таким образом, использование щелочных растворов сульфата натрия на стадии десорбции приведет к уменьшению активной емкости смолы по хромю при последующих циклах сорбции, увеличению удельных затрат на производство единицы готовой продукции, и, самое важное, не позволит добиться на операции сорбции снижения остаточного содержания хрома в сточных водах до максимально разрешенных значений ( $\leq 0,02$  мг/дм<sup>3</sup>).

1. Pastukhov A.M., Chernyi M.L. et al., AIP Conf. Proc., 2015, 020071 (2018).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МЕМБРАН ДЛЯ ОЧИСТКИ СБРОСНЫХ ВОД ЭКСТРАКЦИОННОГО ПЕРЕДЕЛА ОТ ТРИБУТИЛФОСФАТА

Пастухов А.М., Скрипченко С.Ю.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [uran233@mail.ru](mailto:uran233@mail.ru)

## APPLICATION OF CERAMIC MEMBRANES FOR PURIFICATION OF WASTEWATER OF SOLVENT EXTRACTION PROCESS FROM TRIBUTYL PHOSPHATE

Pastukhov A.M., Skripchenko S.Yu.\*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The process of tributyl phosphate (TBP) extraction from wastewater of solvent extraction process was investigated. During research ceramic membranes with molecular weight cut-off values ranging from 1 to 20 kDa were used. The degree of TBP recovery was 82,4-90,5%.

Трибутилфосфат (ТБФ) является распространенным экстрагентом, используемым в технологии очистки и разделения редких, редкоземельных и радиоактивных элементов. Очистка сбросных растворов от ТБФ и его регенерация являются актуальной задачей. В данной работе проведены исследования по использованию технологии нанофильтрации с использованием керамических мембран с различным размером пор применительно к очистке нитратных растворов редкоземельного производства.

Исследования проводились на модельном растворе следующего состава: 286,3 г/дм<sup>3</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 18,7 г/дм<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub>, 374,9 мг/дм<sup>3</sup> ТБФ. Для экспериментов была использована лабораторная установка, укомплектованная моноканальными керамическими элементами 1 kD, 5 kD, 10 kD и 20 kD. В ходе проведения исследований были определены основные параметры процесса очистки, ряд из которых представлен в таблице.

Результаты очистки растворов от ТБФ с применением нанофильтрации

Мембрана	Удельная производительность, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·ч)	Остаточное содержание ТБФ в фильтрате, мг/дм <sup>3</sup>	Степень извлечения ТБФ, %
1 kD	43	35,6	90,50
5 kD	94	48,1	87,17
10 kD	116	60,7	83,81
20 kD	143	65,9	82,42

Проведенные работы показали, что использование керамических мембран

позволяет удалить из нитратных растворов значительную часть ТБФ. Степень извлечения трибутилфосфата для различного типа мембран составила 82,4-90,5%. Наибольшая степень очистки достигнута с использованием мембраны 1 кД. Стоит отметить, что благодаря возможности организации очистки способом нанофильтрации без применения химических реагентов (коагулянты, флокулянты) при промышленном использовании данной технологии извлеченный ТБФ может быть возвращен в производственный цикл.

## INVESTIGATION OF LIQUID-LIQUID EQUILIBRIUM IN SPLITTING SYSTEMS CONTAINING BIOFUEL COMPONENT

Smirnov A.A. \*, Sadaeva A.A., Toikka M.A.

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

\*E-mail: [st049810@student.spbu.ru](mailto:st049810@student.spbu.ru)

In this work we obtained data on the liquid-liquid equilibrium in ternary and quaternary splitting systems containing biofuel component – n-butanol. Namely, in systems acetic acid – n-butanol – water, acetic acid – n-butyl acetate – water and acetic acid – n-butanol – n-butyl acetate – water at 45°C and atmospheric pressure. The experimental study was carried out by Gas chromatography method analysis.

Biofuel is one of the actively developing alternative energy sources. But at that moment, this production is non-optimized and requires an excessive amount of raw materials. However, the biofuel production can be optimized by scientifically sound methods and taking into account basic thermodynamic and kinetic positions. The main components in the preparation of biofuel are vegetable oils. As this composition is rather complicated, the object of study was chosen fundamental model system containing biofuel component – n-butanol [1]. Namely, acetic acid – n-butanol – n-butyl acetate – water.

This investigation is devoted the study of liquid-liquid equilibrium (LLE) in splitting ternary systems acetic acid – n-butanol – water, acetic acid – n-butyl acetate – water and quaternary systems acetic acid – n-butanol – n-butyl acetate – water with fixed ratio of n-butanol and n-butyl acetate. The experiment was conducted at 45°C and atmospheric pressure. For the study of LLE in quaternary systems was prepared 5 solutions with fixed ratio of n-butanol and n-butyl acetate: 3-1, 2-1, 1-1, 1-2, 1-3. Before the experiment, all reagents were checked for purity by Gas chromatography method.

The experimental study of LLE was carried out by Gas chromatography method analysis for analytical determination of phase compositions. LLE data were obtained for aforementioned systems and presented in Gibbs-Rozeboom triangles.

1. Samarov A., Toikka M., Toikka A., Fluid Phase Equilibria, 385, 129–133 (2015).

## ПОТЕНЦИАЛЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ЦИРКОНИЯ ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ НА ТВЕРДОМ И ЖИДКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТОДАХ

Солдатова М.Н.\*, Мальцев Д.С., Волкович В.А., Иванов А.Б., Рыжов А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nikolay.soldatov.87@mail.ru](mailto:nikolay.soldatov.87@mail.ru)

## DEPOSITION POTENTIALS OF ZIRCONIUM FROM CHLORIDE MELTS ON SOLID AND LIQUID METAL CATHODES

Soldatova M.N.\*, Maltsev D.S., Volkovich V.A., Ivanov A.B., Ryzhov A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Cathodic deposition of zirconium on solid and liquid cathodes were studied employing cyclic and differential pulse voltammetry in wide temperature range of 400–800 °C. LiCl–KCl eutectic melt was used as a solvent. Deposition potentials of zirconium as well as diffusion coefficients of zirconium ions in LiCl–KCl were determined.

Цирконий является одним из компонентов отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Исследование электродных процессов с участием циркония имеет большой интерес с практической точки зрения. Данные об электрохимических свойствах компонентов ОЯТ как в расплавах, так и в металлических фазах необходимы для разработки и оптимизации процессов разделения в пирохимической технологии переработки.

В данной работе исследованы процессы восстановления циркония на твердом катоде из вольфрама и на жидких катодах на основе сплавов галлия с цинком, оловом и индием в эвтектической смеси хлоридов лития и калия в температурном интервале 400–800 °C с использованием ряда независимых методов исследования (циклическая вольтамперометрия в нормальном и гальваностатическом режиме, дифференциальная импульсная вольтамперометрия). Определены потенциалы выделения циркония на твердом и жидких металлических катодах. Рассчитаны температурные зависимости условного стандартного электродного потенциала циркония в исследуемом расплаве в температурном интервале 400–800 °C.

На основании полученных данных рассчитаны температурные зависимости коэффициентов диффузии ионов Zr(IV) в расплаве LiCl–KCl в исследованном температурном интервале.

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ УРАНАТОВ ЛИТИЯ, НАТРИЯ И КАЛИЯ

Старыгина П.Ю.\*, Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [polinushka9@gmail.com](mailto:polinushka9@gmail.com)

## HIGH TEMPERATURE IR-SPECTROSCOPY OF LITHIUM, SODIUM AND POTASSIUM URANATES

Starygina P.Yu.\*, Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Alkali metal uranates ( $M_4UO_5$ ,  $M_2UO_4$ ,  $M_2U_2O_7$  and  $M_2U_3O_{10}$ ,  $M = Li, Na, K$ ) were prepared by reacting triuranium octaoxide with the corresponding alkali metal carbonates. IR spectra of the uranates were recorded in the temperature range of 25–700 °C.

Уранаты щелочных металлов можно рассматривать как соли не существующей в свободном виде урановой кислоты, либо как двойные оксиды  $UO_3$  и  $M_2O$  ( $M =$  щелочной металл). Уранаты могут образовываться при осаждении урана из водных растворов, пирохимической переработке ядерного топлива в нитратных расплавах, окислении оксидного ядерного топлива в присутствии соединений щелочных металлов, хранении отработавшего ядерного топлива. Инфракрасная спектроскопия является одним из методов исследования уранатов. По ИК спектрам может быть проведена идентификация соединений, анализ частот колебаний связей позволяет судить о структуре соединений и длинах связей уран–кислород. ИК спектры уранатов щелочных металлов до настоящего времени были получены только при стандартных условиях.

Целью работы являлось изучение действия температуры на уранаты лития, натрия и калия с использованием метода ИК-спектроскопии. С этой целью были синтезированы моно- и полиуранаты состава  $M_4UO_5$ ,  $M_2UO_4$ ,  $M_2U_2O_7$  и  $M_2U_3O_{10}$  ( $M = Li, Na, K$ ). Уранаты получали твердофазным синтезом из оксида урана и карбоната соответствующего щелочного металла. Регистрацию ИК спектров проводили в интервале температур от комнатной до 700 °C в диапазоне 380–4000  $cm^{-1}$ . Измерения выполняли на спектрометре Vertex 70 (Bruker), оборудованном высокотемпературной приставкой для регистрации спектров методом диффузионного отражения. В качестве примера на рисунке представлены ИК спектры моноураната натрия  $Na_2UO_4$ , полученные при различных температурах. Видно, что позиции пиков и профили спектральных кривых изменяются с температурой. Резкое изменение профиля спектра после 500 °C может быть связано с переходом низкотемпературной формы ( $\alpha-Na_2UO_4$ ) в высокотемпературную ( $\beta-Na_2UO_4$ ), хотя по литературным данным такой переход ожидается при 900–925 °C.



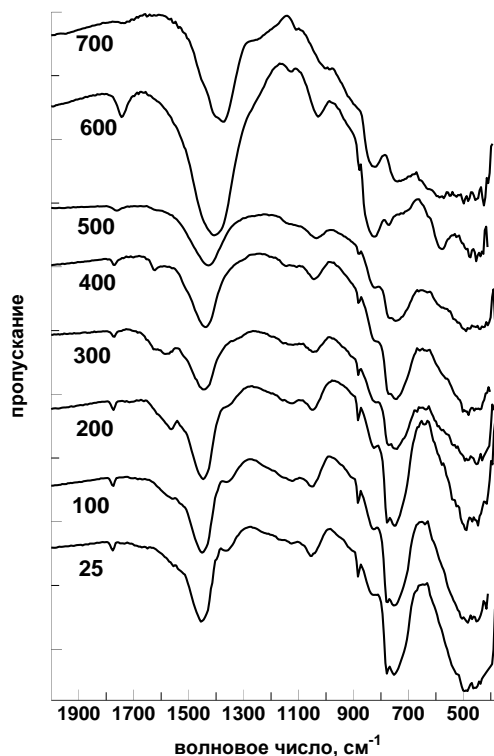


Рис. Влияние температуры на ИК-спектры моноураната натрия. Температура (°C) приведена для каждого спектра.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ УРАНА ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ НА ТВЕРДОМ И ЖИДКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТОДАХ

Стрепетов К.Е.<sup>1\*</sup>, Мальцев Д.С., Волкович В.А., Иванов А.Б., Рыжов А.А.

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kirill\\_strepetov@mail.ru](mailto:kirill_strepetov@mail.ru)

## URANIUM REDUCTION FROM CHLORIDE MELTS ON SOLID AND LIQUID METAL CATHODES

Strepetov K.E.<sup>1\*</sup>, Maltsev D.S., Volkovich V.A., Ivanov A.B., Ryzhov A.A.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Uranium reduction processes on solid and liquid metal cathodes were studied employing various voltammetry technics, i.e. cyclic voltammetry (normal and galvanostatic), differential pulse voltammetry. LiCl–KCl eutectic melt was used as a solvent. Temperature dependences of standard uranium deposition potentials were determined on different cathodes in the temperature range of 400–800 °C.

Электрохимическое выделение и электрохимическое разделение урана и продуктов деления является важной стадией пирохимической технологии переработки отработавшего ядерного топлива. Достоверные данные об электрохимических свойствах урана и продуктов деления необходимы для разработки и оптимизации технологических процессов.

В данной работе методом циклической вольтамперометрии исследовано электрохимическое поведение урана в эвтектическом расплаве хлоридов лития и калия на твердом катоде из вольфрама и на жидких металлических катодах на основе сплавов галлия с индием, оловом и цинком в широком температурном интервале 400–800 °С. Методом циклической вольтамперометрии в гальваностатическом режиме определены потенциалы выделения урана на твердом и жидких металлических катодах, получены температурные зависимости условных стандартных электродных потенциалов урана в изученной системе.

На основании полученных экспериментальных данных определены температурные зависимости коэффициентов диффузии ионов урана (III) и урана (IV) в температурном интервале 400–800 °С в эвтектическом расплаве LiCl–KCl.

### **СОРБЦИЯ СКАНДИЯ И ОСНОВНЫХ ПРИМЕСЕЙ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИМ КАТИОНИТОМ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ**

Суханова П.В.\*, Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л., Кириллов Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [polina.sukhanova@inbox.ru](mailto:polina.sukhanova@inbox.ru)

### **SORPTION OF SCANDIUM AND MAIN IMPURITIES BY USING PHOSPHORUS CONTAINING CATION-EXCHANGER FROM SULFURIC ACID SOLUTIONS**

Sukhanova P.V., Titova S.M., Skripchenko S.Yu., Smirnov A.L., Kirillov E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sorption of scandium and main impurities from sulfate solutions by the Purolite D 5041 cation-exchange resin was studied. Values of the dynamic exchange capacity of sorbent at full saturation were, kg/m<sup>3</sup>: Sc - 1.73, Ti - 4.57, Th - 0.96, Al - 33.15, Fe - 29.89. Recovery of scandium from sulfuric acid technological solutions by using phosphorus containing cation-exchanger Purolite D 5041 is possible.

Скандий является рассеянным элементом, поэтому поиск нетрадиционных источников сырья и разработка технологий извлечения ценных компонентов является актуальной задачей [1]. Ионный обмен занимает важное место в технологии извлечения металлов, в том числе при гидрометаллургической переработке скандийсодержащего сырья: гидролизной кислоты производства диоксида

титана, технологических растворов скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана. Наиболее эффективно использование для этих целей фосфоорганических ионитов, в следствие высокого сродства фосфоновой группировки к скандию.

Для работы использованы растворы, моделирующие технологические растворы уранового производства следующего состава, мг/дм<sup>3</sup>: Sc 0,495-0,550, Fe 1312,2-1423,8, Al 1451,3-1646,9, Th 1,51-1,739, Ti 1,071-1,145, концентрация серной кислоты 2,6-3 г/ дм<sup>3</sup>. Для исследования выбран образец катионита марки Purolite D 5041.

Эксперимент вели в динамическом режиме. Соотношение фаз при фильтрации раствора через слой ионита Т:Ж составило 1:5. Выходная кривая сорбции скандия и основных примесей представлена на рис. 1.

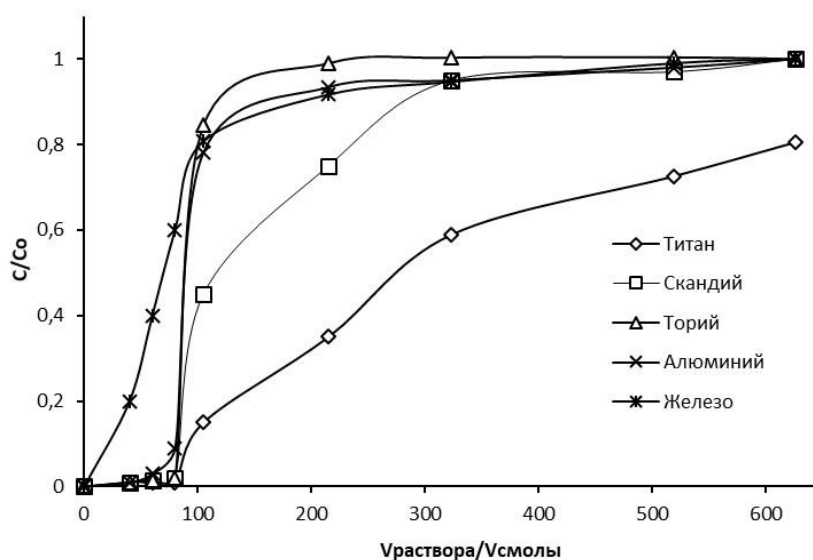


Рис. 1. Выходная кривая сорбции скандия и основных примесей на сорбенте Purolite D 5041

В данных условиях катионит Purolite D 5041 насыщается по скандию и основным примесям, кроме титана, при пропускании 600 объемов раствора через 1 объем сорбента. Значение полной динамической обменной емкости (ПДОЕ) составило при этом, кг/м<sup>3</sup> ионита: Sc - 1,73, Ti - 4,57, Th - 0,96, Al - 33,15, Fe - 29,89. Высокие значения ПДОЕ ионита по железу и алюминию обусловлены повышенным содержанием этих элементов в исходном растворе, кроме того все рассмотренные примеси являются химическими аналогами скандия и демонстрируют схожее сорбционное поведение. Несмотря на это, извлечения скандия фосфорнокислым катионитом Purolite D 5041 из сернокислых технологических растворов принципиально возможно.

1. Г.Коршунов, А. М. Резник, Скандий, Металлургия (1987).

## АНАЛИЗ ФОСФОГИПСА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Сухорукова О.Л.\*, Абрамов А.В., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [olyadegyaryova@yandex.ru](mailto:olyadegyaryova@yandex.ru)

### PHOSPHOGYPSUM ANALYSIS BY XRF

Sukhorukova O.L.\*, Abramov A.V., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The analysis of phosphogypsum is an important and promising task for ecology and rare earth industry. Wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry was applied to quantitative determination of Al, Ca, Ce, Cl, Dy, Eu, F, Fe, Gd, K, La, Mg, Mn, Na, Nd, P, Pr, S, Si, Sm, Sr, Ti, Y, Zn, Zr in phosphogypsum samples.

Фосфогипс (ФГ) – крупнотоннажный отход производства минеральных удобрений из апатита. В настоящее время в отвалах промпредприятий России накоплено около 200 млн. тонн ФГ и ежегодно эти цифры увеличиваются на 10 – 15 млн. тонн. Фосфогипс в больших количествах содержит тяжелые металлы, а также дорогостоящие редкоземельные элементы, извлечение которых является наиболее перспективным и выгодным решением задачи его комплексной переработки. Более того, переработка ФГ решает проблемы экологии, так как его складирование неизбежно наносит экологический ущерб окружающей среде за счет загрязнения водных ресурсов вредными веществами, пыления в атмосфере, а также неэффективного использования земель, занятых отвалами. Отсюда вытекает необходимость анализа ФГ для определения его исходного состава, а также состава после переработки и извлечения редкоземельных элементов и других загрязняющих веществ.

Анализ проб фосфогипса проводился с использованием волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра «ARL ADVANT’X 4200». Для расчета результатов анализа выбран метод внешнего стандарта, для реализации которого предварительно синтезированы 10 образцов сравнения.

Для подготовки проб выбран метод прессования на подложке. Установлены оптимальные параметры прессования: нагрузка и продолжительность.

Далее для каждого элемента выбраны условия регистрации: аналитические линии, кристалл-анализатор и детектор, а также способ учета фона для компонентов с низким содержанием. Определены параметры возбуждения: время экспозиции, напряжение и сила тока; произведен учет матричного влияния. На заключительном этапе произведена оценка метрологических показателей разработанной методики анализа согласно РМГ 61-2010, установлены воспроизводимость, правильность и точность определения содержания каждого аналита.

В конечном итоге, с использованием данной методики проанализирован ряд образцов фосфогипса до и после его переработки.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ - $Sc_2O_3$

Султанова Д.Т.<sup>1\*</sup>, Митюшова Ю.А.<sup>1</sup>, Ющенко А. К.<sup>1</sup>, Денисова Э.И.<sup>1</sup>,  
Карташов В.В.<sup>1</sup>, Марков А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [remarkable-di@mail.ru](mailto:remarkable-di@mail.ru)

## STUDY OF ELECTROCONDUCTING PROPERTIES OF CERAMICS BASED ON $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ - $Sc_2O_3$

Sultanova D.T.<sup>1\*</sup>, Mityushova Y.A.<sup>1</sup>, Yushchenko A.K.<sup>1</sup>, Denisova E.I.<sup>1</sup>,  
Kartashov V.V.<sup>1</sup>, Markov A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Solid State Chemistry Institute, of Ural Branch of Russian  
Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In the present work, the electrophysical properties based on  $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ - $Sc_2O_3$  were investigated.

Исследовали проводимость керамических образцов следующих составов: ( $ZrO_2$  – 8 mol. %  $Y_2O_3$  (8YSZ); ( $ZrO_2$  – 8 mol. %  $Sc_2O_3$  (8ScSZ); ( $ZrO_2$  – 4 mol. %  $Y_2O_3$  – 4 mol. %  $Sc_2O_3$  (4Y4ScSZ); ( $ZrO_2$  – 1 mol. %  $Y_2O_3$  – 8 mol. %  $Sc_2O_3$  (1Y8ScSZ). Технология изготовления образцов включала синтез исходных порошков; прессование таблеток в виде цилиндров диаметром 8 мм, высотой 4,5-5 мм при давлении 245 МПа; обжиг по режиму: нагрев со скоростью 100–200 °С/час, выдержка  $T_{\text{обжига}} = 1650$  °С в течение 4 часов и охлаждение со скоростью нагрева. Электропроводность образцов исследовали двухзондовым методом с использованием переменного тока в интервале температур 100–900 °С на воздухе. На рисунке 1 представлены температурные зависимости электропроводности в координатах Аррениуса для всех исследуемых образцов.

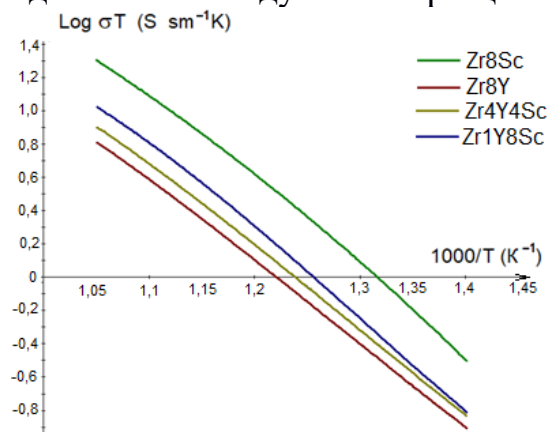


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности образцов

Энергии активации проводимостей рассчитаны по тангенсу угла наклона зависимостей электропроводности от обратной температуры. Величина энергии активации варьировалась от 0,92 до 1 эВ. Образец 8ScSZ показал самые высокие значения проводимости. С увеличением содержания  $Y_2O_3$  в  $ZrO_2$  проводимость заметно снижается.

## ЭКСТРАКЦИЯ ИНДИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Свирский И. А. \*, Скачков А. А., Новиков И.В., Титова С. М., Смирнов А. Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Svirskill.171993@gmail.com](mailto:Svirskill.171993@gmail.com)

## EXTRACTION OF INDIUM FROM SULFUR ACID SOLUTIONS

Svirsky I.A. \*, Novikov I.V., Skachkov A.A., Titova S.M., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A study was performed on the extraction of indium by solid extractants from sulphate solutions, depending on the increase in sulfuric acid in the solution. The following solid extractants were chosen: Axion 1, Axion 22, Axion 30, MAC. To extract indium, it is recommended to use an extractant containing D2EHPA.

В производстве индия, особенно в последнее время, широко используются экстракционные методы для извлечения индия из растворов с последующим получением более чистых концентрированных растворов [1]. Как известно, одной из первостепенных задач является подбор экстрагента, обладающий, по отношению к ценному компоненту, селективностью, высокой емкостью, способностью к регенерации, доступностью и т.д.

Для экстракции индия из сернокислых растворов были выбраны следующие твердые экстрагенты: Axion 1, Axion 22, Axion 30, MAC. Эксперимент вели в статическом режиме при постоянной концентрации  $In - 70 \text{ мг/дм}^3$  в растворе и  $H_2SO_4 - 0, 10, 25, 50$  и  $100 \text{ г/дм}^3$ . Навеску воздушно сухого экстрагента массой  $0.1000 \text{ г}$ , приводили в контакт с  $50 \text{ см}^3$  исходного раствора и встряхивали на вибрационном столе 24 часа. Результаты эксперимента приведены на рис. 1.

По данным исследования наибольшей емкостью к извлекаемому компоненту обладает ТВЭКС Axion 1, содержащий Д2ЭГФК – 50 %. Экстрагенты: MAC, содержащий трибутилфосфат, Axion 22, содержащий 88% Д2ЭГФК, 10% ТОФО, 2% ТБФ и Axion 30, содержащий 88% Д2ЭГФК, 12%ТБФ непригодны для извлечения индия из растворов в данном диапазоне кислотности раствора.

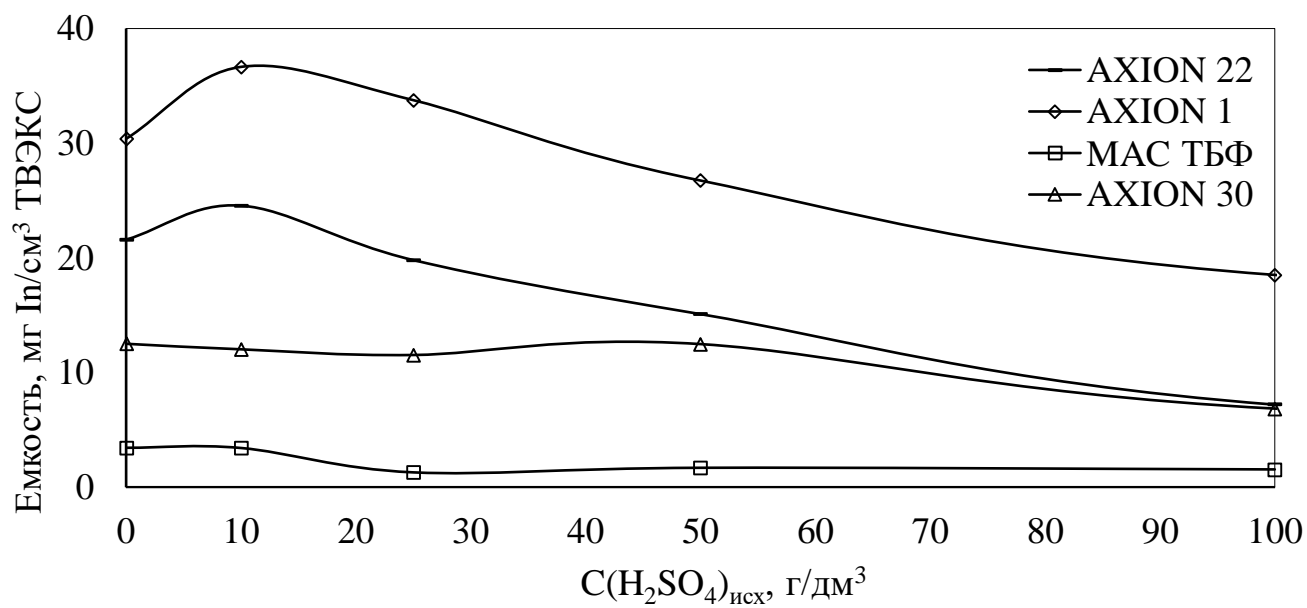


Рис.1. Зависимость емкости по In от концентрации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в растворе

- Казанбаев Л. А., Козлов П. А. и др., Индий. Технология получения, Издательский дом «Руда и Металлы» (2004).

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Кошечева А.А., Таранова Л.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [alinaalexandrovna@mail.ru](mailto:alinaalexandrovna@mail.ru)

## EFFICIENCY INCREASING METHODS USED FOR HYDROCARBON PROCESSING FACILITIES

Koshcheeva A.A., Taranova L.V.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

This paper discusses the main directions being used for resolving the issues of energy efficiency in hydrocarbon processing technology. The development and implementation of the secondary energy resources complex disposal system into the pyrolysis scheme is the most crucial and promising direction among the others. The use of this system will allow gaining an additional amount of energy resources and increasing the energy efficiency of the ethane pyrolysis process.

В последнее время остро стоит проблема повышения энергоэффективности, в т.ч. на предприятиях нефтегазопереработки и нефтехимии, технологические процессы которых характеризуются высокими энергозатратами и потерями тепла.

В работе рассмотрены возможности повышения энергоэффективности на примере комплексной установки производства этан/этилена и производства полиэтилена с использованием пинч-анализа и системного подхода [1,2].

В рамках проведения пинч-анализа выполнен анализ потоков, определены их теплофизические характеристики, построены температурно-энтальпийных диаграммы (рис. 1). Расширенная зона рекуперации на диаграммах свидетельствует о возможности покрытия энергозатрат собственными потоками при рациональном их использовании; потребность во внешних теплоносителях отмечена в области температур  $-120,9 \div -98,8$  °С и  $220 \div 105$  °С. По результатам анализа предложены мероприятия по модернизации системы теплообмена и совершенствованию температурного режима колонных аппаратов.

Для оценки эффективности проведения процесса пиролиза, как наиболее энергоемкого в производстве этилена, использованы элементы системного подхода с анализом структуры изучаемого производства, и расчетом тепловых и термодинамических параметров эффективности в соответствии с эксергетическим методом термодинамического анализа. Комплексный анализ и расчеты теплового и эксергетического КПД (соответственно 85% и 58%) позволили оценить возможности энергосбережения для установки пиролиза этана и предложить модернизированную схему материальных и энергетических потоков и схему использования вторичных энергоресурсов для более эффективного их применения.

Таким образом, в работе предложены технологические и технические мероприятия по повышению энергоэффективности комплексной установки



производства этан/этилена путем совершенствования теплотехнических схем и рационального использования имеющихся энергоресурсов.

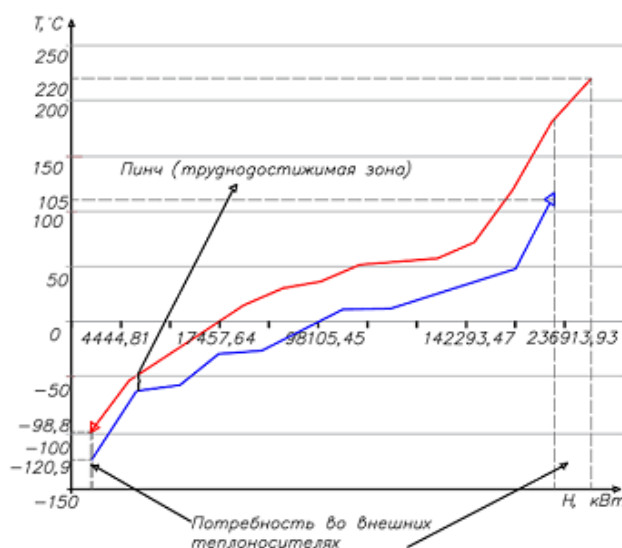


Рис. 1. Результаты реализации пинч-анализа

1. Булатов И.С., Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности, Страта (2012).
2. Жафаров Ф.Г., Основные процессы глубокой химической переработки природного газа, Букстрим (2013).

## АНАЛИЗ СХЕМЫ ПИРОЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Кошечева А.А., Таранова Л.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [alinaalexandrovna@mail.ru](mailto:alinaalexandrovna@mail.ru)

## THE ANALYSIS OF PYROLYSIS SCHEME USED TO ESTIMATE ENERGY SAVING RESOURCES

Koshcheeva A.A., Taranova L.V.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

This paper discusses the issue of the energetic efficiency of an ethane pyrolysis installation. While introducing elements of system and thermodynamic analysis, we made the structural analysis of internal and external connections and analyzed thermal parameters of pyrolysis efficiency. The result of research shows the facility modernization expediency and offers the energy-efficient option of its organization with application of secondary energy resources.

В последнее время весьма актуально решение задач энергосбережения, особенно для предприятий химической направленности характеризующихся высокими затратами топливно-энергетических ресурсов, при многостадийной переработке сырья с созданием соответствующих температурных режимов.

В настоящей работе представляло интерес оценить эффективность работы установки пиролиза этана в составе комплексной установки получения этан/этилена путем анализа ее теплотехнологической схемы (ТТС) с целью выявления ресурсов энергосбережения.

Для решения задач в работе использованы элементы системного и термодинамического анализа [1, 2]. В частности, выполнен структурный анализ внутренних и внешних связей; выявлены и проанализированы тепловые и термодинамические параметры эффективности в соответствии с эксергетическим методом термодинамического анализа.

Анализ включал: обработку первичной информации с составлением расчетной балансовой ТТС; ее декомпозицию на основе анализа структуры связей; расчет КПД; оценку термодинамической эффективности и выявление резервов энергосбережения.

По результатам исследования структуры балансовой схемы установки производства этилена выявлено и проанализировано 243 контура и образующие их потоки.

Расчетные значения теплового и эксергетического КПД, используемых оценки степени эффективности теплотехнологических процессов, составили 85% и 58% соответственно. Это указывает на целесообразность модернизации установки с целью более эффективного применения энергоресурсов.

На основе проведенного анализа предложена возможная схема использования вторичных энергоресурсов при производстве этилена (рис. 1).

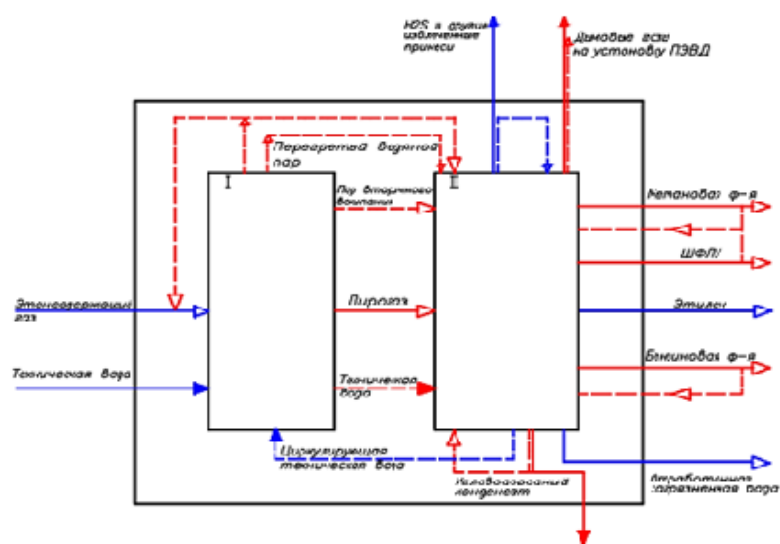


Рис.1. Модернизированная схема материальных и энергетических потоков

Таким образом, с использованием методики комплексного системного анализа теплотехнологической схемы пиролиза этана предложен энергоэффективный вариант ее организации с применением вторичных энергоресурсов в пределах комплексной установки получения этан/этилена.

1. Жагфаров Ф.Г., Основные процессы глубокой химической переработки природного газа, Букстрим (2013).
2. Холоднов В.А., Дьяконов В.П. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов, Професионал, (2003).

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЕМКОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ

Тимина Д.С.\*, Хорькова Е.С., Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Иванова А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dashatimina13@mail.ru](mailto:dashatimina13@mail.ru)

## INVESTIGATION OF ANTIOXIDANT CAPACITY OF PLANT EXTRACTS

Timina D.S.\*, Khorkova E.S., Gazizullina E.R., Gerasimova E.L., Ivanova A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Water and ethanol-water extracts of medicinal plant extracts were investigated by potentiometric method using potassium hexacyanoferrate (III) as an oxidizer. Individual compounds of flavonoids, phenolcarboxylic acids, ascorbic acid and their mixtures were analyzed. The total phenolic content of the extract was determined by the Folin–Ciocalteu method.

Исследование природных источников веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, является достаточно актуальной задачей в связи с тем, что естественные антиоксиданты легко и органично вступают в метаболические процессы в организме и практически не дают побочных эффектов, присущих синтетическим препаратам. В составе экстрактов растений к числу основных веществ с антиоксидантными свойствами относятся полифенольные соединения, в т.ч. флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, а также витамины [1].

Объектами исследования являлись коммерческие водные и водно-этанольные экстракты лекарственных трав.

Определение антиоксидантной емкости (АОЕ) проводили потенциометрическим методом с использованием взаимодействия антиоксидантов с окислителем  $K_3[Fe(CN)_6]$  [2]. Использование гексацианоферрата (III) калия в качестве модели окислителя обосновано как с термодинамической точки зрения, так и с точки зрения получения оптимального аналитического сигнала. Измерение потенциала проводится после прохождения химической реакции между антиоксидантами исследуемого образца и окислителем, и последующей добавки окислителя.

Потенциометрическим методом исследованы растворы антиоксидантов, входящих в состав лекарственного растительного сырья: флавоноиды (катехин, кверцетин), фенолкарбоновые кислоты (галловая кислота, кофейная кислота), аскорбиновая кислота и их смеси. В целом, найденные концентрации

соответствуют введенным с учетом числа функциональных групп, обеспечивающих антиоксидантные свойства.

Методом сравнения служил спектрофотометрический метод определения общего содержания полифенолов с применением реактива Фолина-Чокальтеу определяли в соответствии с ISO 14502-1:2005 [3].

Степень корреляции результатов определения антиоксидантной емкости и общего содержания полифенолов в водных и водно-этанольных экстрактах лекарственного растительного сырья составляет 98%. Высокая степень корреляции результатов подтверждает корректность получаемых результатов, а также правильность измерения интегрального параметра АОЕ с использованием потенциометрического метода. Это делает его перспективным для исследования антиоксидантных свойств различных объектов фармации.

1. Jimenez-Zamora A., Delgado-Andrade C. et al., Food Chem., 199, 339 (2016).
2. Ivanova A.V., Gerasimova E.L. et al., J. Anal. Chem., 70, 173 (2015).
3. ISO 14502-1:2005 «Determination of substances characteristic of green and black tea»

## **СОРБЦИЯ УРАНА И ХЛОРИД-ИОНОВ ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

Муравлева А.М., Титова С.М.\*, Яковлева О.В.,  
Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [s.m.titova@urfu.ru](mailto:s.m.titova@urfu.ru)

## **SORPTION OF URANIUM AND CHLORIDE IONS FROM IN-SITU LEACHING PRODUCTIVE SOLUTIONS**

Muravleva A.M., Titova S.M.\*, Yakovleva O.V., Skripchenko S.Yu., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Capacity for uranium and  $\text{Cl}^-$  of anion-exchanger VPA during sorption processing of sulfuric acid productive solutions with excess of  $\text{Cl}^-$ -ions was determined. These values were  $40.53 \text{ kg U/m}^3$  and  $35.38 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$ . The recovery degree for U and  $\text{Cl}^-$  from saturated VPA was 86 % and 99 % respectively.

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) является основным методом добычи урана. Гидрогеологические условия залегания рудного тела обуславливают выбор реагентной схемы ведения процесса. Отработка урановых месторождений на территории РФ методом СПВ ведется с использованием серной кислоты в качестве выщелачивающего агента. В настоящее время ведутся работы по освоению нового месторождения в Зауральском урановорудном районе, которое

характеризуется повышенной минерализацией водоносного горизонта. Ожидается, что концентрация хлорид-ионов в сернокислых продуктивных растворах (ПР) составит 0,25 М. Это приведет к снижению эффективности сорбционной переработки ПР вследствие конкурентного влияния анионов  $\text{Cl}^-$ .

В предыдущих исследованиях было установлено, что использование анионита ВПА позволит извлекать уран из продуктивных растворах с повышенным содержанием  $\text{Cl}^-$  - ионов без снижения производительности сорбционной установки [1, 2]. Так были определены емкостные характеристики анионита по урану, сорбционное поведение  $\text{Cl}^-$  - ионов при этом не исследовалось.

В данной работе определяли значения полной динамической обменной емкости (ПДОЕ) анионита ВПА по урану и хлорид-иону. Образец ионита ВПА, предварительно набухший и переведенный в рабочую  $\text{SO}_4^{2-}$  - форму, помещали в вертикально установленную стеклянную колонку. Подачу раствора, содержащего 25 мг/дм<sup>3</sup> – U, 5 г/дм<sup>3</sup> –  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,25 М –  $\text{Cl}^-$ , - осуществляли в направлении сверху вниз с удельной нагрузкой на колонку, равной 5 объемам раствора через 1 объем ионита за 1 час. Пробы фильтрата отбирали фракционно и направляли на количественный элементный анализ. Фильтрацию раствора прекращали при выравнивании концентраций урана на входе и выходе из колонки.

Насыщение анионита ВПА по урану достигнуто при пропускании 2200 колоночных объемов раствора. По  $\text{Cl}^-$  - ионам анионит насыщается значительно раньше – при пропускании всего лишь 58 колоночных объемов ПР. Значения ПДОЕ по урану и  $\text{Cl}^-$  при этом составило 40,53 кг/м<sup>3</sup> и 35,38 кг/м<sup>3</sup> соответственно.

Регенерацию насыщенного анионита ВПА осуществляли смешанным раствором состава 85 г/дм<sup>3</sup>  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  + 25 г/дм<sup>3</sup>  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при удельной нагрузке на колонку, равной 1,5 объемам раствора через 1 объем смолы за 1 час. Степень десорбции урана 85 % достигнута при пропускании через слой ионита 10 колоночных объемов десорбирующего раствора. При этом степень извлечения  $\text{Cl}^-$  - ионов составила 99 %. Максимальное значение концентрации урана и хлорид-ионов в десорбате составило 7,50 г/дм<sup>3</sup> и 7,39 г/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, высокое значение ПДОЕ ионита ВПА обуславливает поступление  $\text{Cl}^-$  - ионов в технологический цикл сорбционного передела, а в результате реализации замкнутого раствораоборота очевидно накопление хлорид-ионов в производственных растворах. Это может привести к снижению эффективности сорбционной переработки ПР и ухудшению качества готового продукта – концентрата урана вследствие превышения лимитов по содержанию галогенов.

1. Skripchenko S., Titova S. et al., AIP Conf. Proc., 2015, 020098 (2018).
2. Skripchenko S., Titova S. et al., AIP Conf. Proc., 2015, 020097 (2018).

## СОРБЦИЯ СКАНДИЯ И ТОРИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ СУЛЬФОКАТИОНИТОМ

Балдина А.С., Титова С.М.\*, Яковлева О.В., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [s.m.titova@urfu.ru](mailto:s.m.titova@urfu.ru)

## SORPTION OF SCANDIUM AND THORIUM BY SULFONIC CATION EXCHANGER FROM SULFURIC ACID SOLUTIONS

Baldina A.S., Titova S.M.\*, Yakovleva O.V., Skripchenko S.Yu., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Equilibrium of scandium and thorium sorption from sulfuric acid solutions by sulfonic cation exchanger Purolite C 160 was investigated. Sorption isotherm for both elements was obeyed the Langmuir model. Maximum sorption capacity for Sc and Th was 181,81 mg g<sup>-1</sup> and 526,31 mg g<sup>-1</sup> respectively.

Известно, что скандий является рассеянным элементом и не образует месторождений собственных минералов. Поэтому его источниками служат технологические растворы производств, например, растворы скважинного подземного выщелачивания урана, а также гидролизная кислота производства диоксида титана. Переработка скандийсодержащих растворов осуществляется различными гидрометаллургическими методами, в частности, ионным обменом. Наибольшими значениям емкости по скандию обладают фосфорсодержащие иониты. Однако, присутствие в технологических растворах элементов - химических аналогов скандия (Fe, Th, Zr, Ti, Al) приводит к значительному снижению емкости ионитов по скандию вследствие их конкурентного влияния. Кроме того, сорбция тория в значительной степени обуславливает радиационную активность скандиевого концентрата (СК). В данной работе изучена возможность применения катионита Purolite C160 с сульфоновыми функциональными группами для извлечения скандия и тория из сернокислых растворов, исследовано равновесие сорбции металлов.

Эксперимент вели в статическом режиме. Навески катионита в воздушно-сухом состоянии массой 50 мг приводили в контакт при постоянном перемешивании с 0,05 дм<sup>3</sup> модельных индивидуальных растворов скандия и тория, содержащих 5 г/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Концентрацию металла в растворах варьировали в диапазоне 30 – 850 мг/дм<sup>3</sup>. Температура процесса 20-22<sup>0</sup>С. Время контакта фаз составило 7 суток. По окончании эксперимента фазы разделяли, растворы анализировали на содержание Sc и Th методом ICP-AES, рассчитывали значения статической обменной емкости (СОЕ), строили изотермы сорбции (рис. 1), которые затем обрабатывали в соответствии с уравнениями моделей Лэнгмюра и Фрейндлиха.

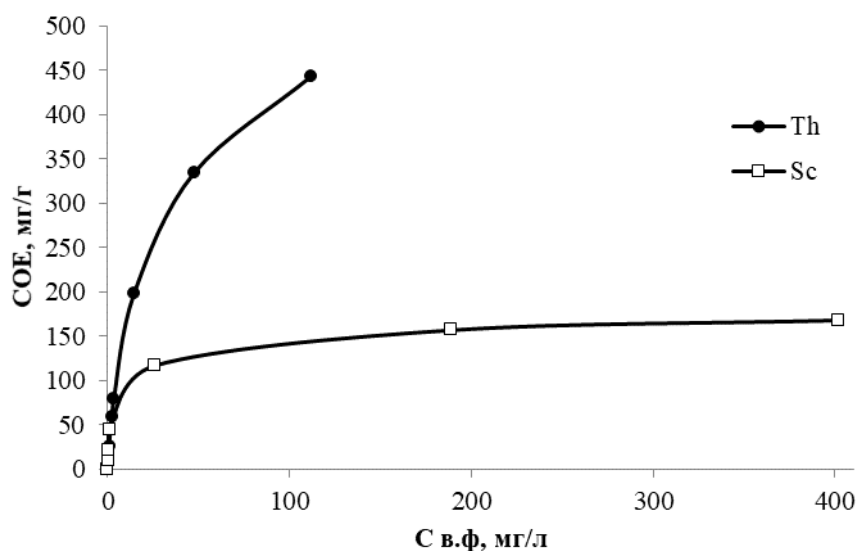


Рис. 1. Изотермы сорбции скандия и тория из сернокислых растворов сульфокатионитом Purolite C160

Изотермы сорбции имеют выпуклый профиль с крутым подъемом в области малых концентраций - исследуемый катионит позволяет эффективно извлекать скандий и торий даже из слабokonцентрированных растворов. Изотерма сорбции тория располагается выше изотермы сорбции скандия, что указывает на большее сродство сульфоновых функциональных групп к торью, чем к скандию.

Изотермы сорбции обоих металлов в наилучшей степени описываются моделью Лэнгмюра: значения коэффициента корреляции для скандия и тория равны 0,9956 и 0,9947 соответственно. Предельная сорбция катионита по скандию составила 181,81 мг/г и по торью – 526,31 мг/г.

Таким образом, применение сульфокатионита Purolite C160 для сорбционного извлечения скандия из сернокислых растворов возможно. Однако, присутствие тория в растворах приведет к снижению емкости ионита по скандию. Высокие значения емкостных характеристик ионита по торью в процессе эксплуатации технологии переработки скандийсодержащих растворов обусловят значительное загрязнение СК торием, что потребует разработки технологии дезактивации концентрата.

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ПАЛЛАДИЯ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА

Токмакова К.О., Охохонин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [kristinatokmakova@yandex.ru](mailto:kristinatokmakova@yandex.ru)

## ELECTROCHEMICAL DETERMINATION OF GLUCOSE USING SILVER AND PALLADIUM NANOPARTICLES AS CATALYSTS

Tokmakova K.O., Okhokhonin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper presents the results of the electrochemical determination of glucose on a modified electrode. Electrode modification was carried out by electrochemical deposition of Pd and Ag nanoparticles.

Развитие электрохимических методов в области анализа биологически активных соединений привело к развитию миниатюрных и дешевых приборов для определения биологически активных веществ – сенсоров. Их преимущество в высокой чувствительности и скорости анализа, компактности и доступности соответствующего оборудования. Применение электрокатализаторов в качестве чувствительных элементов сенсоров несёт ряд достоинств, таких как возможность обнаружения электрохимически неактивных соединений и отсутствие необходимости использования ферментов.

Поэтому задачей данного исследования был поиск модификатора рабочего электрода с электрокаталитическими свойствами, обеспечивающего стабильный и воспроизводимый аналитический сигнал от биологически активного вещества – глюкозы.

Исследования проводились с использованием потенциостата/гальваностата Metrohm Autolab PGSTAT128N. Электрохимическое определение аналита проводили с использованием модифицированного графито-эпоксидного рабочего электрода по следующей методике:

1. Модификация рабочего электрода путем электрохимического осаждения наночастиц Pd и/или Ag и подготовка его поверхности путем многократного сканирования потенциала в растворе щелочи.

2. Регистрация вольтамперограммы в отсутствие и в присутствии аналита в растворе.

В результате проведенных исследований определили оптимальное мольное соотношение наночастиц Pd и Ag на рабочем электроде (1:1) с чувствительностью 49,92 мкА/мМ. Причем предварительная модификация электродов суспензией углеродных нанотрубок и лаурилсульфата натрия усиливает электрокаталитические свойства наночастиц Pd и Ag. Чувствительность такого электрода составила 66,69 мкА/мМ.



## ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ДИХЛОРИДОВ РЗЭ (Sm, Eu, Yb) В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Тропин О.А.\*, Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tropinoleg@gmail.com](mailto:tropinoleg@gmail.com)

## ELECTRONIC ABSORPTION SPECTRA OF RARE EARTH (Sm, Eu, Yb) DICHLORIDES IN ALKALI CHLORIDE MELTS

Tropin O.A.\*, Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electronic absorption spectra of solutions of samarium, europium and ytterbium dichlorides in alkali chloride melts were recorded at 623–1023 K. The experiments were performed in LiCl–KCl, LiCl–KCl–CsCl, NaCl–KCl–CsCl eutectic and NaCl–KCl equimolar mixture based melts.

Спектроскопические свойства растворов дихлоридов редкоземельных элементов (РЗЭ) в расплавах хлоридов щелочных металлов практически не описаны в научной литературе. Настоящая работа была нацелена на получение информации об оптических свойствах ионов двухвалентных РЗЭ в расплавах хлоридов щелочных металлов катионного состава.

В работе была проведена регистрация электронных спектров поглощения дихлоридов двухвалентных иттербия, самария и европия в различных солях-растворителях (эвтектических смесях LiCl–KCl–CsCl, LiCl–KCl, NaCl–KCl–CsCl, эквимольной смеси NaCl–KCl) при температурах 623–1023 К. Нижняя температурная граница зависела от температуры плавления соли-растворителя. Большинство из этих электронных спектров поглощения получены впервые. В работе была разработана методика получения дихлоридов РЗЭ(II) в расплавах хлоридов посредством восстановления трихлоридов РЗЭ соответствующими металлами. В работе рассмотрено влияние концентрации РЗЭ(II) в расплавах и температуры на оптическую плотность. Рассчитаны коэффициенты экстинкции хлоридных ионов двухвалентных лантанидов (Yb, Sm, Eu) в исследованном интервале температур.

Для сравнения проведена регистрация спектров поглощения твердых замороженных хлоридных электролитов, содержащих дихлориды РЗЭ(II), при комнатной температуре методом спектроскопии диффузионного отражения.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРИХЛОРИДОВ  
ЛАНТАНИДОВ (Sm, Eu) В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ  
МЕТАЛЛОВ В ПРИСУТСТВИИ ВОДОРОДА**

Тропин О.А.\*, Волкович В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tropinoleg@gmail.com](mailto:tropinoleg@gmail.com)

**ELECTROCHEMICAL REDUCTION OF LANTHANIDE (Sm, Eu)  
TRICHLORIDES IN ALKALI CHLORIDE MELTS IN PRESENCE OF  
HYDROGEN**

Tropin O.A.\*, Volkovich V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electrochemical reduction of samarium and europium trichlorides to the dichlorides was studied in NaCl–KCl–CsCl eutectic and NaCl–KCl equimolar mixture based melts at 823–1123 K. Effect of hydrogen on the reduction process was investigated.

В работе исследован процесс восстановления трихлоридов самария и европия до дихлоридов в различных солях растворителей (эвтектической смеси NaCl–KCl–CsCl и эквимольной смеси NaCl–KCl) в интервале температур области 823–1123 К. Эксперименты выполняли в инертной (аргон) и восстановительной (водород) атмосфере. Также рассмотрено влияние обработки расплава водородом на процесс восстановления трихлоридов РЗЭ.

В работе определено влияние водорода на полноту восстановления ионов РЗЭ(III) до РЗЭ(II) в хлоридных расплавах. Исследовано влияние температуры и концентрации РЗЭ в расплаве на устойчивость ионов РЗЭ(II) в хлоридных солевых системах. Определены значения окислительно-восстановительных потенциалов РЗЭ(III)/РЗЭ(II), произведен расчёт величин условных стандартных окислительно-восстановительных потенциалов, термодинамических характеристик соединений РЗЭ в хлоридных расплавах.

## КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ФЛОКУЛЯНТАМИ ОСАДКОВ АГРЕССИВНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Царев Н. С., Аксенов В. И., Татьянникова Е. М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [nstzar@mail.ru](mailto:nstzar@mail.ru)

## AGGRESSIVE WASTEWATER SLUDGES CONDITIONING WITH POLYELECTROLYTES

Tsarev N. S., Aksenov V. I., Tatyannikova E. M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The report presents researches data of the Praestol polyelectrolytes treatment of the real sludges, which are formed during the process of aggressive wastewater neutralization from corrosion-resistant steels acid pickling. The results of determination of polyelectrolytes for spent pickling solutions and rinse-water sludges conditioning, the dosages ranges of flocculants and the specific performance indicators of dewatering equipment are adduced.

С целью уменьшения негативного влияния предприятий черной металлургии на здоровье человека и состояние окружающей среды чрезвычайно актуальной задачей является внедрение на них современных очистных сооружений агрессивных сточных вод, оснащенных оборудованием для кондиционирования и механического обезвоживания образующихся осадков.

В докладе отражены наши основные результаты исследований технологических свойств осадков агрессивных производственных сточных вод, образующихся при нейтрализации отработанных травильных растворов (ОТР) и промывных вод (ПВ) от процессов обработки поверхности коррозионностойких сталей.

Одним из самых эффективных способов интенсификации работы сгустителей, фильтр-прессов и др. обезвоживающего оборудования для осадков является проведение перед обезвоживанием реагентной обработки осадков высокомолекулярными флокулянтами.

Установлено, что для кондиционирования осадка от нейтрализации ОТР эффективен неионогенный флокулянт Праестол 2500 (расход 4 килограмма флокулянта на тонну сухого вещества осадка (кг/т)), а для осадка от нейтрализации ПВ — анионный флокулянт Праестол 2540 (расход 1 кг/т).

Технологические параметры работы обезвоживающего оборудования при флокуляционной обработке осадка следующие: удельная нагрузка на гравитационные сгустители по сухому веществу осадка — 10–20 кг/(ч · м<sup>2</sup>); удельная нагрузка на камерные фильтр-прессы по сухому веществу осадка — 2–2,5 кг/(ч · м<sup>2</sup>).

Флокуляционная обработка осадков и их последующее механическое обезвоживание позволяют получить обезвоженные осадки с влажностью 60–70 %, пригодные для дальнейшей переработки.

Данные о составе твердой фазы осадков (табл.) позволяют отнести их к вторичным материальным ресурсам. Поэтому в ходе дальнейших исследований мы определяем возможные пути утилизации обезвоженных осадков.

Состав твердой фазы осадков

Компонент	Содержание компонента, %	
	Осадок от нейтрализации ОТП	Осадок от нейтрализации ПВ
F	24,22	19,10
Na	0,3	отсут.
Mg	0,26	0,68
Al	0,19	0,52
Si	0,33	1,02
P	2,02	2,81
S	1,36	1,08
Ca	19,35	18,62
Cr	2,42	3,3
Fe	16,62	16,25
Ni	2,35	1,35

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ В СИСТЕМЕ ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Циммерман А.И.\*, Шаненкова Ю.Л., Осокина Л.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия

\*E-mail: [alexsimmer@yandex.ru](mailto:alexsimmer@yandex.ru)

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING BULK CERAMIC MATERIALS USING SPARK PLASMA SINTERING IN THE ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SYSTEM

Tsimmerman A.I.\*, Shanenkova Yu.L., Osokina L.V.

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The paper shows the fundamental possibility of obtaining ultrafine ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite materials. The use of such a powder composite has a positive effect on the structure of ceramics obtained by spark plasma sintering. Improving the electrical properties of the obtained ceramics is possible due to the direct introduction of other oxide additives into the plasma-dynamic synthesis process.

Оксид цинка – полупроводниковый материал, что позволяет изготавливать на его основе варисторы, используемые для защиты силового оборудования благодаря нелинейности вольт-амперной характеристики (ВАХ) [1]. Получение объемных материалов из нанопорошков, обладающих желаемыми уникальными свойствами, является сложной задачей. В настоящее время существуют различные эффективные методы консолидации порошков, например, горячее прессование, горячее изостатическое прессование, искровое плазменное спекание (ИПС) и другие. Основным преимуществом метода ИПС является его быстроедействие процесса компактирования порошкообразных материалов [2]. В работе рассматривается возможность спекания порошкообразных материалов системы ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, полученных методом плазмодинамического синтеза (ПДС) [3] и в коммерческих условиях.

Экспериментальные исследования по получению ультрадисперсного объемного образца из исходного порошка проведены с использованием метода ИПС. Спекание образца производилось в вакууме в графитовой пресс-форме с графитовыми пуансонами диаметром 12,7 мм под давлением 60 МПа и при температуре спекания  $T = 1200$  °С.

На рисунке 1а приведены SEM-снимки сколов круговых поверхностей коммерческого (I) и ультрадисперсного (II) образцов. Сравнение микроструктуры образцов со всей очевидностью показывает, что использование ультрадисперсных композитных порошков ПДС позволило получить более однородную требуемую микроструктуру в отличие от микроструктуры стандартного образца (I).

На рисунке 1б представлены нелинейные ВАХ полученных керамических образцов. Как видно, коммерческий образец обладает худшими электрическими характеристиками, как с позиции коэффициента нелинейности, так и с позиции величины пробивного напряжения.

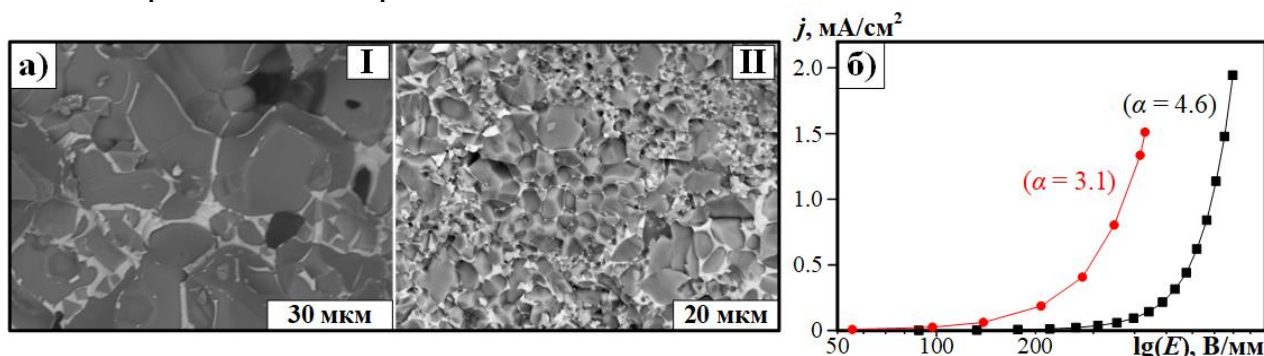


Рис. 1. SEM-снимки спеченной композиционной керамики (Ia – коммерческий образец, IIa – ультрадисперсный образец) и их вольт-амперные характеристики (б)

В работе показана принципиальная возможность получения ультрадисперсных композитных материалов ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Применение такого порошкового композита положительно сказывается на структуре керамики, полученной искровым плазменным спеканием. Улучшение электрических свойств полученной керамики возможно за счет непосредственного введения в процесс плазмодинамического синтеза других оксидных добавок, следовательно, отмеченный способ плазмодинамического синтеза кажется вполне перспективным для создания композитных продуктов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-32-00115.*

1. Bernik S., Cheng L., Podlogar M. et al., Ceram. Silik., 62, 8 (2018).
2. Sivkov A., Ivashutenko A. et al., Ceram. Int., 44, 22808 (2018).
3. Sivkov A., Tsimmerman A. et al., J. Phys. Conf., 1115, 042063 (2018).

## ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНОК РЬS ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОМ(II)

Ваганова И.В.<sup>1,3\*</sup>, Мостовщикова Е.В.<sup>2</sup>, Воронин В.И.<sup>2</sup>,  
Чуфарова Н.А.<sup>1</sup>, Маскаева Л.Н.<sup>1,3</sup>

- <sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
- <sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
- <sup>3)</sup> Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [irina\\_vaganova@inbox.ru](mailto:irina_vaganova@inbox.ru)

## EVOLUTION OF STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED PBS FILMS DOPED WITH IRON (II)

Vaganova I.V.<sup>1,3</sup>, Mostovshchikova E.V.<sup>2</sup>, Voronin V.I.<sup>2</sup>,  
Chufarova N.A.<sup>1</sup>, Maskaeva L.N.<sup>1,3</sup>

- <sup>1)</sup> Ural Federal University (named after the First President of Russia B.N. Yeltsin), Ekaterinburg, Russia
- <sup>2)</sup> M.N. Miheev Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia
- <sup>3)</sup> Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia

The properties of chemically deposited PbS films were studied with the addition of FeCl<sub>2</sub> salt up to 5 mM into the reaction bath. The X-ray data points that at dopant concentration up to 1 mM, Fe<sup>2+</sup> ions are located in the interstice positions, and only at 5 mM Fe<sup>2+</sup> ions substitute Pb<sup>2+</sup> ones. The band gap also slightly changes from 0.44 eV to 0.42 eV at concentration of FeCl<sub>2</sub> up to 1 mM and rises to 0.58 eV at 5 mM. The effect of magnetic field on the impurity absorption band at ~ 0.3 eV is found.

Пленки PbS широко применяются в различных областях оптоэлектроники благодаря фоточувствительным свойствам, которые проявляются в видимом и ближнем ИК диапазоне. Одним из методов управления характеристиками фоточувствительных слоев является введение в реакционную смесь допирующих добавок. Особый интерес представляет введение добавок солей железа, поскольку такое легирование может не только влиять на ширину запрещенной зоны PbS, но и приводить к появлению ферромагнетизма [1].

Пленки PbS:Fe получены гидрохимическим осаждением на стеклянных подложках из цитратно-аммиачной ванны с добавлением FeCl<sub>2</sub> в концентрации от 0.05 до 5 ммоль/л. Морфологию пленок и состав определяли с помощью растрового электронного микроскопа JEOL JSM-5900 LV с приставкой EDX. Кристаллическую структуру изучали методом рентгеновской дифракции на дифрактометре Дрон-4 с медным анодом в геометрии Брэгга-Брентано. Оптические

исследования проводили в интервале  $0.3 < E < 1.2$  эВ с использованием призмного спектрометра.

Поликристаллические пленки имели толщину  $\sim 380$ - $400$  нм, которая слабо менялась при концентрации соли  $\text{FeCl}_2$  от 0 до 1 ммоль/л и уменьшалась до  $\sim 270$  нм для пленки, полученной из раствора, содержащего 5 ммоль/л  $\text{FeCl}_2$ .

На всех рентгенограммах присутствовал только набор рефлексов, характерных для исходного  $\text{PbS}$ , указывая, что введение  $\text{Fe}^{2+}$  в пленку не изменяет тип кристаллической структуры  $\text{PbS}$ , а железо внедряется в решетку. Ожидалось, что полученные пленки будут представлять твердый раствор замещения  $\text{Pb}$  железом, как в работе [2]. Обнаруженное увеличение параметра решетки невозможно объяснить заменой большего иона  $\text{Pb}^{2+}$  меньшим ионом  $\text{Fe}^{2+}$ . Путем построения карты ядерной плотности в решетке была найдена дополнительная плотность вблизи узлов с координатами  $(1/2, 1/2, 1/4)$  и показано, что увеличение параметра решетки от  $5.9321 \text{ \AA}$  до  $5.9423 \text{ \AA}$  при концентрации  $\text{FeCl}_2$  в растворе до 5 ммоль/л связано с внедрением ионов  $\text{Fe}^{2+}$  в междоузлия  $\text{PbS}$ , а при большей концентрации начинается замещение свинца железом, что дает понижение параметра решетки до  $5.9338 \text{ \AA}$ .

Введение  $\text{FeCl}_2$  до 5 ммоль/л слабо влияет на спектры поглощения в ближнем ИК диапазоне. Величина  $E_g$  уменьшается от 0.44 эВ для исходного  $\text{PbS}$  до 0.42 эВ, а при  $E=0.3$  эВ появляется дополнительная полоса поглощения, интенсивность которой монотонно увеличивается с ростом содержания допанта. Введение 5 ммоль/л  $\text{FeCl}_2$  приводит к «синему» сдвигу края поглощения,  $E_g$  увеличивается до 0.58 эВ, и сдвигу примесной полосы поглощения к более высоким энергиям. Полоса поглощения при 0.3 эВ чувствительна к магнитному полю: после охлаждения пленок в поле 8 кЭ интенсивность этой полосы существенно уменьшается.

*Работа выполнена при поддержке программы 211 Правительства РФ № 02.А03.21.0006 и в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Поток» АААА-А18-118020190112-8, тема «Спин» АААА-А18-118020290104-2).*

1. Ravishankar S., Balu A.R., et al. *Optik*, 134, 121 (2017).
2. Portillo Moreno O., Gutierrez Perez R., et al. *Optic*, 127, 10273 (2016).



## ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ КРЕМНИЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАСПЛАВЕ $\text{KF-KCl-K}_2\text{SiF}_6$

Воробьёв А.С.\* , Исаков А.В., Галашев А.Е.

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alex2006-91@mail.ru](mailto:alex2006-91@mail.ru)

## STUDY OF STABILITY OF SILICON COMPLEXES IN $\text{KF-KCl-K}_2\text{SiF}_6$ MELT

Vorob'ev A.S.\* , Isakov A.V., Galashev A.Y.

Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch, Russian  
Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this work, the stability of silicon complexes formed in the  $\text{KF-KCl-K}_2\text{SiF}_6$  melt was studied by the method of quantum mechanics. The following complexes were considered: fluoride, oxyfluoride and oxide.

В данной работе методом квантовой механики, реализованном в программном пакете Siesta, изучалась устойчивость кремниевых комплексов, образующихся в расплаве  $\text{KF-KCl-K}_2\text{SiF}_6$ . Нами были рассмотрены следующие комплексы: фторидные ( $\text{SiF}_x$ , где  $x=4..7$ ), оксифторидные ( $\text{SiO}_3\text{F}$ ,  $\text{SiO}_2\text{F}_2$ ,  $\text{SiOF}_3$ ) и оксидные  $\text{SiO}_x$  и  $\text{Si}_2\text{O}_y$ , где  $x=2..4$ , а  $y=4..7$ . Данные комплексы были рассмотрены при разном соотношении калия к кремнию, начиная от систем без атомов калия, заканчивая системами имеющим три атома калия. Исследование проводили в рамках теории функционала электронной плотности с использованием базиса плоских волн. Для всех рассмотренных систем была произведена геометрическая оптимизация с использованием обобщённого градиентного приближения в форме РВЕ. Изменение полной энергии системы при динамической релаксации атомов ограничивалось величиной 0.001 эВ, а энергия обрезания базиса плоских волн равна 300 Ry.

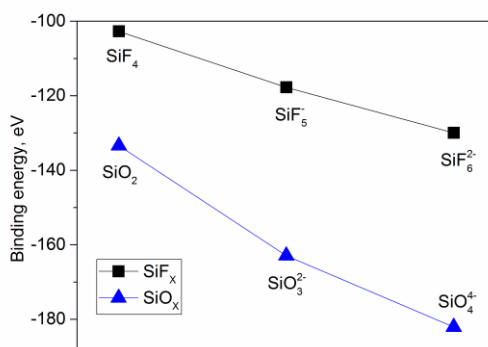


Рис. 1. Энергии связи комплексов  $\text{SiF}_x$ ,  $\text{SiO}_x\text{F}_y$ ,  $\text{SiO}_x$  при числе атомов калия равном 3

Все энергии связи были рассчитаны по формуле:

$$E_{\text{binding}} = E_{\text{SiOF}} - N_{\text{Si}}E_{\text{MSi}} - N_{\text{F}}E_{\text{F}} - N_{\text{O}}E_{\text{O}},$$

где  $E_{\text{SiOF}}$ ,  $E_{\text{Si}}$ ,  $E_{\text{F}}$  и  $E_{\text{O}}$  – полная энергия комплекса, энергии единичного атома кремния ( $\text{Si}^{4+}$ ), фтора ( $\text{F}^{-1}$ ) и кислорода ( $\text{O}^{-2}$ ) соответственно, а  $N_{\text{Si}}$ ,  $N_{\text{F}}$ ,  $N_{\text{O}}$  обозначают количество атомов кремния, фтора и кислорода в системе.

Полученные в расчётах минимальные энергии связи полностью соответствуют энергетической последовательности комплексов, зарегистрированной *in situ* методом КР-спектроскопии в расплаве  $\text{KF-KCl-K}_2\text{SiF}_6$  [1].

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 18-73-00227.*

1. Zaykov Y.P., Isakov A.V., et al. J. Phys. Chem. B, 118, 1584 (2014).

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ КОБАЛЬТА

Вовк С.К.\*, Денисов Е.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [sergey-vovk7@mail.ru](mailto:sergey-vovk7@mail.ru)

## THE STUDY OF SORPTION KINETICS OF COBALT

Vovk S.K., Denisov E.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Co sorption by T-35 sorbent was studied under dynamic conditions from 1M NaCl solution. The dependences «S – T» and «-lg(1-F) – T» were obtained for the determination of regularities of Co interphase distribution. A comparison of it depending on the pH, speeds of hashing and temperature of the solution was done. Obtained results have shown that T-35 sorbent is promising for extraction Co from solutions.

Целью данной работы является исследование кинетики сорбции кобальта, нахождение лимитирующей стадии и определение оптимальных условий по извлечению из растворов.

Исследования проводили в динамических условиях: колонка, заполнена сорбентом марки «Термоксид» Т-35 (ферроцианид никеля-калия на носителе гидроксиде циркония), через которую непрерывно по кругу прокачивается раствор (0,1M NaCl) с радиоактивным метчиком  $^{60}\text{Co}$  при одновременном автоматическим измерением активности накопленной сорбентом. Соотношение массы сорбента к объему раствора составляет 1:100.

По такой методологии изучена кинетика процесса сорбции от переменных условий (рН, скорость перемешивания и температура) и получены зависимости в координатах « $-\ln(1-F) - t$ », где  $F$  – степень достижения сорбционного равновесия. Все кинетические зависимости выходят из начала координат, имеют два линейных участка: начальный от 0 до 5 мин, и последний участок от 5 мин до равновесия. В табл. приведены уравнения линейной регрессии  $-\ln(1-F) = (\gamma_{\text{эфф}} \pm \Delta\gamma_{\text{эфф}}) t + (b \pm \Delta b)$  для выбранных прямолинейных участков, а также последнее значение сорбции ( $S$ ), зафиксированное в эксперименте.

Уравнения линейной регрессии для кинетической зависимости сорбции  $^{60}\text{Co}$ .

Параметр рН/V(мл)/° С	1 участок (до 300 сек)		2 участок (после 3000 сек)		S	S <sub>∞</sub>
	$\gamma_{1\text{эфф}} \pm \Delta\gamma_{1\text{эфф}}$	$b_1 \pm \Delta b_1$	$\gamma_{2\text{эфф}} \pm \Delta\gamma_{2\text{эфф}}$	$b_2 \pm \Delta b_2$		
7,0/15/20	0,00134±0,00008	0,01±0,01	0,00017±0,00001	1,15±0,06	0,91	0,98
7,0/30/20	0,00145±0,00010	0,01±0,02	0,00017±0,00001	1,23±0,06	0,92	0,98
7,0/15/40	0,00104±0,00012	0,03±0,02	0,00022±0,00002	0,30±0,07	0,87	0,98
5,07/15/20	0,00041±0,00006	0,02±0,01	0,00005±0,00001	0,31±0,01	0,38	0,73
4,2/15/20	0,00030±0,00006	0,01±0,01	0,00004±0,00001	0,18±0,01	0,25	0,73

На основании полученных результатов сделан вывод, что сорбция  $\text{Co}$  сорбентом Т-35 лимитируется внутренней диффузией в поровом пространстве сорбента. А степень сорбции имеет прямо пропорциональную зависимость от скорости, температуры и рН (в диапазоне от 4 до 7).

Полученные результаты лягут в основу создания технологии по извлечению  $^{60}\text{Co}$  из ЖРО АЭС.

**ВЫБОР СИККАТИВА ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА  
ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НОВЫХ АЛКИДНЫХ  
ОЛИГОМЕРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДЕГИДРАТИРОВАННЫМ  
КАСТОРОВЫМ МАСЛОМ**

Яблонская Е.И.\* , Глоба А.И.

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, РБ,

\*E-mail: [VPSH\\_BSTU@mail.ru](mailto:VPSH_BSTU@mail.ru)

**SELECTION DRIERS TO ACCELERATE OF THE PROCESS OF CURING  
COATING BASED ON THE NEW ALKYD OLIGOMERS MODIFIED  
DEHYDRATED CASTOR OIL**

Yablonskaya K.I.\* , Hloba A.I.

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

The physicochemical bases of the processes of formation of coatings based on the new alkyd film-formers modified with dehydrated castor oil, with the addition of various various dryers are considered. It has been established that as a catalyst of oxidative polymerization for varnishes based on new alkyd oligomers modified dehydrated castor oil, it is advisable to use a combination of cobalt octoate / zirconium octoate.

Немодифицированные алкидные пленкообразователи находят ограниченное применение. Введение в рецептуру алкидных олигомеров растительных масел позволяет получить продукты, отвечающие технологическим требованиям к лакокрасочным материалам.

Исследуемые новые пентафталевые алкидные олигомеры, модифицированные дегидратированным касторовым маслом и малеиновым ангидридом, с жирностью 70% (ПФ-ДКМ-70-МА) и 60% (ПФ-ДКМ-60-МА), синтезированы по глицеридному методу в две стадии с фиксированным избытком гидроксильных групп. В жирнокислотном остатке полученных пленкообразователей присутствуют двойные связи, поэтому они могут формировать покрытия на воздухе не только за счет физического высыхания (испарения растворителей), но также вследствие окислительной полимеризации.

Для ускорения химического отверждения синтезированных алкидных олигомеров выбрали наиболее распространенный сиккатив ЛБ-2, а также комбинацию сиккативов из октоата кобальта и октоата циркония, подобранную в результате проведенного ранее исследования [1].

С целью определения лучшего сиккатива из новых алкидных олигомеров, приготовили лаковые композиции с сухим остатком ( $53 \pm 2$ ) %, довели их до рабочей вязкости необходимым количеством растворителя (о-ксилола). Составы с сиккативами наносили на подложки с помощью аппликатора с толщиной мокрого слоя 100 мкм (толщина после формирования покрытия составляла 18–20 мкм). В таблице приведены результаты исследований.

## Исследование свойств лаковых покрытий

Показатель	ПФ-ДКМ-70-МА		ПФ-ДКМ-60-МА	
	ЛБ-2	окт. Со+окт. Zr	ЛБ-2	окт. Со+окт. Zr
Тип сиккатива				
Время высыхания при температуре $(80\pm 2)^\circ\text{C}$ до степени 3 не более, мин	99	56	91	52
Твердость пленки по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А), отн. ед., не менее	0,08	0,07	0,07	0,13
Гель-фракция, %	82,06	83,55	81,97	83,69

Проведенные исследования показали, что покрытия на основе новых алкидных олигомеров высыхают до степени 3 при  $(80\pm 2)^\circ\text{C}$  менее чем за 2 ч в результате химического и физического отверждения. Однако введение комбинации сиккативов октоат кобальта / октоат циркония способствует более быстрому отверждению (в 1,75 раза). Значения относительной твердости пленок (через 2 суток) и содержание гель-фракции (сразу после отверждения), как с сиккативом ЛБ-2, так и с комбинацией сиккативов октоат кобальта / октоат циркония приблизительно одинаковое, то есть введение сиккативов одинаково влияет на формирование трехмерной сетки.

Таким образом, установлено, что в качестве катализатора окислительной полимеризации для лаков на основе новых алкидных пленкообразователей, модифицированных дегидратированным касторовым маслом, целесообразно использовать комбинацию сиккативов октоат кобальта / октоат циркония, чтобы сократить время отверждения покрытий, обеспечить экономию энергоресурсов и повысить конкурентоспособность продукции предприятий за счет удешевления процесса окраски.

1. Шутова, А.Л., Дис. канд. хим. наук: 08.00.13, Бел. гос. тех. унив-т. (2010).

## СОРБЦИЯ УРАНА ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ХЛОРИД-ИОНОВ

Яковлева О.В.<sup>\*</sup>, Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nakamura211017@gmail.com](mailto:nakamura211017@gmail.com)

## URANIUM SORPTION FROM SULFURIC ACID PRODUCTIVE SOLUTIONS WITH HIGH CONTENT OF CHLORIDE IONS

Yakovleva O.V.<sup>\*</sup>, Titova S.M., Skripchenko S.Yu., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The uranium sorption from sulfuric acid productive solutions with high content of Cl<sup>-</sup> ions by different anion-exchangers with gel and macroporous structure was investigated. The macroporous anion-exchanger VPA had best sorption characteristics. The capacity of gel anion-exchanger VPAg was less because of sieve effect.

В настоящее время в России ведутся работы по освоению новых урановых месторождений методом скважинного подземного выщелачивания. По данным геологоразведки, водоносный горизонт месторождений Зауральского урановорудного района характеризуется повышенной минерализацией: ожидается, что концентрация Cl<sup>-</sup> - ионов в продуктивных растворах (ПР) составит 0,25 М.

Основным методом извлечения урана из ПР является сорбция анионообменными смолами. Конкурентное влияние Cl<sup>-</sup>-ионов приводит к ухудшению емкостных характеристик ионитов и, как следствие, снижению эффективности сорбционной переработки ПР.

По результатам ранее проведенных работ было выявлено, что использование макропористого анионита ВПА позволяет осуществлять переработку сернокислых ПР с повышенным содержанием Cl<sup>-</sup> - ионов без снижения производительности сорбционной установки [1, 2]. Основным недостатком смолы данной марки является низкая механическая прочность, в результате чего зерна сорбента подвержены деструкции по мере эксплуатации в технологическом цикле. С целью решения данной проблемы синтезирован образец анионита гелевой структуры ВПАг.

Оценку эффективности применения ионита ВПАг для извлечения урана из ПР с повышенным содержанием Cl<sup>-</sup>-ионов вели в сравнении с гелевыми анионитами марок АМП, Гранион AS-U7, АМП-U и макропористым анионитом ВПА. Сорбцию вели в статическом режиме из модельных растворов, содержащих (30-350) мг/дм<sup>3</sup> – U; 5 г/дм<sup>3</sup> – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, без добавления хлорид-ионов и с добавлением до 0,25 М Cl<sup>-</sup>.

Значение статической обменной емкости (СОЕ) анионитов увеличивается с ростом концентрации урана в ПР (табл. 1). СОЕ ионитов по урану возрастает в

следующей последовательности: АМП – Гранион AS-U7 - АМР-У – ВПА – ВПАг. Введение в продуктивные растворы Cl<sup>-</sup>-ионов приводит к значительному снижению СОЕ по урану всех без исключения ионитов.

Значения СОЕ (кг/м<sup>3</sup>) анионитов по урану

Ионит	Содержание Cl <sup>-</sup> в ПР, М	Содержание урана в ПР, мг/дм <sup>3</sup>				
		30	50	100	200	350
ВПА	-	20,2	32,7	45,8	61,3	60,3
	0,25	13,7	19,8	26,6	38,6	49,1
ВПАг	-	22,9	36,7	63,9	85,9	99,8
	0,25	8,5	14,1	22,2	40,0	58,1
Гранион AS-U7	-	17,3	25,3	39,2	52,1	65,4
	0,25	2,1	3,8	7,5	10,1	18,6
АМП	-	15,4	24,0	35,7	50,4	64,3
	0,25	1,0	2,8	4,6	5,8	6,9
АМР-У	-	19,4	29,7	42,7	50,8	61,9
	0,25	5,9	6,7	11,8	20,0	30,7

Наибольшими значениями СОЕ при извлечении урана из ПР с повышенным содержанием Cl<sup>-</sup> - ионов обладает макропористый анионит ВПА. Образец гелевого ионита ВПАг обладает меньшим значением СОЕ, при том, что функциональные группировки этих двух анионитов идентичны. Это, вероятно, обусловлено ситовым эффектом. Гелевый ионит ВПАг имеет более высокую степень сшивки, и, как следствие, меньший диаметр пор, в результате чего сорбционные центры для крупных анионов  $[UO_2(SO_4)_2]^{2-}$  оказываются труднодоступными. Хлорид-ионы, имея малый диаметр, беспрепятственно проникают внутрь пор ионита и взаимодействуют с его функциональными группировками.

Тем не менее, извлечение урана из ПР с повышенным содержанием хлорид-ионов гелевым анионитом ВПАг принципиально возможно, но необходима существенная доработка структуры сорбента.

1. Skripchenko S., Titova S. et al., AIP Conf. Proc., 2015, 020098 (2018).
2. Skripchenko S., Titova S. et al., AIP Conf. Proc., 2015, 020097 (2018).

## СОРБЦИЯ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ НА СУЛЬФОКАТИОНИТЕ

Яковлева О.В.\*, Титова С.М., Кириллов Е.В., Семенищев В.С., Смирнов А.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nakamura211017@gmail.com](mailto:nakamura211017@gmail.com)

## SORPTION OF LANTHANUM AND CERIUM BY SULFONIC CATION-EXCHANGER FROM SULFURIC ACID SOLUTIONS

Yakovleva O.V.\*, Titova S.M., Kirillov E.V., Semenishchev V.S., Smirnov A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The sorption of La and Ce from sulfuric acid solutions with cation-exchanger Purolite C160 in different working forms was studied. The form of resin did not influence on its sorption capacity both for La and Ce. This resin can be used for effective rare earth metals recovery from sulfuric acid solutions.

Уникальность свойств редкоземельных металлов (РЗМ) обуславливают их применение в таких областях техники, как изготовление лазеров, магнитов, медицинского оборудования, конструкционных материалов для авиакосмической отрасли. Широко применение РЗМ в электронике. Редкоземельные металлы используют для придания керамическим материалам и стеклам особых свойств.

Одним из источников РЗМ являются производственные растворы, в частности, технологические растворы скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана. Первичные концентраты РЗМ, полученные при сорбционной переработке растворов СПВ урана, обладают высокой удельной активностью, обусловленной присутствием изотопа Ас-227 (дочерний продукт распада U-235). Очистка суммы РЗМ от актиния возможна экстракционным методом с применением трибутилфосфата, либо сорбционным методом, который заключается в совместной сорбции актиния и РЗМ на ионитах и последующем элюировании комплексообразующими агентами [1].

Известно, что актиний является химическим аналогом лантана. Поэтому поведение Ас возможно спрогнозировать на основе экспериментальных данных, полученных при исследовании сорбции La. Для моделирования процесса сорбционного извлечения группы РЗМ достаточно ограничиться исследованием сорбционного поведения церия.

В данной работе исследована возможность применения сильнокислотного макропористого катионита Purolite C160 с сульфоновыми функциональными группировками для разработки сорбционной технологии дезактивации концентрата РЗМ. Определены значения статической обменной емкости (СОЕ) ионита по лантану и церию в зависимости от его рабочей формы при сорбции из сернокислых растворов.



Образцы ионита предварительно переводили в рабочую  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$  - форму путем кондиционирования растворами  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Затем навески ионита в воздушно-сухом состоянии массой 50 мг приводили в контакт при постоянном перемешивании с  $0,05 \text{ дм}^3$  модельных индивидуальных сернокислых растворов La и Ce (pH 1,5). Концентрацию металла в растворах варьировали в диапазоне 30 – 450 мг/дм<sup>3</sup>. Температура процесса 20-22 °С. Время контакта фаз составило 7 суток. По окончании эксперимента фазы разделяли, растворы анализировали на содержание La и Ce методом ICP-AES, рассчитывали значения COE (табл.).

Значения COE катионита Purolite C 160 (мг/г)

Концентрация металла в исходном растворе, мг/дм <sup>3</sup>	La				Ce			
	Рабочая форма катионита							
	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{H}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{H}^+$
30	13,19	13,14	13,20	13,67	14,33	14,73	14,72	14,84
50	22,19	22,15	22,19	23,14	24,21	24,09	24,21	24,40
100	44,32	44,25	44,25	46,61	47,89	47,89	47,80	48,00
250	109,64	109,05	110,24	116,79	119,29	119,14	119,45	119,11
450	138,93	134,76	135,23	139,69	174,81	156,16	178,99	185,31

Использование катионита Purolite C 160 эффективно для совместного извлечения лантана и церия (следовательно, актиния и суммы РЗМ) из сернокислых растворов. Величины COE для La и Ce в области малых концентраций отличаются в незначительной степени. При сорбции металлов из сильно концентрированных растворов (свыше 150 мг/дм<sup>3</sup>) церий извлекается интенсивнее лантана, что дополнительно способствует очистке РЗМ от радионуклидов. Рабочая форма ионита на величину сорбционной емкости по обоим металлам не влияет.

1. Kosynkin V.D. et al., Journ. of All. and Comp., 225, 320-323 (1995).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ И АГЛОМЕРАЦИИ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Хомяков А.П.<sup>1</sup>, Морданов С.В.<sup>1</sup>, Никулин В.А.<sup>1</sup>, Шкурин П.А.<sup>2</sup>,  
Юдина Ю.С.<sup>2</sup>, Михайлов М. А.<sup>2</sup>, Хомякова Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>АО «СвердНИИхиммаш», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yulka.yudina@gmail.com](mailto:yulka.yudina@gmail.com)

## MODELING OF THE SOLID PHASE PARTICLES DISPERSION AND AGGLOMERATION PROCESSES IN TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Khomyakov A.P.<sup>1</sup>, Mordanov S.V.<sup>1</sup>, Nikulin V.A.<sup>1</sup>, Shkurin P.A.<sup>2</sup>  
Yudina Yu.S.<sup>2</sup>, Mikhaylov M.A.<sup>2</sup>, Khomyakova T.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>SverdNIHimmash JSC, Ekaterinburg, Russia

The key points of the methodology for modeling of the solid phase particles dispersion and agglomeration processes in technological equipment are presented. The presented methodology is based on the equilibrium of the surface forces work and the turbulent pulsations work acting on the solid phase particles.

Представлена методика моделирования процессов агломерации и диспергирования частиц твердой фазы в технологических аппаратах, основанная на балансе удельных работ поверхностных сил ( $w_s$ , Дж/м<sup>3</sup>), и турбулентных пульсаций ( $w_t$ , Дж/м<sup>3</sup>), действующих на частицы твердой фазы в области объема аппарата:

$$\Delta w = w_s - w_t. \quad (1)$$

Агломерация происходит в тех частях объема аппарата, где значение  $\Delta w$  положительно, диспергирование – где значение  $\Delta w$  отрицательно.

Расчет удельной работы турбулентных пульсаций производят по уравнению:

$$w_t = \rho_m k, \quad (2)$$

где  $\rho_m$  – плотность суспензии, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  – удельная кинетическая энергия турбулентных пульсаций, Дж/кг.

Плотность суспензии и удельную кинетическую энергию турбулентных пульсаций определяют методом численного расчета с использованием уравнений Навье-Стокса в многофазной постановке [1] и стандартной  $k$ - $\epsilon$  модели турбулентных пульсаций [2].

Для расчета удельной работы поверхностных сил по экспериментальным данным принимают средний геометрический размер одиночной частицы  $d_s$ , м, поверхностное натяжение на границе раздела фаз  $\sigma$ , Дж/м<sup>2</sup>, угол смачивания  $\theta$  и

минимальную порозность агломерата  $\xi$ . Объемную долю твердой фазы  $\alpha_s$  принимают по результатам численного моделирования. Размером агломерата  $D$ , м, задаются.

По принятым характеристикам частиц твердой фазы последовательно рассчитывают поверхность и массу частицы, массу агломерата, количество частиц в агломерате, работу поверхностных сил в одном агломерате, массу твердой фазы в единице объема суспензии, количество агломератов в единице объема суспензии и работу поверхностных сил в данном объеме. В результате математических преобразований уравнение удельной работы поверхностных сил принимает вид:

$$w_s = \frac{6\alpha_s\sigma[1+\cos(\theta)]}{d_s} \quad (3)$$

Представлена методика может использоваться для моделирования технологического оборудования химических, радиохимических и смежных производств.

1. Manninen M., Taivassalo V. On the Mixture Model for Multiphase Flow, VTT Publications (1996).
2. Wilcox D.C. Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries (2006).

## TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR OBTAINING A MULTILAYER NANOPOROUS ALUMINUM OXIDE

Yuferov Y.V.\*, Arnautov A.I., Zykov F.M., Chukin A.V.,  
Kudyakova V.S., Shishkin R.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [yuferovyv@gmail.com](mailto:yuferovyv@gmail.com)

Experimental preparation of multilayer nanoporous alumina was carried out. The oxide was obtained from aluminum, purity 99.7%. Obtaining aluminum oxide was carried out in a complex electrolyte containing a mixture of acids. The method of mixed multipulse anodizing was applied, using constant current and constant voltage modes. SEM investigated the obtained nanoporous oxide. The geometrical characteristics were determined. A method for controlling the thickness is proposed based on the analysis of changes in the growth rates of anodic alumina.

Nanoporous alumina obtained by electrochemical anodization finds numerous applications today [1]. The development of methods for producing nanoporous oxides with a given geometry and morphology is a pressing issue today, as it allows to expand the range of application of such materials, in addition to obtaining nanofibres, nanoholes, and nanotubes [2]. All sorts of modifications of the properties and geometrical methods for producing nanoporous oxides for use as various functional coatings are of wide interest [3].

Now, there are methods of anodic oxidation, which have become classical. Such as one- and two-step, anodizing, to improve the self-structuring parameters of nanopores in the oxide. Pulsed anodizing, for periodic resizing of nanopores. However, the use of more complex techniques allows more extensive control of the internal structure of the nanoporous oxide that is presented below.

The application of the method of mixed pulsed anodizing, using modes of constant voltage 75V and direct current 25mA/cm<sup>2</sup> with various stage time in a complex multi-component electrolyte, which is a mixture of oxalic (0.1M), citric(0.1M), and boric(0.1M) acids with an organic additive, made it possible to obtain a multilayer nanoporous alumina. Shown in Figure 1.

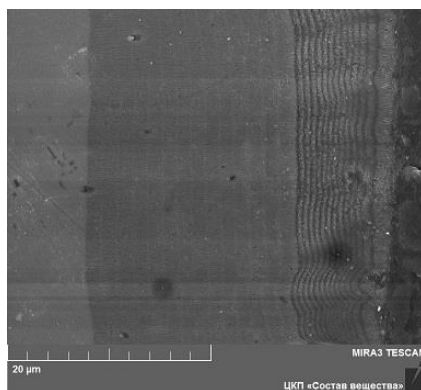


Fig. 1. SEM image of Multilayer Nanoporous Aluminum Oxide.

The obtained oxide has different compositions in the depth of the coating. This allows to purposefully changing its chemical, physico-chemical, mechanical and electrophysical characteristics, by mean of processing with various compounds. This expands the range of application of nanoporous alumina and allows using it as functional coatings with various modifiable properties.

1. Yuferov Y.V., Arnautov A.I, et al., AIP Conf. Proc., 2015, 020113 (2018).
2. Sulka, G.D., et. al., Submicron Porous Materials, 107-156 (2017).
3. Yuferov Y.V., Zykov F.M., et al., Solid State Phen., 284 SSP, 1134-1139 (2018).

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ КАРБИДА ТАНТАЛА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Юмашева Н.Д.<sup>1\*</sup>, Данилов Д.А.<sup>1</sup>, Курлов А.С.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [natasha.yumasheva@gmail.com](mailto:natasha.yumasheva@gmail.com)

## OBTAINING NANOCRYSTALLINE POWDERS OF TANTALUM CARBIDE AND STUDYING THEIR PROPERTIES

Yumasheva N.D.<sup>1\*</sup>, Danilov D.A.<sup>1</sup>, Kurlov A.S.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Solid State Chemistry, UB, RAS, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the preparation of nanocrystalline TaC powders and the study of their thermal stability in the process of vacuum annealing. In the powders obtained by the method of high-energy grinding, the particle size and oxygen content were determined and their effect on the stability of the phase composition of the powders was established.

Карбид тантала является одним из самых перспективных материалов для производства высокотемпературной керамики, обладающей сочетанием высокой температуры плавления, высокой твердости, устойчивости к окислению и химическому воздействию. В связи с тенденцией поиска методов улучшения физико-механических свойств материалов актуальны работы по получению и исследованию карбидов в форме нанокристаллических порошков.

Процесс спекания твердой керамики сопровождается высокими давлениями и температурами. Как следствие, стабильность структуры и свойств материалов в процессе эксплуатации во многом определяется качеством исходных порошков. Из-за большой площади удельной поверхности нанопорошков одной из важных характеристик качества карбида является содержание примесного кислорода, непосредственно влияющего на процессы обезуглероживания при спекании керамики.

В связи с вышеперечисленным представляло интерес получить нанокристаллические порошки TaC, исследовать их термическую стабильность в зависимости от размера частиц и содержания примесного кислорода.

Нанопорошки TaC были получены методом высокоэнергетического размола в планетарной шаровой мельнице Retsch PM 200. Средний размер частиц порошков варьировался путем изменения продолжительности размола от 5 до 15 часов. Для изучения термической стабильности порошки были подвергнуты вакуумному отжигу при температурах от 400 до 1400 °С.

Содержание общего и свободного углерода в образцах определялось путем их сжигания в атмосфере кислорода с помощью анализатора МЕТАВАК CS-30. Для аттестации полученных порошков по фазовому составу и размеру использовали

рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-7000, анализатор площади поверхности и пористости Micromeritics Gemini VII и сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM LA 6390 с энерго-дисперсионным анализатором JED-2300. Содержание кислорода в порошках устанавливалось методом восстановительного плавления в токе газа-носителя на газоанализаторе Horiba EMGA620 W/C.

Полученные результаты показали, что количество кислорода с уменьшением размера полученных частиц возрастает. Установлено, что с увеличением температуры отжига на поверхности частиц происходят химические процессы с участием кислорода, а именно образование оксидных фаз, впоследствии являющихся причиной укрупнения частиц порошка и образования фаз низших карбидов.

## ГРАНУЛИРОВАНИЕ СООСАЖДЕННЫХ ГИДРОКСИДОВ

Ющенко А.К., Митюшова Ю.А., Султанова Д.Т., Рождественская А.,  
Хорошавцева Н.В., Денисова Э.И., Карташов В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alenayushenko97@mail.ru](mailto:alenayushenko97@mail.ru)

## COPRECIPITATED HYDROXIDES GRANULATION

Yushchenko A.K., Mityushova Y.A., Sultanova D.T., Rozhdestvenskaya A.V.,  
Khoroshavtseva N.V., Denisova E.I., Kartashov V.V.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

The influence of coprecipitated hydroxides  $ZrO(OH)_2 - Y(OH)_3 - Sc(OH)_3$  granulation on particle morphology of  $ZrO_2 - Y_2O_3 - Sc_2O_3$  was studied. Powder grain size and surface area were defined. A comparative analysis of particle size was carried out on a microscope.

Изучали влияние условий гранулирования соосажденных гидроксидов  $ZrO(OH)_2 - Y(OH)_3 - Sc(OH)_3$  на морфологию частиц оксида  $ZrO_2 - Y_2O_3 - Sc_2O_3$ .

Гидроксиды металлов, полученные соосаждением из солевых растворов, представляют собой вещества с рыхлой коагуляционной структурой, в пространственной сетке которых удерживается большое количество (до 100 % к массе осадка) связанной воды, практически не удаляющейся при фильтровании. Одним из способов ее удаления является вымораживание гидроксида, обеспечивающее глубокую дегидратацию и концентрирование осадка, а также сохранение высокой дисперсности частиц.

Вымораживание промытых и отфильтрованных гидроксидов осуществляли в морозильной камере при температуре  $-23\pm 2$  °С (порошок № 1) и в среде жидкого азота (порошок № 2). После чего гидроксиды размораживали, фильтровали, сушили при  $105\pm 2$  °С и прокаливали при 800 °С. Для сравнения рассматривали порошки аналогичного состава, их гидроксиды были всего лишь высушены и прокалены (порошок № 3). Определили гранулометрические составы и величины удельной поверхности полученных оксидных порошков  $ZrO_2 - Y_2O_3 - Sc_2O_3$ .

Результаты показали, что самый мелкодисперсный – порошок № 2, т. к. при температуре кипения жидкого азота ( $-196$  °С) зародилось большое количество центров кристаллизации воды внутри пор между частицами и в пространственной сетке гидроксида. При более высоких температурах ( $-23\pm 2$  °С) замерзание воды происходило медленно.

Наибольшей агрегации подверглись частицы порошка № 3: ~23 % микрогранул имели размеры от 100 до 620 мкм (рис.1.). На микрофотографиях хорошо видна разница в размерах: в порошке № 3 почти все частицы в виде многочисленных крупных агломератов; в порошке № 1 размер агломератов ~20–30 мкм, также встречаются и одиночные частицы; в порошке № 2 много одиночных частиц до 5 мкм и немногочисленные агломераты размером <10 мкм.

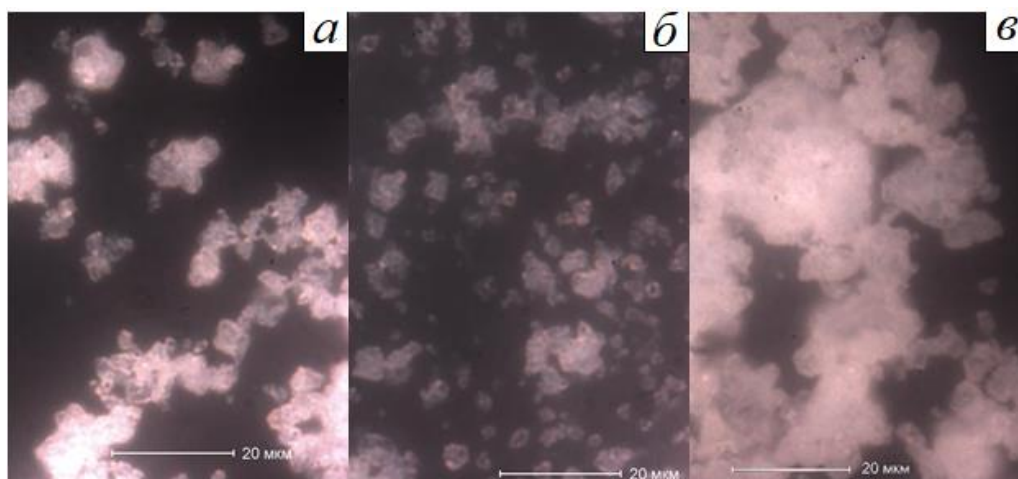


Рис. 1. Изображение микрогранул порошков с увеличением в 1000 раз:  
*a* – порошок № 1; *б* – порошок № 2; *в* – порошок № 3

Вымораживание при криогенных температурах способствовало получению мелкодисперсных микроразмерных порошков с развитой поверхностью узкого фракционного состава.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СОРБЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ CS-137 И SR-90 В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ

Захарова Т.С.\*, Недобух Т.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tane4ka4767@yandex.ru](mailto:tane4ka4767@yandex.ru)

## STUDYING THE MECHANISMS OF THE SORPTION OF RADIONUCLIDES CS-137 AND SR-90 IN THE SOILS OF VARIOUS REGIONS

Zakharova T.S.\*, Nedobukh T.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The behavior of the most toxic radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the soil-absorbing complex largely depends on the nature of their interaction with the soil and migration mobility. The ability of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  to migrate under various conditions was investigated, and the patterns of sorption of these radionuclides for the soils of different regions of Russia were revealed.

Загрязнение почв долгоживущими искусственными радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  представляет наибольшую опасность из-за их активного включения в био-геохимические циклы миграции. Цель исследований – на основании анализа сорбционных характеристик выявить закономерности поглощения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  почвами разных регионов. В работе исследована дерново-подзолистая почва Свердловской области (г. Екатеринбург) и лесная супесчаная почва Советского района Ханты-Мансийского автономного округа - Югры. Для каждого образца почвы определен гранулометрический состав, кислотность водной и солевой вытяжек, влагоемкость, содержание органического вещества, емкость катионного обмена.

Для определения основных сорбционных характеристик образцов почв с удельной массой  $10^{-3}$  г/мл получены изотермы сорбции цезия и стронция в широком диапазоне концентраций от  $10^{-6}$  до 1 г/л. Анализ полученных зависимостей показывает, что для обоих радионуклидов выполняется изотерма Генри с тангенсом угла наклона прямой равному единице. Достигается значение коэффициентов распределения  $10^4$  мл/г и  $10^3$  мл/г для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  соответственно.

Изотермы сорбции в координатах « $\lg \epsilon - \lg [m]$ », полученные для удельных масс образцов почвы от  $10^{-4}$  до  $10^{-2}$  г/мл и диапазона концентраций сорбата, соответствующих области Генри, имеют сложный профиль, что указывает на влияние удельной массы почвы. Это связано с изменением состава раствора в результате взаимодействия почвы с водой. В частности, с концентрацией гуминовых кислот, которые выщелачиваются при взаимодействии раствора с почвами, что приводит к изменению форм состояния сорбата, и как следствие, к уменьшению



сорбционного отношения и коэффициента распределения с увеличением удельной массы почвы. Влияние удельной массы почвы в большей степени проявляется для радионуклидов цезия, чем стронция.

Полученные данные подтверждаются результатами кинетических экспериментов, а также динамики сорбции при моделировании ситуации радиоактивных выпадений на незагрязненных радионуклидами почвах, а затем при наблюдении за их поведением под воздействием «чистых осадков» в условиях фронтальной и элюентной хроматографии.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ГЛАУКОНИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В УСЛОВИЯХ АВАРИЙНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Зенкова К.И., Недобух Т.А., Кутергин А.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [kseniya.zenkova@mail.ru](mailto:kseniya.zenkova@mail.ru)

## **USE OF GRANULATED GLAUCONITE TO CLEAN DRINKING WATER FROM TECHNOLOGY RADIONUCLIDES IN CONDITIONS OF EMERGENCY POLLUTION**

Zenkova K.I., Nedobukh T.A., Kutergin A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Accidental nuclear reactors and cleaning facilities malfunctions can lead to dangerous contamination of drinking sources. In such a situation, the need to develop methods and methods for cleaning surface and groundwater used to obtain drinking water becomes a very urgent and timely task.

Для очистки питьевой воды от радиоактивных загрязнений ведется поиск и внедрение новых доступных сорбирующих материалов, обладающих комплексом необходимых свойств: высокий коэффициент распределения, сорбционная емкость, химическая, термическая и радиационная устойчивость, специфичность и селективность по отношению к извлекаемым радионуклидам. На практике для этих целей широко используют природные алюмосиликаты, которые могут быть использованы в качестве фильтрующей загрузки для водоочистных фильтров. Один из таких минералов - глауконит, он является перспективным при решении задач очистки питьевой воды как в системах водоподготовки, так и фильтрах коллективного или индивидуального пользования.

В качестве сорбента использовали гранулированный глауконит, полученный методом экструзии, со связующим компонентом H<sub>2</sub>O (Гр-Гл-H<sub>2</sub>O). Сорбционные свойства полученного материала изучены в условиях статики, кинетики и динамики по отношению к радионуклидам <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr. В качестве модельного

раствора использовали водопроводную воду, взятую из центральной системы водоснабжения г. Екатеринбурга. В результате проведенного исследования показано, что равновесие в системе устанавливается примерно через 1 неделю, коэффициент распределения для цезия составляет  $n \cdot 10^3$  мл/г, для стронция - на порядок меньше. Вид кинетических кривых свидетельствует о том, что процесс сорбции осуществляется в несколько стадий или происходит на различных типах сорбционных центров.

Исследование сорбционных свойств в динамических условиях проведено с целью формулирования рекомендаций по использованию исследуемого сорбционного материала в фильтрационных установках различного назначения. С целью определения стратегии обращения с сорбентами после экспозиции определена скорость выщелачивания радионуклидов в соответствии с ГОСТ Р 52126-2003. Полученные результаты свидетельствуют о том, что гранулированный глауконит со связующим компонентом  $H_2O$  (Гр-Гл- $H_2O$ ) может быть рекомендован для использования в качестве сорбента в фильтрах коллективного пользования для очистки питьевой воды в аварийных ситуациях с последующей доочисткой фильтрами бытового назначения.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА**

Жиренкина Н.В.\*, Машковцев М.А., Курасова Ю.Д., Косых А.С., Обабков Н.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nina\\_zhirenkina@mail.ru](mailto:nina_zhirenkina@mail.ru)

## **THE RESEARCH OF THE PROCESSES OF HYDROXYAPATITE**

Zhirenkina N.V.\*, Mashkovtcev M.A., Kurasova Y.D., Kosyh A.S., Obabkov N.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Hydroxyapatite was obtained by precipitation at a constant pH with different ratios of Ca/P. The effect of the Ca/P ratio on the particle growth, phase composition, size and morphology was shown.

Гидроксиапатит (НАр) на сегодняшний день широко используют в качестве биоматериала. Это связано с тем, что имплантаты, покрытые гидроксиапатитом не вызывают реакции отторжения и обладают способностью активно связываться со здоровой костной тканью, ускоряя процесс регенерации и реабилитации [1]. Известно, что не только химический состав, но и морфология синтетических кристаллов гидроксилапатита является важной характеристикой, определяющей отклик организма на чужеродный материал [2]. Порошки гидроксиапатита получают различными методами – соосаждением, золь-гель методом, эмульсионными, микроволновыми технологиями [3].

Порошки гидроксиапатита получали методом осаждения при постоянном значении рН. Осаждение вели путем одновременного дозирования кислого раствора нитрата кальция, фосфорной кислоты и водного раствора аммиака в общий объем реактора. В общем реакционном объеме поддерживали постоянным значение рН=8 за счет регулирования скорости дозирования водного раствора аммиака. За счет подбора концентраций растворов кальция и фосфорной кислоты, а также их скорости дозирования, поддерживали постоянные соотношения  $\text{Ca}^{2+}/\text{PO}_4^{3-}$  равные 1,5, 1,67 и 1,8 соответственно. После окончания осаждения суспензию фильтровали, осадок сушили при 120°C и обжигали при 600°C.

В таблице приведен гранулометрический состав образцов, форма частиц, определенная методом оптической микроскопии и результаты рентгенофазового анализа. Интересно, что при соотношении  $\text{Ca}^{2+}/\text{PO}_4^{3-}$  равном 1,5 частицы очень легкие, медленно осаждаются на дно реактора, при этом частицы образца в процессе осаждения растут от 15 до 26 мкм, образец имеет самое широкое распределение частиц по размерам. Для образцов, синтезированных при соотношениях  $\text{Ca}^{2+}/\text{PO}_4^{3-}$  равных 1,67; 1,80, характерна большая скорость роста частиц от 13 до 29 мкм и наименьшая дисперсия размеров 1,41. Частицы имеют около сферическую форму. Для всех образцов характерна фаза гидроксиапатита. Для формирования структуры гидроксиапатита фосфорной кислоты хватает при соотношении 1,67, при нехватке фосфорной кислоты наблюдается снижение размера частиц и увеличение дисперсии размеров, избыток кислоты не приводит к существенным изменениям свойств частиц.

Результаты определения основных характеристик порошков

Образец	D90, мкм	D[4:3], мкм	Дисперсия размеров	Форма частиц по данным микроскопии	Кристаллическая фаза
1,5	46,3	25,7	1,55	Около-сферическая	НАр, $\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4(\text{H}_2\text{O})_5$ , $\text{NH}_4\text{NO}_3$
1,67	51,1	29,6	1,42	Около-сферическая	НАр, $\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4(\text{H}_2\text{O})_5$
1,8	51,1	29,3	1,41	Около-сферическая	НАр, $\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4(\text{H}_2\text{O})_5$

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

1. Sadat-Shojai M., Khorasani M., et al., Acta Biomaterialia, 9, 7591 (2013).
2. Puleo D.A., Nanci A., Biomaterials 20, 2311 (1999).
3. Fihri A., Len C., et al., Coordination Chemistry Reviews, 347, 48 (2017).

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КАТОДНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ УРАНА ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ

Золотарев Д.А. \*, Никитин Д.И., Половов И.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [daniil.zolotarev.95@mail.ru](mailto:daniil.zolotarev.95@mail.ru)

## ESTIMATION OF TEMPERATURE INFLUENCE ON CATHODIC REDUCTION OF URANIUM FROM CHLORIDE MELTS

Zolotarev D.A. \*, Nikitin D.I., Polovov I.B.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Electrode processes in  $3\text{LiCl} - 2\text{KCl} - \text{UCl}_3$  melts were studied at different temperatures using a variety of electrochemical techniques. The characteristic potentials and limiting current densities were determined both for potentiostatic and galvanostatic regimes of uranium electrodeposition. The different phase forms of metallic uranium were obtained during the electrorefining at various temperatures.

Одной из операций пирохимической переработки облученного ядерного топлива является электролитическое рафинирование ядерных материалов в среде солевых расплавленных электролитов, в частности в эвтектической смеси хлоридов лития и калия. Цель данной операции заключается в получении компактного осадка металлического урана и дополнительная очистка от недоизвлеченных ранее продуктов деления. Для разработки адекватной модели получения РЗМ электролизом в подобных средах требуется детальная информация о механизме и кинетике электродных процессов в электролитах на основе  $3\text{LiCl} - 2\text{KCl}$ . При этом, принимая во внимание многообразие фазовых форм металлического урана, особый интерес представляет варьирование температуры проведения процесса для получения металлических осадков различной морфологии.

В настоящей работе для изучения кинетики электродных процессов с участием урана в хлоридных электролитах использовали нестационарные методы исследования: циклическую и квадратно-волновую вольтамперометрию, хронопотенциометрию. Показано, что независимо от температуры и концентрации урана в электролите восстановление урана происходит в одну стадию по трехэлектронной схеме. Определены характеристические потенциалы выделения металла и предельные плотности тока разряда урана. Превышение катодной плотности тока приводит к образованию на катоде щелочных металлов и вторичному восстановлению урана. Обсуждено формирование дополнительных пиков на вольтамперограммах и влияние температуры на их форму.

В специальной серии экспериментов по электролитическому рафинированию урана проведена верификация выбранных параметров электролиза с получением металла высокой чистоты при разных условиях.

**СЕКЦИЯ 4**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

## ZnSe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> NANOCRYSTALS SYNTHESIS IN A NANOPOROUS LAYER OF SILICON DIOXIDE ON SILICON

Dauletbekova A.<sup>1</sup>, Akylbekova A.<sup>1\*</sup>, Baymukhanov Z.<sup>1</sup>, Kozlovsky A.<sup>2</sup>,  
Useinov A.<sup>1</sup>, Shayamanov B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eurasian National University. L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>Astana Branch of the INP, Astana, Kazakhstan

\*E-mail: [Aiman88\\_88@mail.ru](mailto:Aiman88_88@mail.ru)

In this work, we present the study of structural and physical properties of ZnSe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nanocrystals what obtained by electrochemical deposition in microchannels of a-SiO<sub>2</sub>/Si-n track template.

The tracks in a-SiO<sub>2</sub>/Si-n substrate were obtained by irradiation with Xe 200 MeV ions and fluence of 10<sup>8</sup> ions/cm<sup>2</sup> with subsequent chemical etching in 4% aqueous HF solution. The etchant included m(Pd) = 0.025 g, etching time 10 minutes, etching temperature T=18°±1°C. Analysis of the surface before and after electro-chemical deposition (ECD) was carried out on a JSM-7500F scanning electron microscope. For ECD, the following electrolyte composition was used: Zn - 7.2 g/l, SeO<sub>2</sub> - 0.2 g/l. Also, the standard electrolytic cell was used, with zinc electrodes; the voltage across the electrodes was 1.25 V and deposition time was 15 minutes. Figure 1 shows the SEM images of the surface after the ECD.

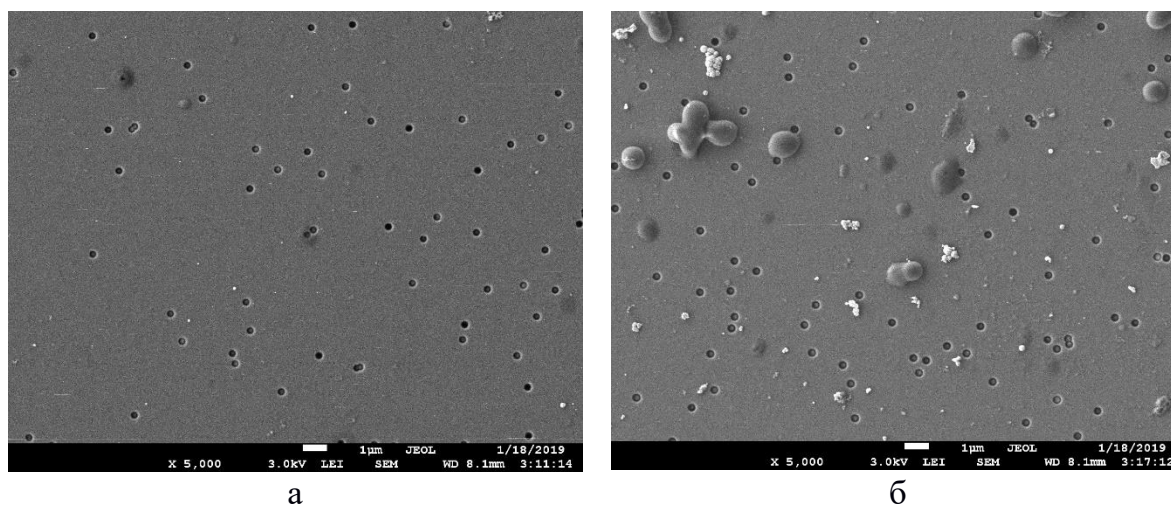


Fig. 1. SEM images of the surface a) 4-th sample; b) 6-th sample after 15 minutes ECD at U = 1.25 V

X-ray diffraction analysis (XRD) of six samples was performed on a D8 ADVANCE ECO X-ray diffractometer. As result, we shown that ZnSe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nanocrystals is created after ECD and they have an orthorhombic crystal structure, the space group — Pbcn (60). Our observed unit cell parameters: a = 6.80307 Å; b = 10.35266 Å; c = 6.14842 Å, which gave good agreement in comparison with experimental data [1].

The main phase for all samples is crystalline, it dominates over amorphous and the degree of crystallinity varies within 60-76%.

It worth noting, as we know  $\text{ZnSe}_2\text{O}_5$  nanocrystals obtained first time by electrochemical deposition into nanopores of a-SiO<sub>2</sub>/Si-n.

1. Meunier G., Bertaud M., Cristallochimieduséléniun(+IV). II. Structure cristallinede  $\text{ZnSe}_2\text{O}_5$ . Acta crystallographica. Section B, Structural science 30(12):2840-2843 (1974).

### СИНТЕЗ НАНОПОРОШКОВ $\text{Y}_2(\text{OH})_5\text{NO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ И ПРОЗРАЧНОЙ КЕРАМИКИ $\text{Y}_2\text{O}_3$

Алешин Д.К. \*, Буйначев С.В., Машковцев М.А., Гордеев Е.В., Верещагин А.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [danil.aleshin@urfu.ru](mailto:danil.aleshin@urfu.ru)

### SYNTHESIS OF NANOPOWDERS AND TRANSPARENT $\text{Y}_2\text{O}_3$ CERAMICS FROM $\text{Y}_2(\text{OH})_5\text{NO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ PRECURSORS

Aleshin D.K. \*, Buynachev S.V., Mashkovtsev M.A.,

Gordeev E.V., Vereshchagin A.O.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The work is devoted to the synthesis of nanopowders and nearly transparent ceramics  $\text{Y}_2\text{O}_3$  from yttrium hydroxynitrate ( $\text{Y}_2(\text{OH})_5\text{NO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) precursors precipitated at constant pH from 7 to 10. It is known that the pH value during controlled mixing of solutions  $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$  and  $\text{NH}_4\text{OH}$  has a significant effect on the structure of precipitated precursors. The influence of the structure of calcined nanopowders  $\text{Y}_2\text{O}_3$  on the properties of transparent uniaxial pressed and sintered ceramics were investigated.

Прозрачная керамика на основе  $\text{Y}_2\text{O}_3$  находит широкое применение в лазерной технике при изготовлении твердотельных лазеров высокой мощности. Обладая светопропусканием в широком диапазоне частот (0,2 – 8 мкм),  $\text{Y}_2\text{O}_3$  характеризуется повышенной термостабильностью, теплопроводностью и отсутствием фазовых переходов по сравнению с широко используемой керамикой YAG [1]. Создание прозрачных образцов монокристаллов  $\text{Y}_2\text{O}_3$  является сложной задачей за счет тугоплавких свойств материала, поэтому прибегают к методам получения мелкокристаллической керамики посредством прессования и спекания оксидных порошков с заданными свойствами. Настоящая работа посвящена исследованию влияния условий синтеза осадков  $\text{Y}_2(\text{OH})_5\text{NO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и прокаленных порошков на свойства прозрачной керамики  $\text{Y}_2\text{O}_3$ .

Среди прочих, группа осадительных методов является особенно привлекательной поскольку требует использования простого оборудования и позволяет синтезировать слабоагрегированные порошки высокой чистоты. По нашему мнению, смешивание исходных растворов  $Y(NO_3)_3$  и  $NH_4OH$  в различных соотношениях и точное удерживание значения pH во время осаждения является перспективным способом получения прекурсоров  $Y_2(OH)_5NO_3 \cdot nH_2O$  с регулируемыми свойствами. В данной работе осаждение прекурсоров проводили при постоянных pH в диапазоне значений от 7 до 10. Полученные осадки отделяли от маточного раствора путем фильтрации, последовательно подвергали отмывке дистиллированной водой, сушке при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 24-х часов и прокаливанию при различных температурах в течении 2-х часов. Свойства осадков и продуктов их термического разложения исследовали при помощи методов лазерной дифракции, электронной и оптической микроскопии, рентгеновского фазового анализа и метода низкотемпературной адсорбции азота.

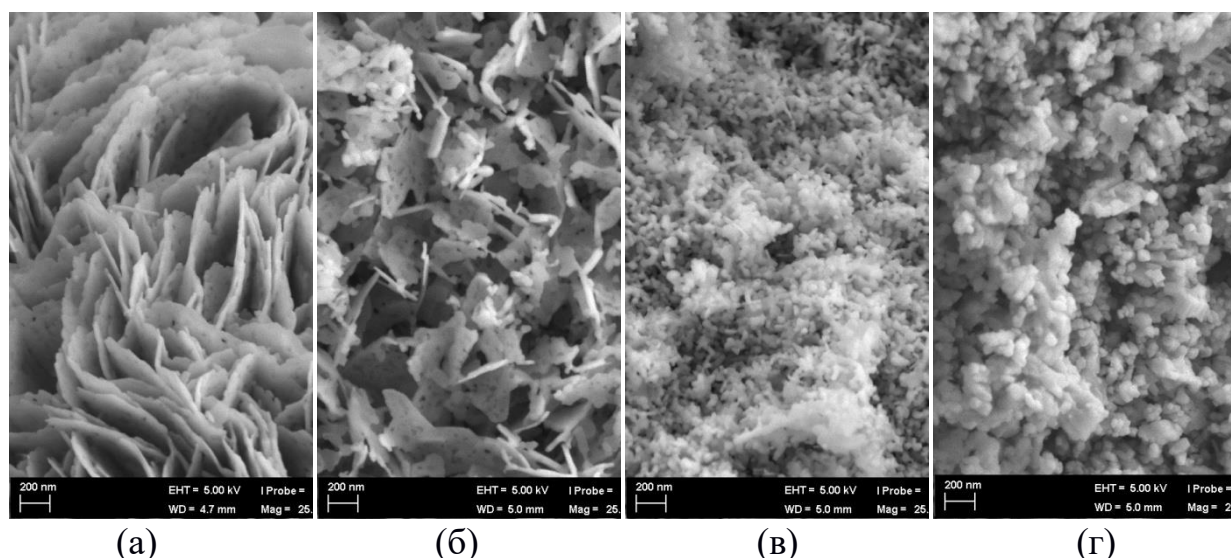


Рис. 1. СЭМ-изображения порошков  $Y_2O_3$  прокаленных при  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  из прекурсоров  $Y_2(OH)_5(NO_3) \cdot nH_2O$  осажденных при постоянных pH: а) 7; б) 8; в) 9; г) 10.

Рентгеновский фазовый анализ свидетельствует об образовании фазы  $Y_2(OH)_5(NO_3) \cdot nH_2O$  для всех полученных осадков. Согласно данным электронной микроскопии в области значений  $pH < 8$  частицы в осадках агрегируют в длинноразмерные плотноупакованные пластины или хлопья. Формируются крупные агрегаты со структурой, типа «карточный домик». С увеличением pH осаждения латеральный размер, толщина и упорядоченность пластин резко снижаются, изотропность осадков увеличивается. Термообработка осадков при  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  приводит к образованию чистой кубической фазы  $Y_2O_3$ , причем размер кристаллитов (значения ОКР) падает с увеличением pH осаждения прекурсоров. Из полученных порошков путем одноосного прессования при  $374\text{ МПа}$  и спекания при  $1700\text{ }^\circ\text{C}$  синтезировали образцы керамики  $Y_2O_3$  с плотностью  $97,5\%$  относительно теоретической. Оптическое пропускание  $4 - 5\%$  для  $900\text{ нм}$



наблюдается только для керамики, полученной из прекурсоров рН 10. Остальные образцы содержат большое количество межзеренных пор, приводящих к практически полному светорассеиванию.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

1. A. Fukabori, T. Yanagida, J. Pejchal, Sh. Maeo, Y. Yokota, A. Yoshikawa, T. Ikegami, F. Moretti, and K. Kamada, Journal of Applied Physics, 107, 073501 (2010).

## **COMPARISON OF MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF ANNEALED AND QUENCHED Ti-6Al-4V ALLOYS**

Thoemmes A.\*

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

\*E-mail: [alexander.thoemmes@outlook.de](mailto:alexander.thoemmes@outlook.de)

Ti-6Al-4V alloys with different diameters ( $d = 3$  or  $5$  mm) were fabricated by suction casting. The microstructure of alloys was characterized by optical microscopy and scanning electron microscopy. The different diameters lead to different cooling rates resulting in significant changes in microhardness.

Ti-based alloys, and especially Ti-6Al-4V, are widely used in aerospace, automotive or sporting goods. Up to now Ti-6Al-4V alloy is widely used in biomedicine.  $\alpha + \beta$ -Ti alloys have attracted attention in medicine due to their perfect corrosion resistance, high strength to weight ratio and good biocompatibility [1].

The Ti-6Al-4V raw material used in this study was delivered in a form  $\varnothing 50 \times 200$  mm rolled bar. Small  $20 \times 20 \times 10$  mm<sup>3</sup> specimens were cut from the bar normal to rotation axis. The materials were synthesized in a BUEHLER arc furnace in an argon atmosphere. To eliminate the as-cast microscopic segregations the annealing procedure was carried out in vacuum furnace at 900 °C for 24h followed by cooling in the furnace.

The microstructures were examined using an optical microscope (Carl Zeiss Axio Observer Z1m). Scanning electron microscopy (SEM) was conducted using a Carl Zeiss EVO 50. The hardness measurements, an average of 30 readings, were carried out using a WOLPERT Group 402 MVD Vickers hardness tester under a load of 50 g and a dwell time of 10 s. Synchrotron X-ray diffraction (SXRD) was conducted at the P07 beamline of the “Deutsches Elektronen Synchrotron” in Hamburg, Germany. Diffraction patterns were recorded by a 2-dimensional (2D) image plate detector with 2048 x 2048 pixels centered on the beam. An X-ray wavelength of  $\lambda = 0.124 \text{ \AA}$  or  $0.142 \text{ \AA}$

and a beam cross section of  $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$  were used. The sample-to-detector distance and diffraction center were calibrated at RT using a LaB6 powder. Azimuthal integration was carried out over the entire  $360^\circ$  to minimize potential effects of texture and grainsizes. The peaks in the diffraction patterns were fitted using Pearson-VII function and the peak parameters were calculated using least square method.

The weight loss of the samples was found to be between 0.01 and 0.56 % which indicates that the composition of the suction casted alloys was close to the nominal composition. The optical and scanning electron micrographs of rapidly solidified alloys exhibited a dual phase morphology. The maximal microhardness of  $340 \text{ HV}_{0.05}$  was achieved in the sample with a diameter of 3mm. It is assumed that the high cooling rate during suction casting led to the formation of metastable  $\beta$  phases.

1. M. Niinomi, Recent metallic materials for biomedical applications, Metall and Mat Trans A 33, 486 (2002)

## STRUCTURE AND PROPERTIES OF Ti-Nb ALLOYS FABRICATED BY SUCTION CASTING

Thoemmes A.<sup>1\*</sup>

<sup>1)</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

\*E-mail: [alexander.thoemmes@outlook.de](mailto:alexander.thoemmes@outlook.de)

Ti-Nb alloys were fabricated by suction casting. The microstructure of alloys was characterized by optical microscopy and scanning electron microscopy. The content of Nb varied in the range 25-35 mass % leading to significant changes in microhardness.

Ti-based alloys, and especially Ti-6Al-4V, are widely used in aerospace, automotive or sporting goods. Up to now Ti-6Al-4V alloy is widely used in biomedicine. However, due to potential toxicity of Al and V a new generation of Ti alloys with Nb or Ta is under particular review [1].  $\beta$ -Ti alloys have attracted attention in medicine due to their perfect corrosion resistance, high strength to weight ratio and high biocompatibility.

In this study, the binary Ti-Nb alloys with Nb content from 25 to 35 mass % (hereafter “mass %” will be referred to as %) were prepared from commercially pure (c.p.) Ti and Nb. The materials were weighted according to the nominal composition. The materials were synthesized in a BUEHLER arc furnace in an argon atmosphere. A titanium ingot was used as an oxygen getter and was melted prior to each melting procedure. Considering the big difference in density (Ti:  $4.5 \text{ g/cm}^3$ ; Nb:  $8.57 \text{ g/cm}^3$ ) and melting point (Ti: 1941 K; Nb: 2750 K) of the initial elements the alloys were remelted 16 times and flipped 7 times (after each second remelting). The weight loss of the samples during melting was evaluated by weighing the initial materials and the samples after melting. The microstructures were examined using an optical microscope (Carl Zeiss

Axio Observer Z1m). Scanning electron microscopy (SEM) was conducted using a Carl Zeiss EVO 50 in back scattered electron (BSE) mode. The elemental composition was checked by Oxford Instruments X-Act energy dispersive X-ray spectrometer (EDX) coupled with SEM. The hardness measurements, an average of 30 readings, were carried out using a WOLPERT Group 402 MVD Vickers hardness tester under a load of 50 g and a dwell time of 10 s.

The weight loss of the samples was found to be between 0.01 and 0.56 % which indicates that the composition of the suction casted alloys was close to the nominal composition. The optical and scanning electron micrographs of rapidly solidified alloys exhibited a dendritic morphology. The maximal microhardness of 340 HV<sub>0.05</sub> was achieved in the sample with a nominal composition of 27.5 % Nb. It is assumed that the high cooling rate during suction casting led to the formation of metastable  $\beta$  phases.

1. M. Niinomi, Recent metallic materials for biomedical applications, Metall and Mat Trans A 33, 486 (2002)

## КИСЛОРОД-ИОННЫЙ ПРОВОДНИК СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$

Анохина И.А., Анимитца И.Е.

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ianokhina24@gmail.com](mailto:ianokhina24@gmail.com)

## THE OXIDE-ION CONDUCTOR WITH THE STRUCTURE OF RADDLES DEN-POPPER $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$

Anokhina I.A., Animitsa I.E.

Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch, Russian Academy  
of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In the present work, the  $\text{NdBaInO}_4$  was acceptor-doped by the  $\text{Li}^+$  position of the  $\text{Nd}^{3+}$ . The polycrystalline sample  $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$  was synthesized by solid-state reactions. The composition  $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$  is isostructural to the  $\text{NdBaInO}_4$  (space group P 21/c). A study of the dependence of the electrical conductivity of temperature. The conductivity of  $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$  is higher than the conductivity of  $\text{NdBaInO}_4$  in the entire temperature range and has a value of the order of  $10^{-4}$  S/cm at a temperature of 600 °C and  $10^{-2}$  S/cm at a temperature of 900 °C.

Новый класс твердых электролитов с кислород-ионной проводимостью с блочной структурой Раддлесдена-Поппера представляет интерес в качестве кислородных датчиков и мембран, а также твердых электролитов в твердооксидных топливных элементах. Среди них фаза  $\text{NdBaInO}_4$  при акцепторном допировании ионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Ba}^{2+}$  проявляет значимое увеличение общей

электропроводности, поэтому может представлять интерес в плане дальнейшего модифицирования ее состава и поиска оптимальных допанов.

В настоящей работе была произведена модификация матрицы  $\text{NdBaInO}_4$  путем допирования  $\text{Li}^+$  в позиции  $\text{Nd}^{3+}$  и изучены физико-химические свойства фазы.

Поликристаллический образец  $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$  был получен методом твердофазного синтеза из предварительно осушенных порошков оксидов и карбонатов ( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ) квалификации «ос.ч.». Образец аттестован с помощью рентгенофазового анализа. Получившийся состав  $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$  изоструктурен исходной матрице  $\text{NdBaInO}_4$  (пр.гр. Р 21/с). Замещение  $\text{Nd}^{3+}$  на  $\text{Li}^+$  в катионной подрешетке привело к незначительному увеличению параметра  $a$  и уменьшению параметров  $b$  и  $c$ .

Методом электрохимического импеданса было проведено исследование зависимости электропроводности состава от температуры на керамических образцах в диапазоне от 400 °С до 1000 °С. Проводимость  $\text{Nd}_{0.8}\text{Li}_{0.2}\text{BaInO}_{3.8}$  выше проводимости  $\text{NdBaInO}_4$  во всем температурном интервале на 0,2 порядка и имеет величину  $10^{-4}$  См/см при температуре 600 °С и  $10^{-2}$  См/см при температуре 900 °С.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛЛИЙ-ЗАМЕЩЕННЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ КОБАЛЬТИТОВ

Антипинская Е.А.<sup>1\*</sup>, Политов Б.В.<sup>2</sup>, Маршеня С.Н.<sup>1,2</sup>, Сунцов А.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [elizaveta971997@gmail.com](mailto:elizaveta971997@gmail.com)

## PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF GALLIUM DOPED PEROVSKITE-LIKE COBALTITES

Antipinskaya E.A.<sup>1\*</sup>, Politov B.V.<sup>2</sup>, Marshenya S.N.<sup>1,2</sup>, Suntsov A.Yu.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of solid state chemistry, Yekaterinburg, Russia

Current work is devoted to investigating the impact of gallium doping on physico-chemical properties of cobaltites with general formula  $\text{PrBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ . In particular, crystal structure, magnetic, thermodynamic and thermo-mechanical properties of  $\text{PrBaCo}_{2-x}\text{Ga}_x\text{O}_{6-\delta}$  solid solutions were comprehensively studied. The gallium influence on thermal expansion, unit cell parameters, oxygen content and cobalt spin states were discussed.

Развитие экологически приемлемых технологий производства и хранения электроэнергии является актуальной задачей в настоящее время. В этой связи усилия многочисленных исследователей направлены на разработку материалов

для функциональных компонентов среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). В частности, на текущий момент, благодаря уникальному сочетанию высоких значений ионной и электронной проводимости, в качестве наиболее перспективных катодных материалов выделяются слоистые кобальтиты на основе  $\text{PrBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ . Такие соединения характеризуются широким диапазоном кислородной нестехиометрии, что является одной из причин неприемлемо высоких значений коэффициентов термического расширения (КТР) и делает невозможным реальное использование указанных соединений в электрохимических приложениях. Согласно литературным данным наиболее популярным способом модификации химического состава кобальтитов с целью уменьшения КТР является частичное допирование другими катионами. Ранее, было показано, что введение галлия позволяет уменьшить КТР подобных кобальт-содержащих оксидов. Кроме того, существуют работы, где указывается на положительное влияние катионов  $\text{Ga}^{3+}$  на электротранспортные свойства перовскитов. Поэтому, целью настоящей работы является изучение влияния небольших добавок галлия в кобальтовую подрешетку на термическое расширение, а также основные физико-химические свойства  $\text{PrBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ .

Исходные образцы твердого раствора  $\text{PrBaCo}_{2-x}\text{Ga}_x\text{O}_{6-\delta}$  были синтезированы с использованием глицерин-нитратного метода, рентгенофазовый анализ позволил установить пределы растворимости галлия. Полученные образцы были аттестованы при помощи методов рентгеновской дифракции, магнитной восприимчивости и термогравиметрии. Показано, что такое допирование способствует уменьшению содержания кислорода и магнитного момента, а также к росту размеров элементарной ячейки оксидов. Анализ зависимостей магнитной восприимчивости с использованием модифицированного закона Кюри-Вейсса позволил установить, что введение галлия способствует переходу трехвалентных ионов кобальта в низкоспиновое состояние. Методом дилатометрии было установлено, что изменения в относительном удлинении образцов, а также значений КТР с ростом концентрации допанта незначительны и не превышают погрешность эксперимента. Измерены температурные зависимости электропроводности предельно замещенного кобальтита  $\text{PrBaCo}_{1.8}\text{Ga}_{0.2}\text{O}_{6-\delta}$ . Установлено, что в температурной области, соответствующей рабочим условиям ТОТЭ, для данного соединения характерна проводимость на уровне 600 См/см, что почти вдвое превышает аналогичные показатели для недопированного образца и обуславливает перспективность дальнейших исследований катодных свойств этих материалов.

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ FE-NI ВОКРУГ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В АТАКСИТАХ

Бадеха К.А.<sup>1,2\*</sup>, Яковлев Г.А.<sup>1</sup>, Гроховский В.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Российской  
академии наук (ГЕОХИ РАН), г. Москва, Россия

\*E-mail: [ksenai\\_uimina@mail.ru](mailto:ksenai_uimina@mail.ru)

## SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE FE-NI ALLOY STRUCTURE SURROUNDING NON METALLIC INCLUSIONS IN THE ATAQTITES

Badekha K.A.<sup>1,2\*</sup>, Yakovlev G.A.<sup>1</sup>, Grokhovsky V.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Vernadsky Institute of Geochemistry, Moscow, Russia

The work is devoted to the research of plessite microstructure near non-metal inclusions in high-Ni meteorites (15-18 wt.% Ni): Chinga, Iquique, Hoba, Cape of Good Hope, Gebel Kamil, Tawallah Valley, El Qoseir. EBSD method was applied to reveal crystallographic orientations in plessite. It was realized on ZEISS SIGMA VP electron microscope.

Группа высоконикелевых (15-18 вес.% Ni) железных метеоритов отличается ярко выраженной структурой плессита, состоящей в основном из смеси субмикроскопических ОЦК и ГЦК фаз Fe(Ni). Лишь изредка встречаются мелкие 15x100 мкм балки  $\alpha$ - Fe(Ni). При травлении полированных шлифов представителей этой группы выявляются параллельные полосы шириной 1-10 см, обладающие селективным отражением (ПСО) и различимые невооруженным глазом [1,2]. Нами это явление наблюдалось в ряде образцов метеоритов: Чинге (16,58% Ni, 0,55% Co, 0,05%P), Iquique (15,7% Ni, 0,74% Co, 0,05%P), Hoba (16,4 Ni, 0,79%Co, 0,05%P), Cape of Good Hope (16,5%Ni, 0,76%Co, 0,07%P), Gebel Kamil (20,7% Ni, 0,75% Co, 0,14%P), Tawallah Valley (18,4% Ni, 0,80% Co, 0,22%P), El Qoseir (14,0%Ni, 0,7% Co, 0,16%P).

Кроме того, при рассмотрении невооруженным глазом и в оптический микроскоп метеоритов Ноба и Gebel Kamil была замечена видманштеттовая структура плессита вблизи крупных включений троилита FeS- добреелита FeCr<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, хромита FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, фосфида (FeNi)<sub>3</sub>P. Двухфазные неметаллические включения троилита-добреелита прямоугольной формы также встречаются и в метеоритах Iquique [2], Чинге [3], Cape of Good Hope, однако грубой структуры видманштеттового плессита вокруг них не наблюдается.

EBSD-анализ ориентации кристаллов  $\alpha$ - и  $\gamma$ -фаз в области видманштеттового плессита в Ноба показал, что ориентация кристаллов такая же, как и в плессите в ПСО [1] (рисунок 1).

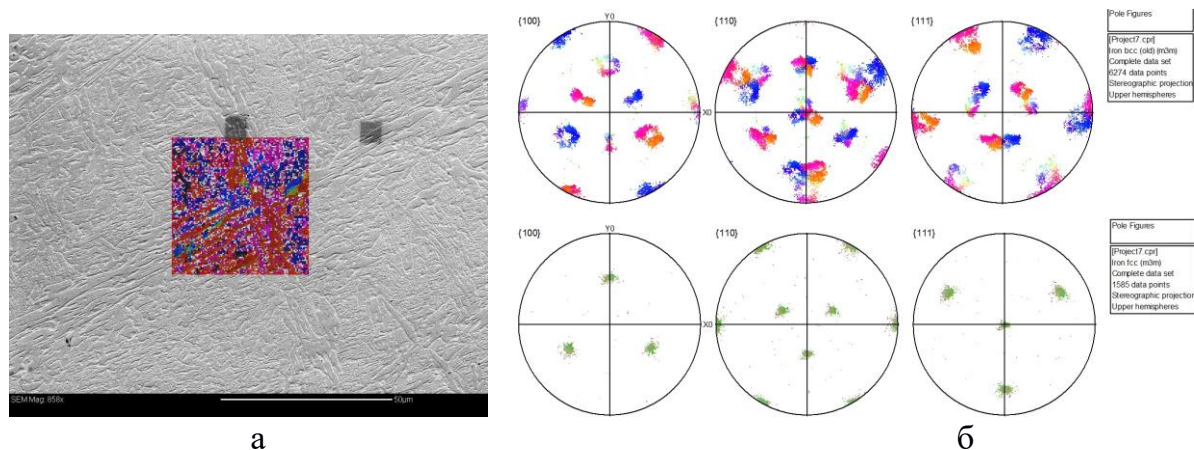


Рис. 1. Анализ методом EBSD участка видманштеттового плессита вокруг включения троилит-добреелит в метеорите Нова: а- Снимок в отраженных электронах области сканирования с наложением карты ориентации ОЦК-фазы; б – ППФ для ОЦК-фазы и FCC-фазы

Структуры видманштеттового плессита располагаются, как правило, вблизи крупных неметаллических включений, которые расположены как в «светлой» или «темной» ПСО. Однако видимых искажений в макро-картину ПСО эти структуры не вносят.

Известно [4], что более высоконикелевые метеориты обладают и большим содержанием Р. Зародыши  $\alpha$ -фазы в них встречаются чаще, а плессит становится более тонким и ориентированным (Tawallah Valley). В случае малого содержания Р (Саре of Good Hope, Нова, Чинге) наблюдаются редкие зародыши  $\alpha$ -фазы. Наличие ряда крупных включений фосфидов в метеорите Gebel Kamil объясняет распространенность веретен  $\alpha$ -фазы, однако развитие видманштеттовой структуры плессита, вероятно, также связана и с распространенностью неметаллических включений троилита-добреелита и хромита.

Таким образом, сульфидные и фосфидные неметаллические включения в высоконикелевых метеоритах являются местами предпочтительного зарождения  $\alpha$ -Fe(Ni) при диффузионном  $\gamma \rightarrow \alpha$  и способствуют получению грубой структуры плессита с видманштеттовой ориентацией сосуществующих фаз.

*Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006.*

1. Гроховский В.И. и др. XIX Уральская школа металловедов-термистов «Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов». Сборник материалов (2008).
2. Buchwald V. F. Meteoritics, 16 (1981).
3. Buchner E. et al. Meteoritics & Planetary Science, 47(2012).
4. Goldstein J.I., Meteoritics and Planetary Science, 41 (2006).

## ФУНКЦИИ РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА TiZrNbHfTa В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ

Балякин И.А.<sup>1,2,\*</sup>, Юрьев А.А.<sup>1,2</sup>, Гельчинский, Б.Р.<sup>1</sup>, Ремпель А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский Федеральный Университет, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.a.balyakin@gmail.com](mailto:i.a.balyakin@gmail.com)

## RADIAL DISTRIBUTION FUNCTIONS OF TIZRNBHFTA HIGH-ENTROPY ALLOY IN A LIQUID STATE

Balyakin I.A.<sup>1,2,\*</sup>, Yuryev A.A.<sup>1,2</sup>, Gelchinski B.R.<sup>1</sup>, Rempel A.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Institute of metallurgy UB RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Partial radial distribution functions (PRDFs) in liquid TiZrNbHfTa system were calculated using ab-initio molecular dynamics method. Analysis has shown that all the PRDFs are very close to each other, what leads to the high probability of single solid solution phase formation in this system at low temperatures, which is in agreement with empirical rules for TiHfZrNbTa alloy.

По определению, высокоэнтропийный сплав (ВЭС) это сплав из пяти и более компонентов, в котором атомная доля каждого компонента не должна быть менее 5% или более 35%, при этом они обладают высокой конфигурационной энтропией смешения.

Во многих случаях важно, чтобы данный сплав представлял собой однофазную систему неупорядоченного твердого раствора. Поскольку число всевозможных комбинаций химических составов ВЭСов велико, имеет смысл разработка правил формирования фаз. Возможным вариантом для точного предсказания формирования фаз в ВЭСах является исследование парциальных функций радиального распределения данных сплавов в жидком состоянии [1]. В случае, если в расплаве из  $N$  компонентов, все  $N(N + 1)/2$  парциальных функций радиального распределения имеют близкие параметры, то вероятность формирования фазы неупорядоченного твердого раствора высока.

На рисунке 1 изображены некоторые парциальные функции радиального распределения для расплава TiZrNbHfTa, расстояние приведено в единицах радиуса первой координационной сферы  $r_1$ . Остальные парциальные функции радиального распределения близки к приведённым на рисунке. Моделирование осуществлялось методом ab-initio молекулярной динамики в коде SIESTA [2]. Плотность и температура рассчитывались по правилу смесей. Временной шаг – 0.25 фс, число атомов – 250.



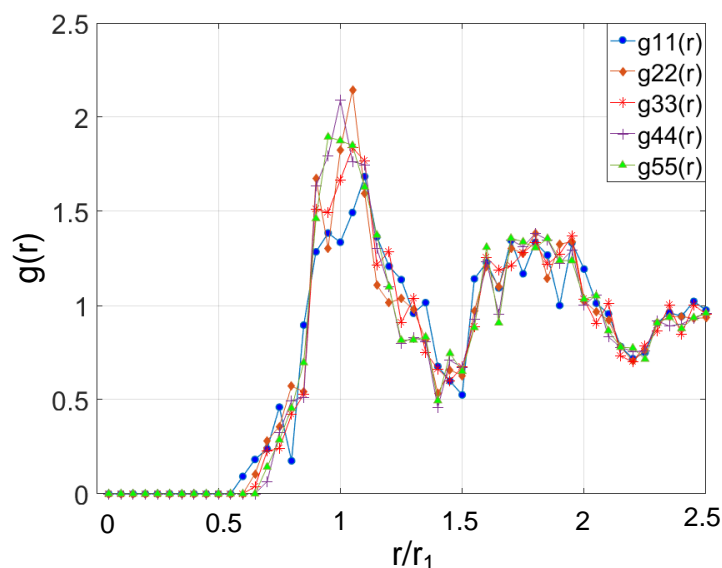


Рис. 1. Парциальные функции распределения в расплаве TiHfZrNbTa.  
Обозначения элементов: 1 – Ti, 2 – Zr, 3 – Nb, 4 – Hf, 5 – Ta.

Согласно рисунку, такие параметры парциальных функций радиального распределения, как высота пиков и положение первого максимума, близки для различных пар элементов. Следовательно, существует высокая вероятность формирования неупорядоченного твердого раствора при температурах ниже температуры плавления сплава, что согласовывается с эмпирическими правилами формирования фаз для ВЭСов [3].

1. Gao M., Alman D., Entropy, 15, 4504 (2013).
2. Soler J. M. et al., J.Phys. Cond.Matter., 14, 2745 (2002).
3. Gao M. et al., High-Entropy Alloys: Fundamentals and Applications, Springer International Publishing (2016).

## СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕСШОВНЫХ ТРУБ ИЗ СПЛАВА ТИТАНА НА ОСНОВЕ АЛЬФА-ФАЗЫ ПОСЛЕ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ И ОТЖИГА

Баранникова Н.А.<sup>1\*</sup>, Водолазский Ф.В.<sup>1</sup>, Илларионов А.Г.<sup>1</sup>,  
Горностаева Е.А.<sup>2</sup>, Космацкий Я.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>ООО «ТМК НТЦ», г. Челябинск Россия

<sup>3</sup>ОАО «РосНИТИ» г. Челябинск Россия

\*E-mail: [barannikova.natalya.a@gmail.com](mailto:barannikova.natalya.a@gmail.com)

## STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF SEAMLESS TUBE FROM THE ALPHA-TITANIUM ALLOY AFTER COLD ROLLING AND ANNELLING

Barannikova N.A.<sup>1\*</sup>, Vodolazskii F.V.<sup>1</sup>, Illarionov A. G.<sup>1</sup>,  
Gornostayeva E.A.<sup>2</sup>, Kosmatskii Ya.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>TMK R&D, Chelyabinsk, Russia

<sup>3</sup>RosNITI JSC, Chelyabinsk, Russia

Study of the structure and mechanical properties of seamless tube from the alpha-titanium alloy after cold rolling and vacuum annealing

Титановый псевдо- $\alpha$ -сплав Ti-3Al-2.5V широко используется для авиакосмических гидросистем и атомной энергетики в виде трубных полуфабрикатов, получаемых по технологии TREX (Tube Reduced Extrusion) [1]. Данная технология включает операции горячего прессования и последующей холодной прокатки с промежуточными и окончательным вакуумными отжигами. Формирование структуры и свойств при получении передельной горячепрессованной трубы из сплава Ti-3Al-2,5V по технологии TREX нами изучено в работах [2,3]. В данной работе проведен анализ структуры и свойств конечного трубного полуфабриката из сплава Ti-3Al-2,5V – холоднокатаной трубы  $\varnothing 38,1 \times 5,36$  мм, подвергнутой вакуумному отжигу при 750°C.

Макроструктура по сечению трубы после вакуумного отжига достаточно однородна и соответствует 1-му баллу шкалы макроструктур титановых сплавов. При визуальном осмотре труб макродефекты («седина», поперечные и продольные макротрещины) не обнаружены. Рентгеноструктурный анализ показал, что в отожженной трубе фиксируется двухфазное  $\alpha + \beta$ -состояние с объемной долей  $\beta$ -фазы около 5% и параметрами решеток  $(c/a)_{\alpha} = 1,592$ ,  $a_{\beta} = 0,3199$  нм, что типично для псевдо- $\alpha$ -сплавов в равновесном состоянии.

Микроструктура холоднокатаной трубы характеризуется вытянутыми вдоль оси трубы  $\alpha$ -зернами с  $\beta$ -прослойками, имеющими твердость 245 ед. HV.

Вакуумный отжиг способствует как развитию процессов рекристаллизации с формированием равноосных  $\alpha$ -зерен размером 10-15 мкм (9-10 балл по шкале ASTM E112 - удовлетворяет требованиям для технологии TREX - выше 8-балла) с локализованными областями  $\beta$ -фазы на стыках зерен, так и снижению твердости до 220 ед. HV.

Требуемые и полученные экспериментальные значения механических свойств для отожженных холоднодеформированных труб из титанового сплава Ti-3Al-2.5V представлены в таблице.

Результаты испытаний на статическое растяжение образцов.

Параметр	Временное сопротивление ( $\sigma_B$ ), Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести ( $\sigma_T$ ), Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение ( $\delta$ ), %
Фактическое значение (среднее)	683,0	560,0	35,4
Требование [4]	$\geq 621,0$	$\geq 517,0$	$\geq 15$

Таким образом, полученные во разработанной технологии отожженные холоднокатаные трубы из титанового сплава Ti-3Al-2.5V по структуре и механическим свойствам удовлетворяют требованиям, предъявляемым к трубным полуфабрикатам из данного сплава, изготовленным по технологии TREX.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10107).*

1. Смирнов В.Г. [и др]. Титан. 1. 36. (2003)
2. Илларионов А.Г. [и др.]. Metallurg. 9. 83 (2016).
3. Пышминцев И.Ю. [и др.]. Metallurg. 4. 70 (2018).
4. Boyer, R. ASM International. The Material Information Society. 5. (1994).

## КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА БАРИЯ

Базуева М.В.<sup>\*</sup>, Волкова Н.Е., Гаврилова Л.Я.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [bazueva@weburg.me](mailto:bazueva@weburg.me)

## CRYSTAL STRUCTURE AND PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS BASED ON BARIUM FERRITE

Bazueva M.V.<sup>\*</sup>, Volkova N.E., Gavrilova L.Ya.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A series of samples of overall composition  $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$  were prepared by glycerin nitrate technique in air. The crystal structure of single-phase samples determined by XRD was described as cubic. Oxygen content in the complex oxides has been determined in air over wide temperature range by means of thermogravimetry and iodometric titration. Total conductivity and Seebeck coefficient of complex oxides were measured using a 4-probe technique as a function of oxygen partial pressure.

Сложные оксиды со структурой перовскита являются объектами многочисленных исследований в связи с их устойчивостью в широком интервале температур, высокой электропроводностью, химической и термической стабильностью. Введение допантов в А- и В-подрешетки оксида общей формулы  $ABO_3$  приводит к изменению структуры и, как следствие, физико-химических свойств сложных оксидов. Поэтому целью данной работы является определение кристаллической структуры оксидов  $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$  и изучение их физико-химических свойств.

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии на воздухе. Заключительный отжиг проводили при 1100°C на воздухе с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Фазовый состав полученных оксидов определяли рентгенографически. Кислородную нестехиометрию ( $\delta$ ) сложных оксидов  $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$  изучали методом термогравиметрического анализа (ТГА) и йодометрического титрования, как функцию температуры на воздухе. Коэффициент термического расширения (КТР) образцов был рассчитан из дилатометрических данных. Общую электропроводность и коэффициент термо-ЭДС образцов определяли 4-х контактным методом в широком диапазоне температур на воздухе.

По данным рентгенофазового анализа (РФА) установлено, что твердые растворы  $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$  на воздухе образуются в интервалах составов, указанных в таблице 1. Рентгенограммы всех однофазных оксидов были проиндексированы в рамках кубической ячейки.

Таблица 1. Области гомогенности оксидов  $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ 

$x$	$y$
0.1	0 – 0.8
0.2	0 – 0.7
0.3	0 – 0.6
0.4	0 – 0.3
0.5	0 – 0.25
0.6	0.1 – 0.2
0.7	0.1 – 0.2

Для всех однофазных оксидов из рентгенографических данных рассчитаны параметры элементарной ячейки и координаты атомов. Показано, что с уменьшением концентрации празеодима и кобальта параметры и объем элементарной ячейки растут. По данным ТГА установлено, что обмен кислородом между образцом и газовой фазой начинается при температурах выше 300-400°C. Показано, что индекс кислородной нестехиометрии увеличивается с ростом температуры и уменьшением концентрации празеодима и железа в образцах. Установлено, что с увеличением концентрации празеодима в  $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$  значение КТР уменьшается. Максимальное значение общей электропроводности для образцов  $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$  достигается при температуре около 300-400°C. Коэффициент Зеебека положителен во всем исследуемом интервале температур, что свидетельствует о преимущественно дырочном типе проводимости.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 18-73-00159.*

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТЕОРИТА СЕЙМЧАН НА СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Бегунова А.С.\*, Яковлев Г.А., Камалов Р.В., Гроховский В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [n.s.begun@gmail.com](mailto:n.s.begun@gmail.com)

## INFLUENCE OF SEYMCHAN METEORITE STRUCTURE ON THE SYNTHESIS OF CARBON NANOTUBES

Begunova A.S., Yakovlev G.A., Kamalov R.V., Grokhovsky V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Influence of different Fe-Ni minerals on the synthesis of CNT is studied. Different CNTs were obtained on various structural components of the substrate. The tubes with the greatest aspect ratio are synthesized on kamacite.

Синтез углеродных нанотрубок (УНТ) методом химического парового осаждения (CVD) осуществляется на поверхностях, содержащих зародыши для формирования углеродных структур. Обычно используют Fe, Ni, Co подложки [1]. В данной работе использовалась металлическая часть палласита Сеймчан.

Образцы метеорита были подготовлены по стандартной методике приготовления металлографических шлифов, подвергнуты травлению в 1% растворе  $\text{HNO}_3$  в  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  в течение 10 минут, для получения более развитой морфологии поверхности.

Образцы были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа Zeiss SIGMA VP. Выявлено, что они имели видманштеттеневую структуру, образованную балками камасита ( $\alpha$ -фаза (Fe,Ni) с 4–7,5 мас.% Ni), и различную морфологию плессита, представляющего собой мелкодисперсную смесь камасита и тэнита ( $\gamma$ -фаза (Ni, Fe), 25–65 мас. % Ni) [2, 3]. Были обнаружены области облачного тэнита – высоконикелевая фаза в виде округлых островов тетратэнита в сотовой оболочке камасита. Наличие разных Fe-Ni минералов на небольшом участке образца ( $1\text{--}2\text{ см}^2$ ) позволяет проследить зависимость роста УНТ от состава подложки.

УНТ синтезировали на установке CVDomna, в реакционную зону которой подавалась парогазовая смесь, содержащая  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (95%). Процесс проводился при температуре  $600\text{ }^\circ\text{C}$  и давлении 15 кПа в течение 5 минут. Охлаждение образца проводилось в разряженной атмосфере воздуха.

Исследование поверхности позволяет установить, что на поверхности тэнита преобладают УНТ, на поверхности камасита – платинчатые углеродные структуры, встречаются области с УНТ, поверхность плессита покрыта и УНТ и пластинами одновременно. Наиболее качественные УНТ были найдены на поверхности камасита, их средний диаметр УНТ 25 нм, среднее аспектное отношение – 25. Полученные структуры, и гистограммы распределения диаметров УНТ на камасите изображены на рисунке 1.

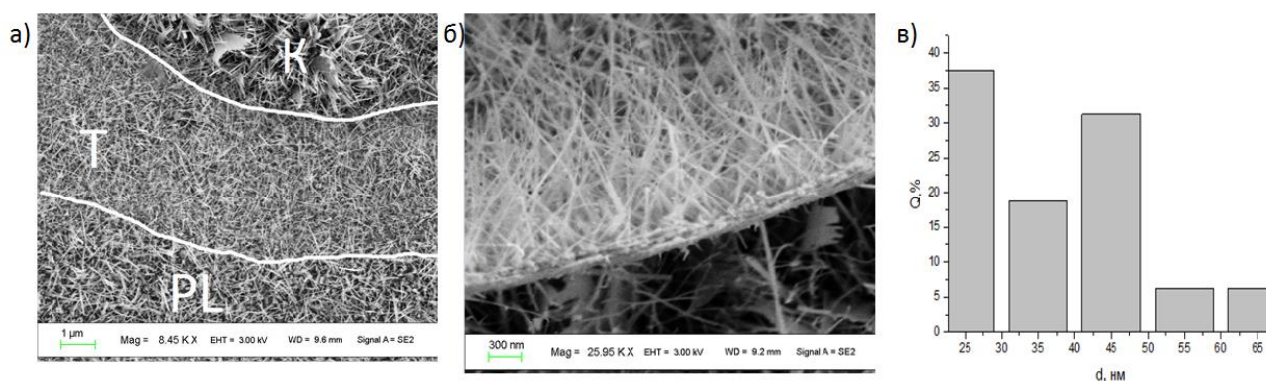


Рис. 1. Углеродные структуры, полученные на поверхности метеорита Сеймчан: а) – СЭМ поверхности после синтеза: Т – тэнит, К – камасит, PL – плессит; б) – СЭМ УНТ на камасите; в) – распределение диаметров УНТ

Проведённые эксперименты доказывают, что морфология подложки влияет на рост УНТ. Полученные после синтеза изображения демонстрируют различную структуру УНТ на поверхности тэнита, камасита, плессита. Средний диаметр полученных структур – 25 нм, среднее аспектное отношение – 25. Дальнейшие эксперименты направлены на выявление зависимости параметров УНТ от степени травления подложки и сравнение диаметров исходных структурных составляющих метеорита с диаметрами УНТ.

1. Kumar M., Ando Y., J. Nanosci. Nanotechnol., 10, 3739-3758 (2010).
2. D. van Niekerk D., Greenwood R.C., et al., Meteorit. Planet. Sci., 42, 154 (2007).
3. Buchwald V.F., The UC Regents, 1, 115-124 (1975).

## **CENTERS OF CRYSTALLIZATION IN ANTIMONY THIN FILMS STUDIED BY TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY**

Kolosov V.Yu., Yushkov A.A., Bokuniaeva A.O.<sup>\*</sup>, Veretennikov L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [emlab@urfu.ru](mailto:emlab@urfu.ru)

We performed TEM studies of 7 crystallization centers using specially evaporated Sb thin films in finite areas. Strong internal lattice bending is revealed by use of the bend contour method.

Sb thin films are known for their so-called “explosive” crystallization from the amorphous state [1]. A new application of antimony has been recently discovered: single-element phase change memory devices of extremely small volumes [2].

We evaporate our antimony thin film samples in vacuum through special masks with finite apertures placed on a mica substrate with carbon sublayer. It helped to find crystallization centers in further transmission electron microscopy (TEM) studies.

The microstructure of seven antimony thin areas was investigated by TEM, using extinction bend contour method [3] for crystal lattice orientation analyses using electron microscope JEM-2100 at accelerating voltages 80 and 200 Kv.

Extinction bend contours are diffraction reflections from certain atomic planes forming Bragg angle with the electron beam. They look like dark lines in TEM micrographs, Fig. 1. Their star-like morphology allows us to recognize crystallization centers. The prevailed orientations in their area, [001] and [122], were identified by means of the analyses of bend contour patterns combined with selected area electron diffraction.

Several centers of crystallization were studied with typical examples shown on Fig. 1. We can notice that crystal grains, which are away from the crystallization centers, are thin and elongated. Their boundaries are clearly visible. Crystal grains in the vicinity of centers are preferably less elongated larger single crystals, more round and

contain more complex alternating zone axis patterns. Their grain boundaries are often vague, and it is difficult to identify the shape of crystal grains accurately.

The thickness of the film and the degree of internal bending of the crystal lattice were estimated using measurements of inter-contour distances at the bright field and dark field images. The film thickness is in the range from 7 to 11 nm, and the internal crystal lattice bending is in the range from 70 to 80 degrees per micrometer. The latter value is great enough, and, therefore, we suppose this strong lattice bending corresponds to phenomenon of “transrotation” [4] in our initially amorphous films.

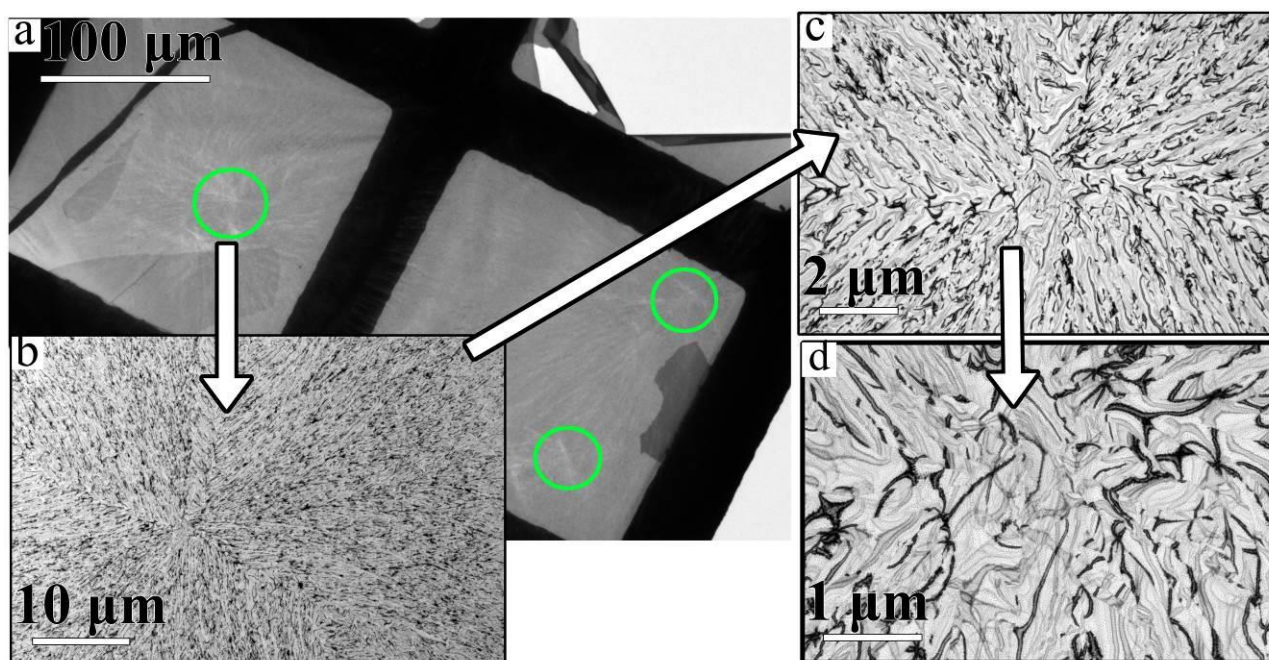


Fig. 1. TEM micrographs of the antimony thin film. Crystallization centers are shown by green circles (a); the micrographs for one of the crystallization centers are also shown at different magnifications (b-d).

*Partial support of project 3.6121.2017/8.9 (RF Ministry of Education and Science) and agreement № 02.A03.21.0006 (Act 211 Government of the RF) is acknowledged.*

1. Solis J., Afonso C. N., Appl. Phys. A, 76, 331 (2003).
2. Salinga M., Kersting B. et al., Nat. Mater., 17, 681 (2018).
3. Bolotov I. E., Kolosov V. Yu., Phys. Status Solidi, 69a, 85 (1982).
4. Kolosov V. Yu., Tholen A. R., Acta Mater. 48, 1829 (2000).



## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДАМИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПОСЛЕ НАСЫЩЕНИЯ ВОДОРОДОМ.**

Бритт Д.С., Сыртанов М. С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Томск, Россия

E-mail: [d.s.britt@yandex.ru](mailto:d.s.britt@yandex.ru)

## **INVESTIGATION OF Ti-6Al-4V TITANIUM ALLOY MECHANICAL PROPERTIES, OBTAINED BY ADDITIVE MANUFACTURING METHOD, AFTER HYDROGENATION.**

Britt D.S., Syrtanov M.S.

National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia

In the real work, samples of cast titanium alloy Ti-6Al-4V and electron-beam additive manufacturing (EBM), previously saturated with hydrogen from the gas phase, were investigated. To assess the mechanical properties and the structural-phase state of titanium alloys before and after the flood, we used fatigue strength analysis, X-ray diffraction analysis, and scanning electron microscopy. As a result of the tests carried out, the cyclic strength of titanium alloys obtained by the electron-beam alloy method has been established.

Технологии послойного синтеза обладают высокой популярностью среди авиастроителей, дизайнеров и в ракетно-космической промышленности, это связано с высоким уровнем развития цифрового производства [1]. Технологии послойного синтеза позволяют создавать изделия сложной геометрической формы, уменьшить количество металла по сравнению с традиционными методами производства и существенно ускорить процесс производства изделий [2]. Проблема низких показателей усталостной прочности, образцов полученных с помощью аддитивных технологий по-прежнему остается актуальной. Водород же в свою очередь может повысить данные показатели. В связи с этим исследование взаимодействия водорода с титановыми сплавами, полученными с помощью аддитивных технологий, имеет не только фундаментальный, но и практический интерес.

В представляемой работе были исследованы образцы литого титанового сплава Ti-6Al-4V и сплава, полученного методом электронно-лучевого плавления (ЭЛС), предварительно насыщенные водородом из газовой фазы. Газофазное наводороживание проводилось на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller. Для оценки механических свойств и структурно-фазового состояния титановых сплавов до и после наводороживания использовались анализ усталостной прочности, рентгеноструктурный анализ и сканирующая электронная микроскопия. В результате проведенных испытаний установлено падение циклической прочности титановых сплавов, полученных методом электронно-лучевого сплавления, по сравнению с литыми сплавами. Этот факт обусловлен

образованием пор порядка нескольких микрон в процессе изготовления образцов методом ЭЛС. Введение небольших концентраций водорода в ЭЛС титановый сплав Ti-6Al-4V увеличивает значения усталостной прочности по сравнению с исходными материалами. В свою очередь в литых материалах наблюдается обратная закономерность, что обусловлено локальным образованием гидридов в объеме исследуемого титанового сплава.

1. В. Berman, Business horizons. 55, 2 (2012).
2. T. Horn, O. Harrysson, Science progress. 95, 3 (2012).

## **МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАЛЛАСИТОВОЙ И ОКТАЭДРИТОВОЙ ЧАСТЕЙ МЕТЕОРИТА СЕЙМЧАН**

Брусницына Е.В.\*, Муфтахетдинова Р.Ф., Яковлев Г.А., Гроховский В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [jeka\\_bru@list.ru](mailto:jeka_bru@list.ru)

## **METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF PALLASITE AND OCTAHEDRITE PARTS OF SEYMCHAN METEORITE**

Brusnitsyna E.V.\*, Muftakhetdinova R.F., Yakovlev G.A., Grokhovsky V. I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The Seymchan meteorite has two parts: pallasite and octahedrite. It was classified like rare type – pallasite (PMG). We investigated the metal in both parts by optical and electron microscopy.

Метеорит Сеймчан был обнаружен в 1967г. вблизи одноименного поселка Магаданской области и классифицирован как железный метеорит – октаэдрит. Участникам следующих экспедиций удалось найти в этом же районе более редкий тип метеоритов – палласит, в котором помимо металлических минералов в большом количестве содержатся силикаты. Авторы работы [1] установили, что октаэдрит и палласит являются частями одного и того же метеорита. Таким образом, было доказано, что метеорит Сеймчан является палласитом с большими участками металлического сплава.

В коллекции УрФУ имеются как октаэдритовая, так и палласитовая части метеорита Сеймчан. Целью данной работы является исследование микроструктур образцов из палласитовой и октаэдритовой частей метеорита.

Подготовка образцов включала следующие этапы: резка, шлифовка на шкурках различной абразивности, полировка с использованием алмазной суспензии и коллоида, травление 2%-ным раствором азотной кислоты в спирте. Для исследования микроструктуры применялись оптический микроскоп Axiovert 40

МАТ и растровый электронный микроскоп SIGMA VP с приставкой EDS для определения химического состава.

Метеоритный металл представляет собой сплав Fe-Ni с небольшим количеством Co (не более 1%). После микроструктурного анализа в образцах из октаэдритовой и палласитовой части выявлены следующие фазовые и структурные составляющие:  $\alpha$ -Fe (Ni, Co), содержание Ni варьируется от 4% до 7,5%, тэнит  $\gamma$ -Fe(Ni, Co), содержание Ni до 50%, тетраэнит  $\gamma'$  – соединение FeNi с упорядоченной структурой L1<sub>0</sub>; мартенсит  $\alpha_2$  и плессит ( $\alpha + \gamma$ ) с различной морфологией. Плессит является мелкодисперсной смесью двух фаз  $\alpha$  и  $\gamma$ , которая сформировалась в результате следующей реакции:  $\gamma \rightarrow \alpha_2 + \gamma \rightarrow \alpha + \gamma$  [2], где  $\alpha_2$  – мартенсит (пересыщенный твердый раствор никеля в железе). Особый интерес представляет структура облачной зоны – округлые высоконикелевые частицы (FeNi) с упорядоченной структурой L1<sub>0</sub> в матрице камасита  $\alpha$ -Fe (FeNi+ $\alpha$ -Fe), которая сформировалась в космических условиях при чрезвычайно медленном охлаждении, порядка 1 К/млн. лет [3]. Данная область представляет собой наноструктуру, размеры частиц FeNi не превышают нескольких сотен нанометров. По методике, описанной в работе [4], в образцах из палласитовой и октаэдритовой частей были определены средние размеры высоконикелевых частиц и скорости охлаждения в температурной области спинодального распада.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00598, а также при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Проекты 5.4825.2017/6.7, 5.3451.2017/4.6).*

1. van Niekerk D., Greenwood, R. C et al., Meteorit. Planet. Sci., 42, 5196 (2007)
2. Buchwald V. F., Handbook of Iron Meteorites. Univ. California Press (1975).
3. Yang C.-W, Williams D.B., Goldstein J.I., J. Phase Equil., 17, 522–531 (1996).
4. Goldstein J. I., Yang J., et al., Meteorit. Planet. Sci., 44, 343–358 (2009).

**АТТЕСТАЦИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЁРДОГО РАСТВОРА**



Брюзгина А.В. \*, Елохова А.А., Дьякова А.В., Соломахина Е.Е., Урусова А.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anna.brjuzgina@urfu.ru](mailto:anna.brjuzgina@urfu.ru)

**CRYSTALLINE STRUCTURE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF  $\text{Y}_2\text{Ba}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Co}_x\text{O}_{13+\delta}$  SOLID SOLUTIONS**

Bryuzgina A.V. \*, Elokhoa A.A., Dyakova A.V., Solomakhina E.E., Kuzinkina M.I., Urusova A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The  $\text{Y}_2\text{Ba}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Co}_x\text{O}_{13+\delta}$  ( $1.1 \leq x \leq 2.3$ ) oxides were prepared using a glycerol-nitrate technique. According to the results of X-ray diffraction analysis the homogeneity range for the  $\text{Y}_2\text{Ba}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Co}_x\text{O}_{13+\delta}$  solid solutions at studied conditions ( $T=1100^\circ\text{C}$ , air) appears within  $1.7 \leq x \leq 2.1$ . XRD pattern for all single phase samples were refined by Rietveld method within the tetragonal structure. The absolute values of oxygen content were determined using direct reduction of sample in hydrogen flow at  $1100^\circ\text{C}$  inside the TGA cell and by redox titration. Thermal expansion measurements were in air using a dilatometer .

Работа посвящена определению области гомогенности и изучению кристаллической структуры оксидных материалов нового класса на основе иттрия и бария состава  $\text{Y}_2\text{Ba}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Co}_x\text{O}_{13+\delta}$  при  $1100^\circ\text{C}$  на воздухе.

Сложные оксиды иттрия-бария состава  $\text{Y}_2\text{Ba}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Co}_x\text{O}_{13+\delta}$  с  $1.1 \leq x \leq 2.3$  были синтезированы по керамической и глицерин-нитратной технологиям. Полученный сухой остаток медленно ступенчато нагревали до температуры  $900 - 1100^\circ\text{C}$ . Дальнейший обжиг образцов при получении оксидных фаз проводили при  $1100^\circ\text{C}$  в течение 100 часов. Заключительный отжиг проводили при  $1100^\circ\text{C}$  на воздухе, с последующим медленным охлаждением оксида до комнатной температуры со скоростью  $100^\circ/\text{ч}$  или закалке на массивную металлическую пластину со скоростью  $500^\circ/\text{мин}$ . По результатам рентгенофазового анализа было установлено, что синтез образцов необходимо проводить по глицерин-нитратной технологии с отжигом при  $1100^\circ\text{C}$  и заключительный отжиг необходимо проводить при  $1100^\circ\text{C}$  с последующей закалкой.

На данный момент исследования нового класса оксидных материалов было установлено, что область гомогенности для составов  $\text{Y}_2\text{Ba}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Co}_x\text{O}_{13+\delta}$  соответствует  $1.7 \leq x \leq 2.1$ , образцы кристаллизуются в тетрагональной симметрии. Методом ТГА для всех однофазных оксидов получены зависимости кислородной нестехиометрии ( $\delta$ ) от температуры ( $T = 25 - 1100^\circ\text{C}$ ) на воздухе. Показано, что введение кобальта в позиции железа приводит к уменьшению содержания кислорода в образцах. Измерения относительного увеличения размера образцов

$Y_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{13+\delta}$  ( $x = 1.90, 1.21$ ) с ростом температуры проводили на дилатометре DIL 402 C в температурном интервале 25 – 1100°C на воздухе со скоростью нагрева и охлаждения 5°K/мин. Тепловое расширение образцов линейно, а средний коэффициент термического расширения (КТР) равен  $15.3 \times 10^{-6}$ , K<sup>-1</sup> во всем измеряемом интервале. Исследована общая электропроводность состава  $Y_2Ba_3Fe_{2.9}Co_{0.1}O_{13+\delta}$  четырех контактным методом на воздухе. Для  $Y_2Ba_3Fe_{2.9}Co_{0.1}O_{13+\delta}$  получены зависимость общей электропроводности и зависимость коэффициента Зеебека от температуры при  $P_{O_2} = 0.21$  атм.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-33-01283 мол\_а.*

## ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМЕ K,Rb||F,I,CrO<sub>4</sub>

Бурчаков А.В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

E-mail: [turnik27@yandex.ru](mailto:turnik27@yandex.ru)

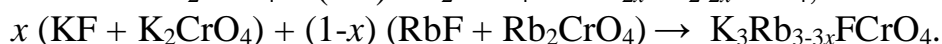
## STUDY OF PHASE EQUILIBRIA IN THE SYSTEM K,Rb||F,I,CrO<sub>4</sub>

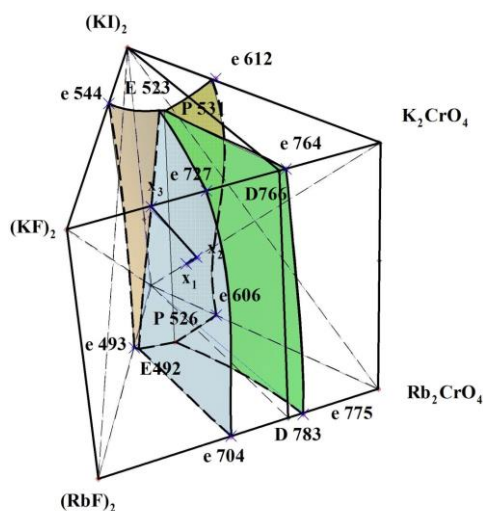
Burchakov A. V.

Samara State Technical University, Samara, Russia

In this work we studied of phase complex of quaternary reciprocal system K,Rb||F,I,CrO<sub>4</sub> for the first time. This phase complex consists of four crystallization regions, each of which has its own solid phase:  $K_xRb_{1-x}F$ ,  $K_xRb_{1-x}I$ ,  $K_{2x}Rb_{2-2x}CrO_4$ ,  $K_{3x}Rb_{3-3x}FCrO_4$ . We made computer models that allow the prediction of equilibrium phases for a mixture with a given component composition.

Фазовый комплекс четырехкомпонентной взаимной системы K,Rb||F,I,CrO<sub>4</sub> изучается впервые (рис. 1). Анализ элементов ограничения системы [1-4]: трех трехкомпонентных взаимных систем и двух тройных систем – указывает на образование непрерывных рядов твердых растворов бинарного типа с участием следующих пар солей: фторидов калия и рубидия, йодидов калия и рубидия, хроматов калия и рубидия, а также пары двойных солей фторида-хромата калия и фторида-хромата рубидия, что свидетельствует о изоморфных структурах этих солей. Состав кристаллизующихся фаз – бинарных твердых растворов – следующий:  $K_xRb_{1-x}F$ ,  $K_xRb_{1-x}I$ ,  $K_{2x}Rb_{2-2x}CrO_4$ ,  $K_{3x}Rb_{3-3x}FCrO_4$ . В системе протекают химические реакции, приводящие к образованию этих фаз:



Рис. 1. 3D-модель системы  $K,Rb||F,I,CrO_4$ 

Проведено экспериментальное изучение системы. Фазовые равновесия изучали дифференциальным термическим анализом [5], состав кристаллизующихся фаз рентгенофазовым анализом [6]. Выполнено построение фазовой 3D-модели (рис. 1), прогнозирующей путь кристаллизации, и составлена математическая модель химических реакций, проводящая качественный и количественный прогноз кристаллизующихся фаз для смеси с заданным составом [7].

1. Дворянова Е.М. Дис. ... канд. хим. наук. Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2008. 163 с
2. Саламаткина А.А., Бехтерева Е.М. Тезисы докладов XXXVIII Самарской областной студенческой научной конференции. Часть I, 10–20 апреля 2012 г., Самара, С. 208–209.
3. Ignatieva E.O., Dvoryanova E.M., Garkushin I.K. // Abstract of the XVIII International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia. Samara : Samara State Technical University, 2011. P. 142.
4. Бурчаков А.В., Рогожкина Д.Е., Николаева И.А. Материалы I Международной конференции по интеллектоемким технологиям в энергетике (физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов). 18-22 сентября 2017 г. Екатеринбург. С. 127-129.
5. Топор Н.Д., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. – М.: Изд-во МГУ, 1987, 190 с.
6. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ // М.: МГУ, 1976.–232 с.
7. Бурчаков А.В. Дис. ... канд. хим. наук. Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2016. 185 с

## КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СОЕДИНЕНИЙ ОБЩЕГО СОСТАВА $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$

Чекушина Я.В., Хвостова Л.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yanachv@mail.ru](mailto:yanachv@mail.ru)

## CRYSTAL STRUCTURE OF COMPOUNDS OF THE GENERAL COMPOSITION $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$

Chekushina Ya. V., Khvostova L. V., Volkova N. E., Cherepanov V. A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Single phase samples  $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$  were obtained at 1100°C in air. Using X-ray analysis, it was found that two single-phase samples are formed:  $Sr_{0.3}Ho_{0.7}FeO_{3-\delta}$  and  $Sr_{0.7}Ho_{0.3}FeO_{3-\delta}$ .

Сложные оксиды на основе РЗЭ и 3d-переходных металлов имеют широкое применение в разных областях промышленности. Свойства перовскитов зависят от содержания кислорода в образце.

Изучение перовскитоподобных структур состава  $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$  актуально, так как кристаллическая структура, физико-химические свойства индивидуальных соединений, а так же область гомогенности для данного ряда на данный момент в литературе не описана.

Поэтому целью настоящей работы является определение кристаллической структуры оксидов состава  $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$ .

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. Определение параметров элементарных ячеек осуществляли с использованием программы «CelRef 4.0», уточнение – методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008».

С помощью рентгенофазового анализа установлено, что однофазные образцы  $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$  образуются при  $x=0.3$  и  $0.7$ .

Дифрактограмма сложного оксида  $Sr_{0.7}Ho_{0.3}FeO_{3-\delta}$  удовлетворительно описываются в рамках кубической ячейки (пр. гр.  $Pm\bar{3}m$ ). Структура образца  $Sr_{0.3}Ho_{0.7}FeO_{3-\delta}$  была описана в рамках орторомбической сингонии, (пр. гр.  $Pbnm$ ).

На рисунке 1 представлена рентгенограмма оксида  $Sr_{0.7}Ho_{0.3}FeO_{3-\delta}$ , обработанная по методу полнопрофильного анализа Ритвелда.

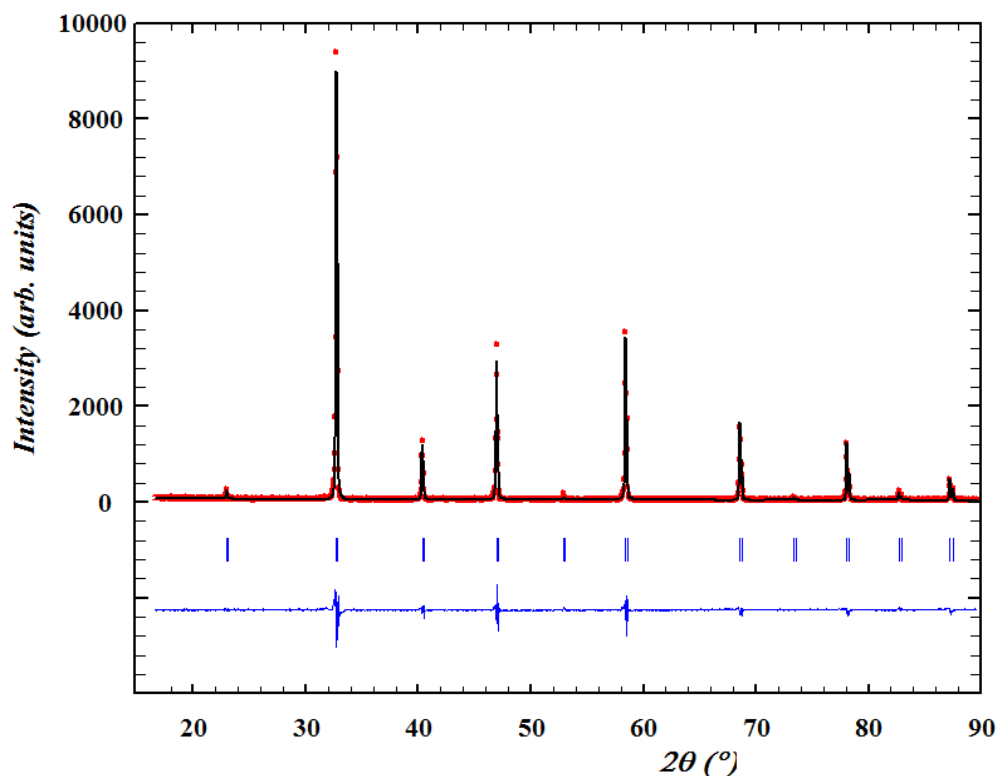


Рис. 1. Рентгенограмма  $\text{Sr}_{0.7}\text{Ho}_{0.3}\text{FeO}_{3-\delta}$ , обработанная по методу Ритвелда

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НАНОПОРОШКОВ НА СВОЙСТВА КЕРАМИКИ ИЗ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Чернецкий И.В.<sup>1\*</sup>, Карташов В.В.<sup>1</sup>, Власов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Акционерное общество "Опытное конструкторское бюро "НОВАТОР", г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [y4ernetskiy@urfu.ru](mailto:y4ernetskiy@urfu.ru)

## EFFECT OF NANOPOWDER ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF ZIRCONIA CERAMICS

Chernetskiy I.V.<sup>1\*</sup>, Kartashov V.V.<sup>1</sup>, Vlasov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Joint-Stock Company "OKB" Novator ", Yekaterinburg, Russia

In the present study we consider preparation of yttria-stabilized zirconia (YSZ) ceramic materials modified by addition of 5% nanopowder of the same chemical composition. Ceramic samples were prepared by hot pressing and then their density, strength and surface microstructure were examined. The results obtained in the present study indicate that the addition of small amounts of nanoparticles results in considerable strengthening of manufactured ceramic materials.



В данной работе исследовали физические свойства керамики, полученной на основе оксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия при введении 5 мас.% нанопорошка  $ZrO_2$ .

Процесс горячего прессования порошков проводили при двух разных температурных режимах: первый – при температуре 1450 °С, второй 1500 °С. Обнаружено, что в ходе прессования при первом режиме на поверхности еще не скомпактированной керамики образуется спек, который при дальнейшем процессе растрескивается. Тем самым снижаются прочностные и эксплуатационные показатели полученного образца. Устранить образование спека на поверхности можно путем добавления термоизолирующих прокладок, способствующих более равномерному нагреванию образцов. При втором температурном режиме прессования образования спека не наблюдалось. Возможное объяснение данного явления связано с тем, что подпрессованный порошок лучше проводит тепло, и, как следствие, нагрев керамики происходит быстрее и равномернее. Значения прочности, плотности и трещиностойкости в данном случае получаются выше.

Определение плотности выявило близость значений изготовленных образцов керамики к теоретическим (максимальное значение: 96,8 % от теоретической плотности). По незначительному разбросу значений кажущейся плотности разных образцов можно сделать вывод о качественном смешении порошков в планетарной мельнице.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $K_\beta$ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ АЗОТИРОВАННЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ**

Чернышов Л.М.\*, Чукин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [black-lev@mail.ru](mailto:black-lev@mail.ru)

## **USING $K_\beta$ X-RAY RADIATION TO STUDY THE STRUCTURAL FEATURES OF SURFACE LAYERS OF NITROGED AUSTENITIC STEELS**

Chernyshov L.M.\*, Chukin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study structural and phase features of surface layers of nitrogen austenite steel using the  $K_\beta$  line of the characteristic X-ray emission spectrum. Two reflex systems for  $K_\alpha$  and  $K_\beta$  radiation appear on the diffraction pattern. We use these reflex systems to analyze the integral information got from various layers of material. The effective depth of the studied layer was controlled by changing the orientation of the sample surface and varying the radiation wavelength (using  $K_\alpha$  and  $K_\beta$  radiation).

Информацию об интегральных характеристиках объекта, его структурных особенностях можно получить с помощью рентгеновской дифракции. Как правило, в случае модифицированных слоев используют съемки с различной геометрией: с фокусировкой по Брэггу-Брентано, асимметричные съемки и съемки «скользящим пучком». Таким образом, меняя ориентацию образца относительно падающего пучка рентгеновского излучения, чтобы была возможность варьировать толщину отражающего слоя материала, можно получить информацию об эффективно отражающем слое материала.

Если кристаллическая структура материала имеет высокую симметрию, для изучения его модифицированных слоев может быть удобно, кроме изменения ориентации образца, использовать рентгеновское излучение разных длин волн, поскольку их проникающая способность различна и они дадут информацию о слоях, расположенных на разной глубине. Если для исследования модифицированных поверхностей использовать нефльтрованное излучение [1], на дифрактограмме возникнут системы рефлексов для  $K_\alpha$  и  $K_\beta$  излучения разной длины волны, при этом можно не менять материал анода рентгеновской трубки.

В данной работе мы используем нефльтрованное рентгеновское излучение для изучения структурных особенностей поверхностных слоев модифицированной аустенитной нержавеющей стали 12X18H10T в плазме, создаваемой пучком в азотно-аргоновой смеси низкого давления [2]. Основное внимание уделено прецизионному определению параметров кристаллической решетки фазы расширенного аустенита (S-фаза), при этом на определенных глубинах может возникать небольшое количество мелкодисперсной нитридной фазы  $\epsilon\text{-Fe}_{2-3}\text{N}$ .

В ходе исследований была экспериментально изучена зависимость глубины проникновения  $K_\beta$  излучения от линейного коэффициента поглощения рентгеновских лучей в аустенитной нержавеющей стали 12X18H10T, путем сопоставления дифрактограмм, полученных  $K_\beta$  излучением и «скользящим пучком». Результат имеет большую погрешность, требуя большего числа измерений для его уточнения. Перспективность последних подтверждает твердая теоретическая обоснованность полезного практического применения  $K_\beta$  излучения при изучении кристаллической структуры современных материалов.

1. Ю.П. Миронов, Л.Л. Мейснер, А.И. Лотков, Журнал технической физики **78**, 7 (2008).
2. Y. Sun, X.Y. Li, T. Bell, J. of Mat. Science **34**, 4793 (1999).

## THIN FILM BASED MAGNETOIMPEDANCE SENSOR FOR MAGNETIC NEEDLE POSITION IDENTIFICATION

Chlenova A.A.<sup>1\*</sup>, Timofeeva A.V.<sup>1</sup>, Lepalovskij V.N.<sup>1</sup>,  
Yang Zhen<sup>1</sup>, Kurlyandskaya G.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> University of the Basque Country UPV-EHU

\*E-mail: [anna.chlenova@urfu.ru](mailto:anna.chlenova@urfu.ru)

Magnetic field sensors are widely employed in non-destructive testing and bio-medical applications. One of the most sensitive methods for detection stray fields of magnetic objects is the giant magnetic impedance (GMI) effect [1-2]. GMI consists in a change of the total impedance ( $Z$ ) of a ferromagnetic conductor under application of an external magnetic field. The precise detection of magnetic objects in a human body is important for practical surgery. We therefore propose to develop thin film based GMI sensor for magnetic needle position identification.

$[\text{Cu}(3\text{nm})/\text{Fe}_{22}\text{Ni}_{78}(100\text{nm})]_5/\text{Cu}(500\text{nm})/[\text{Fe}_{22}\text{Ni}_{78}(100\text{nm})/\text{Cu}(3\text{nm})]_5$  multi-layers were prepared by magnetron sputtering deposition onto glass substrates. The structure was investigated by scanning electron microscopy and X-ray diffraction analysis. The saturation magnetization of films was measured using a vibration sample magnetometer, the coercive force and anisotropy field were obtained from hysteresis loops from a magneto-optical Kerr microscope. The GMI was measured by automatic system with Agilent HP e4991A impedance analyzer. The GMI ratio ( $\Delta Z/Z$ ) was calculated as follows:  $\Delta Z/Z = (Z(H_{\text{max}}) - Z(H))/Z(H_{\text{max}})$ .

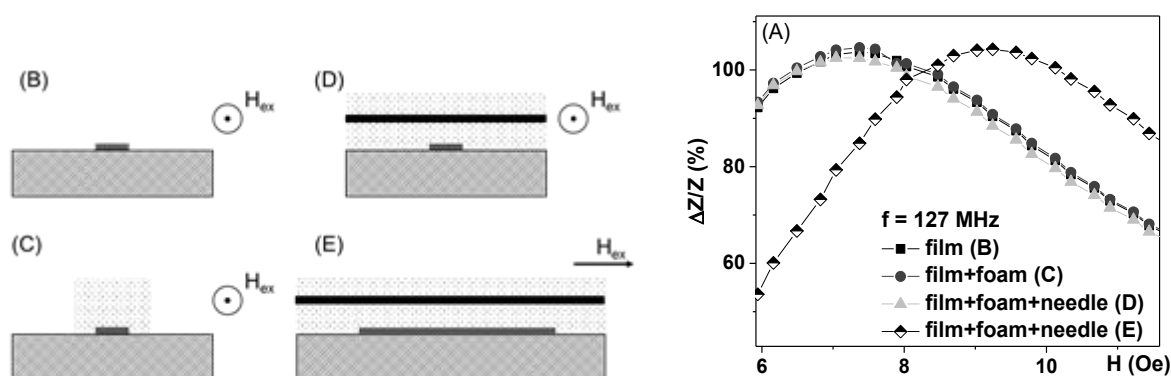


Fig. 1. (A) Field dependencies of magnetoimpedance ratio of total impedance for measurements without and with needle. Needle identification experiment: (B) thin film on substrate; (C) thin film with foam on it; (D) thin film with needle inside foam perpendicular of the long side of film; (E) thin film with needle inside foam parallel of the long side of film.

Figure 1 shows field dependencies of magnetoimpedance ratio of total impedance (A) and the scheme of the experiment (B-E). The presence of the foam did not change the magnitude of the magneto impedance ratio.  $\Delta Z/Z$  decreased by 2% in the field of

small fields with the steel needle in the foam at a distance of 0.5 cm from the multilayer element, perpendicular to the long side of the element (Fig. 1(D)). A significant change in the peak position of the magnetoimpedance ratio from 7.3 to 9.2 Oe was observed when the needle was placed parallel to the long side of the element (Fig. 1(E)). It was found that the multilayer element can be used to detect the position of the needle at a distance from the element. The dependence of the magnetoimpedance ratio of all components of the impedance on the position of the needle in foam rubber will be presented in the report.

*The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-32-00094.*

1. Kurlyandskaya G.V., de Cos D., Volchkov S.O., Russ. J. of NonDestr. Test., 45(6), 377-398 (2009).
2. Pompéia F., Gusmão, L.A.P. et. al, Measur. Sci. and Technol., 19(2), 025801 (2008).

### **ВЛИЯНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГРАНИЦ НА ТЕКСТУРУ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГЦК-МЕТАЛЛОВ С ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИЕЙ ДЕФЕКТА УПАКОВКИ**

Данилов С.В.\*, Резник П.Л., Зорина М.А., Лобанов М.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [s.v.danilov@bk.ru](mailto:s.v.danilov@bk.ru)

### **EFFECT OF SPECIAL BOUNDARIES ON RECRYSTALLIZATION TEXTURE OF FCC METALS WITH HIGH PACKING DEFECT ENERGY**

Danilov S.V.\*, Reznik P.L., Zorina M.A., Lobanov M.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The features of recrystallization texture are investigated by the method of orientation microscopy (EBSD) in rolled aluminum wire. Strict crystallogometric correlations between deformation orientations and recrystallization orientations are the result of the dominant role in structural transformations of special misorientations - the special boundaries, which is close to  $\Sigma 25b$  or  $\Sigma 45c$  in the CSL model.

Подавляющее большинство технологий производства функциональных изделий из металлических материалов включает стадии деформаций и отжига, в процессе которых, формируется определенная кристаллографическая текстура. Практический интерес к текстурам связан с тем, что их наличие приводит к анизотропии физических свойств, прочности и пластичности, а также склонности материала к разрушению [1]. Сформированная в материале на определенном перделе текстура, при последующих обработках (отжигах, деформациях), через

механизм наследственности [2], может оказать существенное влияние на ориентационно-зависимые свойства готового изделия.

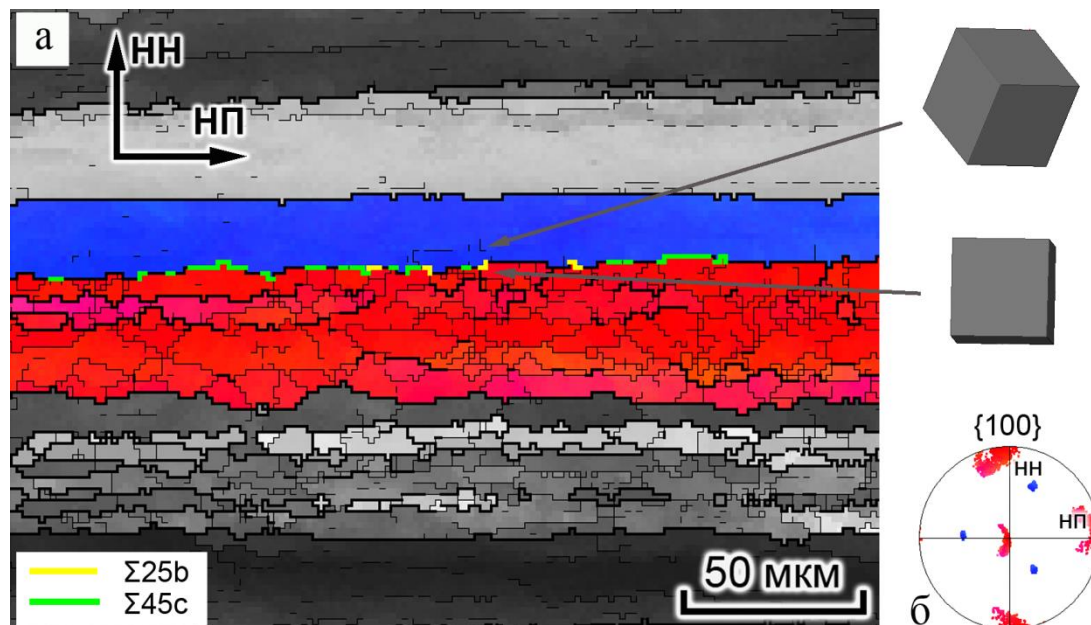


Рис. 1. Ориентационная карта (а) области, прокатанного Al с нанесёнными специальными границами и прямая полюсная фигура  $\{100\}$  (б) выделенной области

Структура и текстура проволоки из технически чистого алюминия были исследованы после прокатки с суммарной степенью деформации 90 % и отжигов при температурах 200 и 500 °С. Основным методом исследования – ориентационная микроскопия с использованием дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD) [3]. В результате деформации по всему сечению проволоки была сформирована структура, состоящая из вытянутых зерен, характеризующихся наличием сложной аксиальной текстуры, состоящей из двух компонент: слабой  $\langle 001 \rangle$  и сильной  $\langle 111 \rangle$ . При этом текстура локальных областей, содержащих обе аксиальные компоненты, практически всегда могла быть представлена как ограниченная (рис. 1), состоящая из двух ориентировок, несколько рассеянных поворотом вокруг направления прокатки:  $\{100\}\langle 001 \rangle$  и  $\{110\}\langle 111 \rangle$ , или  $\{110\}\langle 001 \rangle$  и  $\{112\}\langle 111 \rangle$ . В результате рекристаллизации была сформирована разнотельная структура, характеризующаяся бимодальным распределением размеров зерен. При рекристаллизации формировались и росли зерна с ориентировками, находящиеся на краях областей рассеяния одной из деформационных компонент, при этом составляющие с другой деформационной компонентой ориентацию, повернутую на угол  $53 \pm 1^\circ$  вокруг кристаллографической оси близкой к  $\langle 331 \rangle \dots \langle 221 \rangle$ . Формирование текстуры рекристаллизации было объяснено высокой подвижностью в металле с ГЦК-решеткой специальных границ близких к  $\Sigma 25b$  или  $\Sigma 45c$  в модели решетки совпадающих узлов, появлению которых предшествовало образование соответствующих специальных разориентаций между компонентами деформационной текстуры (рис. 1).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-79-00126.*

1. Wassermann G., Grewen J., Texturen metallischer Werkstoffe, Berlin, Springer-Verlag (1962).
2. Русаков Г.М., Лобанов М.Л., Редикульцев А.А., Беляевских А.С., Физика металлов и металловедение, №. 8 (115), 827–827 (2014).
3. Лобанов М.Л., Юровских А.С., Кардонина Н.И., Русаков Г.М., Методы исследования текстур в материалах: учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та (2014).

## **ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАРБОНИТРИДА КРЕМНИЯ**

Дмитриев А.С.<sup>1,2\*</sup>, Меньшаков А.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [menshakovandrey@mail.ru](mailto:menshakovandrey@mail.ru)

## **LOW-ENERGY ELECTRON BEAM APPLICATION FOR SiCN-BASED COATINGS DEPOSITION**

Dmitriev A.S.<sup>1,2\*</sup>, Menshakov A.I.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics UD RAS, Yekaterinburg, Russia

The method of low-temperature (200-500°C) deposition of SiCN-coatings by decomposition of hexamethyldisilazane (HMDS) in a wide (700 cm<sup>2</sup>) low-energy (200 eV) electron beam plasma has been investigated. Optimal grid parameters were determined to ensure uniformity of plasma cathode emission in the longitudinal and radial directions. The analysis of the composition of coatings by the method of IR-spectroscopy, and analysis of the composition of the plasma by optical emission spectroscopy. SiCN-based coatings with a thickness of 4–5 μm and hardness up to 8–10 GPa were obtained.

Покрyтия из карбонитрида кремния (SiCN), в зависимости от условий синтеза, могут обладать уникальными сочетаниями физико-химических свойств, таких как высокая твердость, стойкость к окислению, высокая теплопроводность, термостойкость (до 1500°C), химическая инертность и др. Среди современных методов получения SiCN-покрyтий перспективными являются методы плазмохимического осаждения из газовой фазы (PECVD) с применением кремнийорганических летучих соединений (КОС). В данной работе для плазмохимического разложения КОС и получения SiCN-покрyтий был применен источник широкого

низкоэнергетичного электронного пучка на основе разряда с самонкаливаемым полым катодом (СНПК) (Рис. 1) [1]. Выбор этого метода обусловлен тем, что ускоренные до энергии порядка 100-200 эВ электроны более эффективно, чем газовый разряд, обеспечивают возбуждение, ионизацию и диссоциацию молекул и атомов газовой среды, при этом для разложения КОС такой подход ранее не применялся. Важным достоинством такого источника является независимое управление током эмиссии и энергией электронов, давлением и составом газовой среды в рабочей камере в широких пределах, что обеспечивает гибкое управление параметрами генерируемой плазмы и свойствами получаемых покрытий.

Поскольку плазма в полном аноде неоднородна из-за малого диаметра СНПК, то для выравнивания плотности эмиссионного тока на сетчатой поверхности и обеспечения стабильной и эффективной работы плазменного катода на боковой и торцевой поверхностях были использованы сетки с различным размером ячеек (1,2x1,2 мм и 0,6x0,6 мм соответственно).

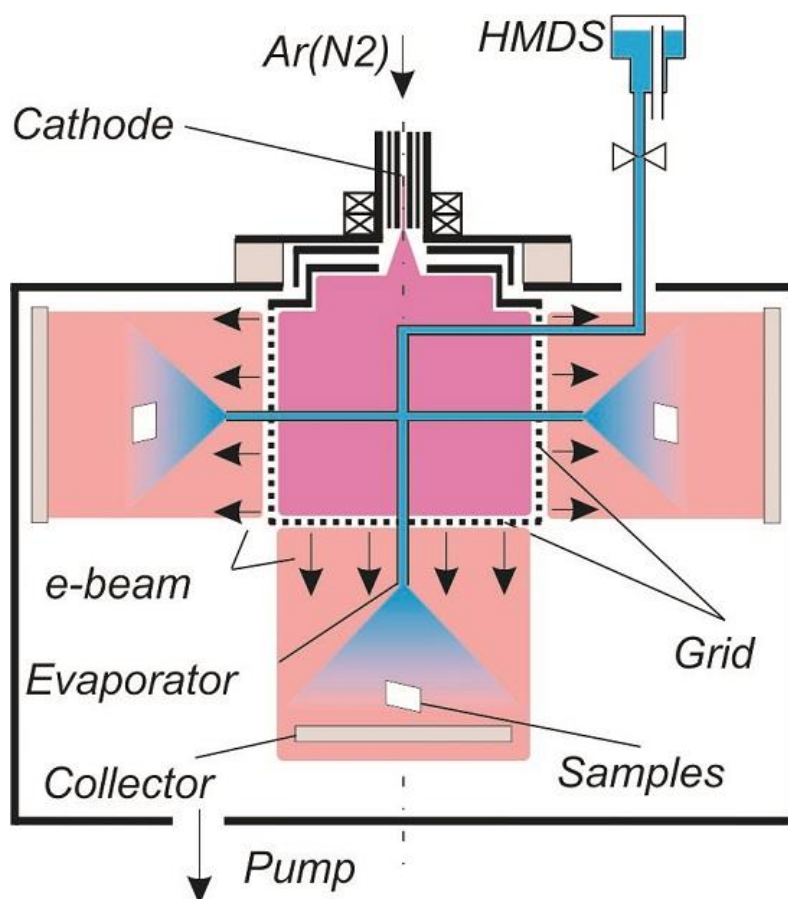


Рис. 1. Схема эксперимента.

Были определены условия стабильного функционирования плазменного катода в условиях осаждения диэлектрических покрытий на электроды разрядной системы, а также был исследован состав плазмы и показано, что степень разложения паров HMDS возрастает с током и энергией электронного пучка. На образцах из стекла и нержавеющей стали были получены покрытия с хорошей

адгезией толщиной до 4-5 мкм за 1 час и твердостью до 10 ГПа. Проведен анализ состава покрытий, который показал, что во всех спектрах присутствуют основные полосы поглощения системы SiCN(H).

1. Gavrilov N., Menshakov A., Instr. and Exp. Tech., 54(5), 732-739 (2011).

## **СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА С ВЫСОКОЙ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ГАЛЛИЯ**

Дорошева И.Б.<sup>1,2,3\*</sup>, Ремпель А.А.<sup>1,2,3</sup>, Печищева Н.В.<sup>2,3</sup>, Шуняев К.Ю.<sup>2,3</sup>

<sup>1)</sup> Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург

<sup>2)</sup> Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург

<sup>3)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.b.dorosheva@urfu.ru](mailto:i.b.dorosheva@urfu.ru)

## **SYNTHESIS OF NANOSIZED TITANIUM DIOXIDE WITH HIGH ADSORPTIVE ABILITY TO ADSORB GALLIUM IONS**

Dorosheva I.B.<sup>1,2,3\*</sup>, Rempel A.A.<sup>1,2,3</sup>, Pechishcheva N.V.<sup>2,3</sup>, Shunyaev K. Yu<sup>2,3</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Metallurgy, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) with high adsorptive ability to gallium ions was synthesized by sol-gel method at different values of pH = 1, 2, 4, 6, 8, and 10. The synthesized powders were different in the average size of the nanoparticles (from 10 to 50 nm), the specific surface area (from 100 to 136 m<sup>2</sup>/g) and the energy band gap (from 3.1 to 3.4 eV). The adsorption degree of Ga ions from aqueous solutions was determined to vary from 40 to even 90%.

Галлий и его соединения широко применяются в промышленности, однако этот редкий рассеянный элемент содержится в рудном сырье в низкой концентрации. Важным источником галлия являются растворы, образующиеся при обработке алюминиевых руд. Галлий может быть эффективно извлечен из водной среды с помощью сорбента - наноразмерного диоксида титана (TiO<sub>2</sub>). В связи с этим, цель работы состояла в подборе метода синтеза наноразмерного TiO<sub>2</sub>, обладающего высокой сорбционной способностью по отношению к галлию.

Для решения поставленной задачи наноразмерные порошки TiO<sub>2</sub> были синтезированы золь-гель методом при различном значении pH раствора – 1, 2, 4, 6, 8 и 10, соответственно. Исходными реагентами являлись Ti(C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>O)<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH и H<sub>2</sub>O. Сорбция ионов галлия из водных растворов с концентрацией Ga от 2 до 50 мг/л выполнена в среде NaNO<sub>3</sub> при pH=3, при массовом соотношении



сорбент/раствор 1:1250 под действием ультразвука с последующим центрифугированием при 8000 об/мин.

Выполнена аттестация синтезированных образцов  $\text{TiO}_2$  на автодифрактометре Shimadzu XRD-7000 (фазовый состав), гелиевом пикнометре Ассурус 1340 (плотность), анализаторе Gemini VII 2390 (удельная площадь поверхности), и спектрофотометре FS-5 (оптическое отражение). Рассчитаны размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) по формуле Вильямсона-Холла и ширина запрещенной зоны (ЗЗ) с использованием функции Кубелки-Мунка. Определение содержания ионов галлия в растворе выполнялось на оптическом эмиссионном спектрометре SpectroBlue с возбуждением спектра в индуктивно-связанной плазме.

Рассчитаны значения размера ОКР (10-50 нм), удельной площади поверхности (100-136  $\text{м}^2/\text{г}$ ) и ширины ЗЗ до и после отжига (3.1-3.4 эВ). Степень сорбции галлия из раствора составила от 40 до 90 %. Таким образом, показано, что синтез модифицированным в данной работе золь-гель методом позволяет получать наноразмерный диоксид титана с высокой удельной площадью поверхности и степенью сорбции галлия, достигающей высоких значений - вплоть до 90 %.

*Работа выполнена в рамках проекта Программы УрО РАН «Новые материалы и технологии» № 18-10-3-28.*

## РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ РАДИОЗАЩИТНЫХ СТЕКОЛ

Дяденко М.В.\*, Малявская В.А.

Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

\*E-mail: [dyadenko-mihail@mail.ru](mailto:dyadenko-mihail@mail.ru)

## DEVELOPMENT OF ELECTROMAGNETIC SHIELDING GLASS COMPOSITIONS

Dyadenko M.V.\*, Malyavskaya V.A.

Belorussian State Technological University, Republic of Belarus

Results of the development of electromagnetic shielding glass compositions and studying their electrophysical properties to reduce electromagnetic radiation are given in this work.

Экранирование электромагнитных полей является актуальной задачей защиты здоровья, информационной безопасности и электромагнитной экологии жилых помещений. Защита от электромагнитного излучения может быть достигнута путем использования радиоотражающих или радиопоглощающих материалов. В связи с этим приобретает актуальность проблема разработки качественно новых эффективных методов защиты от СВЧ-излучения. В настоящее время важную роль приобретают стекла с особым комплексом радиофизических характеристик, предназначенные для высокоэффективного поглощения либо отражения электромагнитных излучений.

Для синтеза такого типа стекол выбрана система  $R_2O-B_2O_3-SiO_2$  (где  $R_2O$  –  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $Li_2O$ ). Ее выбор обусловлен необходимостью введения в состав стекол значительного количества катионов щелочных металлов, которые являются подвижными вследствие того, что они однозарядные.

Синтез опытных стекол осуществлялся в фарфоровых тиглях в газовой пламенной печи периодического действия при температуре  $1450 \pm 20$  °С.

Радиофизические свойства опытных стекол оценивались волноводным методом. Величина показателя поглощения в СВЧ-области зависит от величины диэлектрических потерь, которые определяются главным образом его химическим составом и структурой. Влияние химического состава стекла на величину диэлектрических потерь подобно его влиянию на электропроводность: компоненты, увеличивающие электропроводность, вызывают рост диэлектрических потерь в стекле. Поэтому стекла, содержащие в своем составе оксиды щелочных металлов, характеризуются повышенными диэлектрическими потерями.

Показатель поглощения электромагнитной волны СВЧ-диапазона изменяется от 0,69 до 3,21 дБ. Выявлено, что рост данного показателя определяется соотношением  $R_2O/B_2O_3$ , от которого зависит степень полимеризации боркремнекислородного каркаса. Определено оптимальное соотношение оксидов-модификаторов

и оксидов-стеклообразователей в составе, что позволило получить стекла с максимальной величиной ослабления электромагнитного излучения СВЧ-диапазона.

Изучено также влияние химического состава стекол на тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg}\delta$ , который характеризует способность материала рассеивать энергию под воздействием на него электрического поля. Данный показатель изменяется от 0,1428 до 0,8233, величину которого определяет частота прилаемого электромагнитного поля. Так, ее изменение от 1,84 до 2,50 ГГц обуславливает рост  $\operatorname{tg}\delta$ , а дальнейшее увеличение частоты до 2,96 ГГц вызывает уменьшение исследуемого показателя.

По результатам проведенных исследований определен оптимальный состав стекла, который характеризуется показателем поглощения электромагнитного излучения в данном диапазоне: 1,857 ГГц – 9,466 дБ; 2,367 ГГц – 7,226 дБ; 2,947 ГГц – 7,376 дБ.

### СЛОЖНЫЕ ОКСИДЫ СОСТАВА $\text{YBa}_{1-z}\text{Sr}_z\text{FeCuO}_5$

Елохова А.А., Брюзгина А.В., Урусова А.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [elokhova.alena@yandex.ru](mailto:elokhova.alena@yandex.ru)

### COMPLEX OXIDES OF COMPOSITION $\text{YBa}_{1-z}\text{Sr}_z\text{FeCuO}_5$

Elokhova A.A., Bryuzgina A.V., Urusova A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The samples were prepared using a glycerol–nitrate technique. All samples for the structural examination were quenched from 1273 K (cooling rate about 500 K/h) in air. X-ray phase analysis showed a solid solution from 0 to 0.4. For single-phase porouski studied oxygen content.

Оксиды состава  $\text{YBa}_{1-z}\text{Sr}_z\text{FeCuO}_5$  были синтезированы по глицерин-нитратной технологии. Для определения фазового состава образцы исследованы методом рентгеновской порошковой дифракции.

Данные РФА показали, что твердый раствор образуется в пределах  $0 \leq z \leq 0.4$  с тетрагональной ячейкой (пр. гр. *P4mm*). Полученные результаты совпадают с литературными данными [1,2]. Результаты уточнения параметров элементарных ячеек представлены в таблице.

Параметры элементарных ячеек

Состав	$a, \text{Å}$	$c, \text{Å}$	$V, (\text{Å})^3$
$\text{YBaFeCuO}_{5-\delta}$	3.871(1)	7.662(1)	114.823(3)
$\text{YBa}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}\text{FeCuO}_{5-\delta}$	3.868(1)	7.663(1)	114.628(3)
$\text{YBa}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{FeCuO}_{5-\delta}$	3.866(1)	7.660(1)	114.464(4)
$\text{YBa}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{FeCuO}_{5-\delta}$	3.861(1)	7.657(1)	114.140(3)
$\text{YBa}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{FeCuO}_{5-\delta}$	3.858(1)	7.654(1)	113.970(3)
$\text{YBa}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{FeCuO}_{5-\delta}$	3.857(1)	7.656(1)	113.891(4)

Из таблицы видно, что при увеличении концентрации стронция параметры элементарных ячеек уменьшаются. Это объясняется тем, что радиус стронция меньше, чем у бария. ( $r(\text{Ba}^{2+}) = 1.43 \text{ Å}$ ,  $r(\text{Sr}^{2+}) = 1.27 \text{ Å}$ ) [3]

Кислородную нестехиометрию ( $\delta$ ) сложных оксидов),  $\text{YBa}_{1-z}\text{Sr}_z\text{FeCuO}_5$  ( $z = 0; 0.2; 0.3$ ) и изучали методом термогравиметрического анализа (ТГА) как функцию температуры (в интервале 298 – 1200 К) на воздухе.

1. Surender L., Sanjay K., Mukherjee K. et al., A letters journal exploring the frontiers of physics, V. 117, 67006-p1– 67006-p5 (2017) .
2. Dibyendu D., Nandy S., Maitra T. et al., Scientific reports, V. 8, P.2404–1-2404-9 (2018).
3. Shannon R.D. Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides, Acta Cryst (1976)

## ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА УСТАНОВКЕ УВНИПА-1-001

Ерофеев М.Е.\*, Райков Д.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [erofeevmark.e@gmail.com](mailto:erofeevmark.e@gmail.com)

## FEATURES OF THE SYNTHESIS OF CARBON COATINGS ON THE INSTALLATION UNIPA-1-001

Erofeev M.E.\*, Raikov D.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The basis of that installation has a technology of impulse ion-plasma assisted deposition coating by carbon. In this work will present the result of spectral researching of substrate with coat of Nanocarbon materials which has a different hybridization such as  $Sp^1$ ,  $Sp^2$ ,  $Sp^3$ , in wide range of wavelength.

Тонкие нанокуглеродные покрытия можно синтезировать различными методами, такими как, гальванический, лакокрасочный, ионно-плазменный и др. С точки зрения получения тонких углеродных пленок наиболее перспективным является ионно-плазменный метод. Он основан на технологии ионно-плазменного осаждения частиц (атомов, ионов, кластеров) на поверхности изделий в вакууме из плазмы, генерируемой различными способами. Вакуумно ионно-плазменный метод относится к области высоких технологий и находит самое широкое применение в современном производстве.

На сегодняшний день на кафедре Экспериментальной физики, Физико-технологического института в лаборатории «Углеродных технологий», ФТ-1576, введена в эксплуатацию модернизированная установка УВНИПА-1-001 предназначенная для нанесения покрытий на основе наноразмерного углерода в различных гибридизациях таких как  $Sp^1$ ,  $Sp^2$ ,  $Sp^3$ .

Подбор технологических режимов синтеза функциональных материалов с заданными характеристиками на основе наноразмерного углерода обеспечит ускоренный переход к новому поколению материалов и приборов в целом ряде областей, таких как фотоэлектрические преобразователи и сенсоры, микросистемная медицинская техника и биосовместимые имплантаты, альтернативная энергетика и др.

Существование линейно-цепочечного углерода открывает перспективу создания уникальных материалов на его основе. Это, прежде всего, одномерные полупроводниковые материалы, многие исключительно интересные свойства которых предсказаны теоретически и подтверждены экспериментально.

Режимы работы установки УВНИПА-1-001 позволяют получать покрытия толщиной от 25 нм и более. В качестве подложки используются материалы на

основе оксида кремния  $SiO_2$ , монокристаллического кремния  $Si$ , различных щелочно-галогенидных кристаллов  $NaCl$ ,  $KCl$  и других материалов.

Свойства полученных углеродных покрытий исследуются различными методами, в частности оптическими, комбинационным рассеянием света (КРС), рентгеновский фотоэлектронной спектроскопией (РФЭС) и др. Часть образцов исследуется на возможность бактериологической активности.

1. V. Babaev, M. Guseva, V. Khvostov, et al., Carbon material with highly ordered linear-chain structure, in: F. Cataldo (Ed.), POLYNYNES - Synthesis, Properties, Applications, CRC press, USA, 2005, pp. 219-252.
2. Ю.П. Кудрявцев, В.Г. Бабаев, М.Б. Гусева, и др. Карбин – третья аллотропная форма наноуглерода. Нанотехнологии: разработка, применение, № 1, т. 2, 2010 г. С. 37-52.

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИГАТУР Al-Zr

Филатов А.А.<sup>1,2\*</sup>, Суздальцев А.В.<sup>1</sup>, Зайков Ю.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [fill.romantic@yandex.ru](mailto:fill.romantic@yandex.ru)

## ENERGY-EFFICIENT METHOD OF OBTAINING Al-Zr MASTER-ALLOYS

Filatov A.A.<sup>1,2\*</sup>, Suzdaltsev A.V.<sup>2</sup>, Zaikov Yu. P.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of High Temperature Electrochemistry of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this paper, we studied the process of obtaining Al-Zr alloys during the electrolysis of fluoride melts. It was found that when aluminum was mixing in melts  $KF-AlF_3$  with additions of  $ZrO_2$  0.5 and 1.0 wt. % zirconium content in aluminium increases, while the replacement of  $KF$  by  $NaF$  reduces the extraction of zirconium.

Лигатуры Al-Zr используются для получения алюминиевых сплавов и композиционных материалов, широко востребованных в аэрокосмическом комплексе, машиностроении, автомобилестроении, энергетике, оборонной промышленности и других областях [1, 2]. Перспективным с технико-экономической точки зрения представляется получение лигатур Al-Zr с использованием в качестве источника циркония его оксида, который в больших количествах присутствует в природных ресурсах и техногенных отходах. В данной работе был изучен процесс получения лигатуры Al-Zr при электролизе расплавов  $KF-NaF-AlF_3-ZrO_2$ .

Перед электролизом расплавов  $\text{KF-NaF-AlF}_3\text{-ZrO}_2$  было оценено влияние ряда параметров алюминотермического синтеза на содержание циркония в лигатуре и его извлечение из оксида. Основные результаты приведены на Рис. 1. Из рисунка следует, что восстановление циркония из его оксида протекает за 60-120 мин, при этом перемешивание алюминия ожидаемо способствует увеличению извлечения циркония. Так при перемешивании алюминия в расплавах  $\text{KF-AlF}_3$  с добавками 0.5 и 1.0 мас. %  $\text{ZrO}_2$  содержание циркония достигло 0.31 и 0.62 мас. %, что соответствует извлечению 82-84 %. [3]

Дополнительно установлено что замена  $\text{KF}$  на  $\text{NaF}$  приводит к снижению содержания циркония в алюминии с 1.07 до 0.33 мас. % при прочих равных условиях, а извлечения с 96 до 30 %.

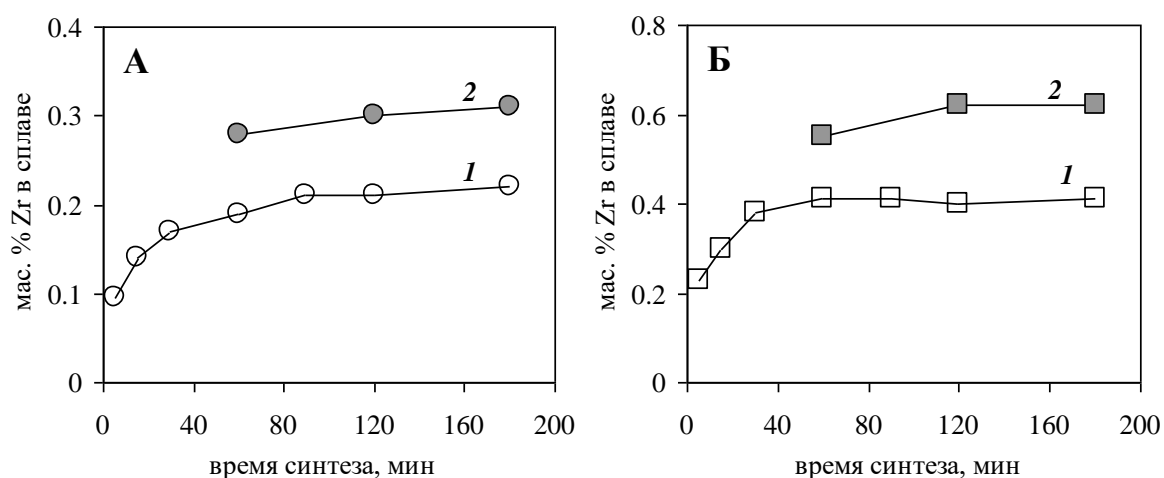


Рис. 1. Влияние времени синтеза в расплаве  $\text{KF-AlF}_3$  с добавкой 0.5 (А) и 1.0 (Б) мас. %  $\text{ZrO}_2$  при  $750^\circ\text{C}$  на содержание циркония в алюминии: **1** – без перемешивания алюминия, **2** – с перемешиванием алюминия.

1. Каблов Е.Н. Авиационные материалы и технологии, №1, с. 3. (2015).
2. Агафонов С.Н., Красиков С.А., Пономаренко А.А. Неорганические материалы, №8, с. 927, (2012).
3. Pershin P.S., Kataev A.A., Filatov A.A., Suzdaltsev A.V., Zaikov Yu.P. Metallurgical and Materials Transactions B, Vol. 48 p. 1962 -1969 (2017).

## СВОЙСТВА СПЛАВОВ Al-Zr ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Филатов А.А.<sup>1,2\*</sup>, Суздальцев А.В.<sup>1</sup>, Зайков Ю.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [fill.romantic@yandex.ru](mailto:fill.romantic@yandex.ru)

## PROPERTIES OF Al-Zr ALLOYS OBTAINED BY EXPERIMENTAL ELECTROLYTIC METHOD

Filatov A.A.<sup>1,2\*</sup>, Suzdaltsev A.V.<sup>2</sup>, Zaikov Yu. P.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of High Temperature Electrochemistry of Ural Branch  
of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this work, we studied the properties of Al-Zr alloys. It was established that the bulk of zirconium in the master alloy is represented by the Al<sub>3</sub>Zr intermetallic phases ranging in size from 5 to 50 μm. It was also found that the addition of zirconium to aluminum in the amount of 0.04 wt% significantly increases its microhardness.

В настоящее время лигатуры Al-Zr получают механическим смешением циркония с жидким или порошкообразным алюминием, а также алюминотермическим восстановлением солей циркония [1, 2]. Перспективным с технико-экономической точки зрения представляется получение лигатур Al-Zr методом электролиза оксидно-фторидных расплавов [1] с использованием в качестве сырья относительно недорогого оксида циркония. В связи с технической новизной разрабатываемого метода, вопрос о свойствах получаемых с его помощью сплавов и лигатур является актуальным. В данной работе были изучены свойства сплавов и лигатур полученных методом электролиза оксидно-фторидных расплавов.

На Рис. 1 представлена микрофотография шлифа лигатуры Al-Zr [3], из которой видно, что основная масса циркония в лигатуре представлена фазами интерметаллидов размером от 5 до 50 мкм. Согласно результатам рентгено-фазового анализа, этим соединением является Al<sub>3</sub>Zr. Аналогичные по структуре лигатуры Al-Zr с общим содержанием циркония до 15 мас. % были получены при варьировании условий электролиза и состава расплавов KF-NaF-AlF<sub>3</sub> [4].

Также было установлено что добавка циркония в алюминий в количестве 0,04 мас % увеличивает его микротвёрдость в участках свободных от интерметаллидов с 20 до 35 ед. по Виккерсу при нагрузках 0,05 - 0,1 НВ. При этом микротвёрдость самих интерметаллидных соединений может достигать 100 ед. при нагрузках 0,01-0,1 НВ.



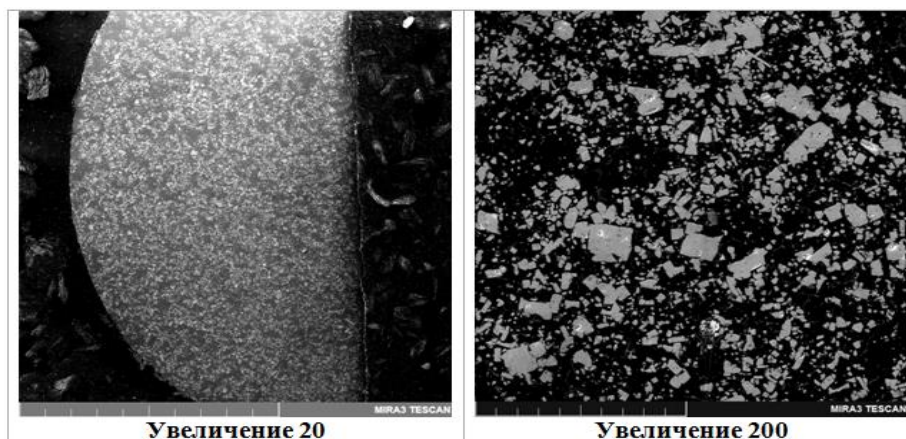


Рис. 1. Микрофотография шлифа лигатуры Al-Zr с содержанием Zr – 10.5 мас. %.

1. Напалков В.И., Махов С.В. Легирование и модифицирование алюминия и магния М: МИСиС, 375 с. (2002).
2. Огородов Д.В., Попов Д.А., Трапезников А.В. Труды ВИАМ, №11, с. 2. (2015).
3. Pershin P.S., Kataev A.A., Filatov A.A., Suzdaltsev A.V., Zaikov Yu.P. Metallurgical and Materials Transactions B, Vol. 48 p. 1962 -1969 (2017).
4. Першин П.С., Филатов А.А., Николаев А.Ю., Суздальцев А.В., Зайков Ю.П. Бу特勒вские сообщения, с. 110-116, Т.49, №2 (2017).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВОВ И УДЕЛЬНЫХ ЭНТАЛЬПИЙ ПЛАВЛЕНИЯ В СОЛЕВЫХ СИСТЕМАХ С УЧАСТИЕМ КАРБОНАТ-АНИОНА

Финогенов А.А.<sup>1\*</sup>, Фролов Е.И.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (Самарский университет) г. Самара, Россия

<sup>2)</sup> Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

\*E-mail: [Tonyfriman@yandex.ru](mailto:Tonyfriman@yandex.ru)

## DETERMINATION OF COMPOSITIONS AND SPECIFIC ENTALPIES OF MELTING IN SALT SYSTEMS WITH PARTICIPATION CARBONAT ANIONA

Finogenov A.A.<sup>1\*</sup>, Frolov E.I.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Samara State Technical University, Samara, Russia

In this article researched the properties of multi-component molten salt systems. For its research was used the differential thermal analysis method. The object of the study was three-component salt systems  $\text{LiBr-Li}_2\text{CO}_3\text{-Li}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaI-Na}_2\text{CO}_3\text{-Na}_2\text{SO}_4$ . After a series of experiments, it was possible to reveal the possibility of using systems as heat-accumulating compositions.

В работе рассмотрено исследование методом дифференциального термического анализа [1] двух трехкомпонентных систем содержащих неорганическую соль с карбонат-анионом, а именно:  $\text{LiBr-Li}_2\text{CO}_3\text{-Li}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaI-Na}_2\text{CO}_3\text{-Na}_2\text{SO}_4$ .

*Трехкомпонентная система  $\text{LiBr-Li}_2\text{CO}_3\text{-Li}_2\text{SO}_4$*  эвтектического типа. Система ранее не была исследована. Для поиска невариантного состава выбран и экспериментально исследован политермический разрез F [70% LiBr; 30%  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ] – Z [70% $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ; 30%  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ], находящийся в полях кристаллизации карбоната и сульфата лития на разных участках разреза, в котором найдена проекция невариантной точки (т.е. соотношение бромида и сульфата лития в тройной невариантной точке). И путем соединения этой точки с полюсом кристаллизации ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) в этой системе образован невариантный разрез, результатом исследования которого, является определение состава невариантной точки и температура (429 °С) плавления. Удельная энтальпия плавления определенного состава системы, экспериментально найдена и рассчитана с использованием метода сравнения с известным значением удельной энтальпией плавления (86 кДж/кг) эталонного вещества (  $\text{PbCl}_2$ , плавящегося при температуре 494 °С– выбранного, исходя из близости по температуре плавления и классу вещества). Её значение по результатам трёх измерений равно 97 кДж/кг.

*Трехкомпонентная система  $\text{NaI-Na}_2\text{CO}_3\text{-Na}_2\text{SO}_4$* . Ликвидус системы представлен непрерывным рядом твёрдым раствором (НРТР) с минимумом. Система ранее не была исследована. Выбран и экспериментально исследован политермический разрез F [80% NaI; 20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ] – P [80%NaI; 20%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ], находящийся в поле кристаллизации иодида натрия с частичным заходом в область твердых растворов на основе сульфата и карбоната натрия, в котором найдена проекция на минимум. Путем соединения этой точки с полюсом основной кристаллизации (NaI) в этой системе образован невариантный разрез, результатом исследования которого, является определение состава тройного минимума и его температура (578 °С) плавления. Удельная энтальпия плавления тройного минимума, определенная аналогичным методом, описанным выше, значение составило 192 кДж/кг.

1. Егунов В.П., Гаркушин И.К., Фролов Е.И., Мощенский Ю.В. Термический анализ и калориметрия: уч. пособ. // Самара: Самарский гос. технический ун-т, 2013. – 457 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОПОРОШКОВ ФТОРИДОВ ПРИ ПОМОЩИ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО CO<sub>2</sub>-ЛАЗЕРА

Фролов В.К.<sup>1</sup>, Тихонов Е.В.<sup>2</sup>, Платонов В.В.<sup>2</sup>, Метелев Д.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет им. Первого президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) ИЭФ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [frolovvikk@gmail.com](mailto:frolovvikk@gmail.com)

## THE SYNTHESIS OF FLUORIDE NANOPOWDERS WITH THE HELP OF PULSE-PERIODIC CO<sub>2</sub>-LASER

Frolov V.K.<sup>1</sup>, Tikhonov E.V.<sup>2</sup>, Platonov V.V.<sup>2</sup>, Metelev D.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) IEP UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The results of the investigation of synthesis of fluoride nanopowders by radiation of CO<sub>2</sub> - laser are reported. The main characteristics of the obtained nanopowders are given.

Метод лазерной абляции сегодня активно используется для синтеза нанопорошков диэлектриков, нужных для создания лазерных активных сред и сцинтилляторов. В ИЭФ УрО РАН нанопорошки получают при помощи импульсно-периодического CO<sub>2</sub>-лазера ( $\lambda=10,6$  мкм) и волоконных лазеров ( $\lambda=1,07$  мкм). В [1] сообщалось об испарении материалов, имеющих высокую прозрачность на  $\lambda=1,07$  мкм (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub> и др.), но непрозрачных для CO<sub>2</sub>-лазера. Однако большой практический интерес представляет и испарение материалов, прозрачных в дальней инфракрасной области, таких как BaF<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub> и YbF<sub>3</sub>. Актуальность их получения обусловлена использованием в качестве сырья для изготовления инфракрасной оптики. С другой стороны, все они широко используются в качестве сцинтилляторов для различных приложений.

В докладе приводятся результаты синтеза нанопорошков BaF<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub> и YbF<sub>3</sub> при помощи импульсно-периодического CO<sub>2</sub>-лазера. Лазер генерировал импульсы излучения с частотой 500 Гц длительностью ~330 мкс и средней мощностью 490 Вт. Поскольку все нелетучие фториды при температурах свыше ~600 °С склонны к пиролизу с парами воды с образованием HF и соответствующего оксида, испарение всех трёх фторидов проводилось в инертной среде Ar (BaF<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>, YbF<sub>3</sub>), либо He (YbF<sub>3</sub>). Полученные нанопорошки слабоагломерированы и имеют форму, близкую к сферической. Распределения наночастиц по размерам имеют логнормальный вид, а их среднеарифметические размеры составляют 39 нм и 30 нм для CaF<sub>2</sub> и YbF<sub>3</sub>, соответственно. Результаты РФА показали, что в случае CaF<sub>2</sub> 96% масс. синтезированного нанопорошка имеют фазу флюорита, остальная часть – тетрагональную фазу. Нанопорошок YbF<sub>3</sub>, синтезированный в He после прокалки в Ar при T=450°C имел 100% масс. орторомбической фазы. Производительность получения нанопорошков фторидов составила 0,7 г/час,

12 г/час и 14,8 г/час для  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{YbF}_3$  и  $\text{CaF}_2$ , соответственно. Причина низкой производительности для  $\text{BaF}_2$  может заключаться в его высокой прозрачности на 10,6 мкм (~95%) и низком коэффициенте преломления  $n$  (1,39). Это приводит к слабому рассеянию излучения  $\text{CO}_2$ -лазера прозрачными частицами, и излучение уходит вглубь мишени. Таким образом, поглощение излучения приобретает не поверхностный, а объёмный характер.  $\text{YbF}_3$  обладает большим  $n$ , что приводит к более сильному рассеиванию, а соответственно, более высокой производительности. Флюорит, несмотря на самый низкий  $n$  (1,34), обладает наиболее высоким из данных трёх материалов показателем поглощения ( $7,2 \text{ см}^{-1}$ ), что позволяет ему достаточно хорошо испаряться излучением  $\text{CO}_2$ -лазера.

1. V.V. Osipov, V.V. Lisenkov, V.V. Platonov, E.V. Tikhonov / Processes of interaction of laser radiation with porous transparent materials during their ablation // Quantum Electronics, 2018, V.48, issue 3, pp. 235 –243

## **КОРРОЗИЯ СПЛАВОВ ТИПА 625 В ХЛОРАЛЮМИНАТНЫХ РАСПЛАВАХ**

Габдрахманова Д.Р.\*, Карпов В.В., Абрамов А.В., Шак А.В., Половов И.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [diana-1-5-96@yandex.ru](mailto:diana-1-5-96@yandex.ru)

## **CORROSION OF TYPE 625 ALLOYS IN CHLOROALUMINATE MELTS**

Gabdrakhmanova D.R.\*, Karpov V.V., Abramov A.V., Shak A.V., Polovov I.B

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Corrosion properties of type 625 alloys (Inconel 625 and Nicrofer 6020) in  $\text{KCl}-\text{AlCl}_3$  melts were investigated in a wide range of temperatures and various exposure time intervals using gravimetric tests and energy-dispersive X-ray spectroscopy of corroded samples surface. It was shown that corrosion processes have electrochemical nature and the increase of temperature up to 650 °C leads to change of corrosion mechanism from gradual etching towards intergranular corrosion. It was demonstrated that intergranular destruction is associated with formation of secondary phases at the grain boundaries of alloys. “Time-temperature-precipitation” diagram was constructed to predict the possible conditions of type 625 alloys application. It was found that Inconel 625 and Nicrofer 6020 alloys can be used in contact with chloroaluminate melts at temperatures less than 600 °C.

Невысокие температуры плавления и низкая стоимость исходных веществ бинарных смесей  $\text{KCl}-\text{AlCl}_3$  обуславливают привлекательность использования хлоралюминатных расплавов для получения и рафинирования ряда переходных металлов, таких как никель, хром, ниобий, молибден и т.д. Также низкоплавкие

хлоралюминатные электролиты представляют интерес для использования в качестве теплоносителя второго контура жидкосолевых ядерно-энергетических установок. Однако внедрению новых электрохимических и ядерных технологий препятствует отсутствие конструкционных материалов, обладающих высокой коррозионной стойкостью в данных средах.

В настоящей работе гравиметрическим методом исследованы коррозионные свойства сплавов типа 625 (Inconel 625 и Nicrofer 6020). Данные материалы представляют собой жаропрочные и коррозионностойкие сплавы системы «никель-хром-молибден-железо».

Коррозионные тесты в расплаве  $KCl-AlCl_3$  с мольным отношением  $Al:K=1.1$  осуществляли в течение 6, 30, 100 часов при температурах 450, 550 и 650 °С. Показано, что увеличение времени выдержки при одной и той же температуре приводит к уменьшению скорости коррозии, что связано с возникновением диффузионных затруднений, связанных с отводом продуктов коррозии, по мере увеличения времени контакта материала с электролитом. Увеличение температуры с 450 °С до 650 °С приводит к существенному росту скоростей коррозии. Отличия в скоростях коррозии между сплавами-аналогами не существенны.

На основании анализа поверхности прокорродировавших образцов методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии установлено, что она обеднена по наиболее электроотрицательным элементам – хрому и железу. Это указывает на электрохимический характер коррозионных процессов.

Показано, что увеличение температуры до 650 °С приводит к смене характера коррозионного разрушения материалов со сплошного на межкристаллитный. Продемонстрировано, что наиболее нежелательные процессы межкристаллитной коррозии связаны с формированием по границам зерен вторых фаз.

С целью прогнозной оценки ресурса материала построена диаграмма «время-температура-приципитация» в интервале температур от 550 до 1000 °С и максимальной продолжительностью старения до 1000 ч. Установлено, что никелевые сплавы Inconel и 625 Nicrofer 6020 могут быть применены в качестве конструкционных материалов, находящихся в контакте с хлоралюминатными расплавами при температурах не выше, чем 600 °С.

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ



Галайда А.П.\*, Дягилева А.И., Волкова Н.Е., Гаврилова Л.Я., Черепанов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anastasia.galaida@urfu.ru](mailto:anastasia.galaida@urfu.ru)

## CRYSTAL STRUCTURE AND PROPERTIES

OF  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{4-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.7$ ) COMPLEX OXIDES

Galayda A.P., Dyagileva A.I., Volkova N.E., Gavrilova L.Ya., Cherepanov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

$\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{4-\delta}$  oxides with the  $\text{K}_2\text{NiF}_4$ -type structure have been prepared using a glycerin-nitrate technique at  $1100^\circ\text{C}$  in air. The XRD patterns of  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{4-\delta}$  and  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.3}\text{Co}_{0.7}\text{O}_{4-\delta}$  were refined by the Rietveld method within an orthorhombic (space group  $Bmab$ ) and tetragonal (space group  $I4/mmm$ ) structures respectively. The variations of electrical conductivity, for  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{4-\delta}$  ( $x=0.3, 0.7$ ) versus temperature were measured in air.

Интерес к сложным оксидам с перовскитоподобной структурой как потенциальным материалам катодов топливных элементов обусловлен широкими возможностями целенаправленного получения соединений путём допирования атомами различных элементов. Основное внимание уделяется оксидам на основе редкоземельных элементов и  $3d$ -металлов, поэтому целью настоящей работы является изучение структуры и физико-химических свойств сложных оксидов  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{4-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.7$ ).

Образцы для исследования были приготовлены по глицерин-нитратной технологии с финальным отжигом при температуре  $1100^\circ\text{C}$  на воздухе. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически.

По данным РФА установлено, что твёрдые растворы  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{4-\delta}$  образуются непрерывно в границах  $0 \leq x \leq 0.7$ . Рентгенограммы образцов с содержанием кобальта от 0.0 до 0.6 описываются в рамках орторомбической ячейки (пр. гр.  $Bmab$ ), в то время как сложный оксид  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.3}\text{Co}_{0.7}\text{O}_{4-\delta}$  имеет тетрагональную структуру (пр.гр.  $I4/mmm$ ).

Проводимость керамических материалов  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{4-\delta}$  и  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.3}\text{Co}_{0.7}\text{O}_{4-\delta}$  была исследована четырёхконтактным методом в интервале температур  $25-110^\circ\text{C}$  на воздухе. На рисунке 1 показано, что, в сравнении с ранее изученным кобальтитом самария-кальция  $\text{SmCaCoO}_{4-\delta}$  [1], общая электропроводность образцов  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{4-\delta}$  ( $x=0.3, 0.7$ ) снижается с увеличением концентрации железа. Исследования коэффициента термо-ЭДС образцов показали, что соединения  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{4-\delta}$  и  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.3}\text{Co}_{0.7}\text{O}_{4-\delta}$  обладают преимущественно дырочным типом проводимости.

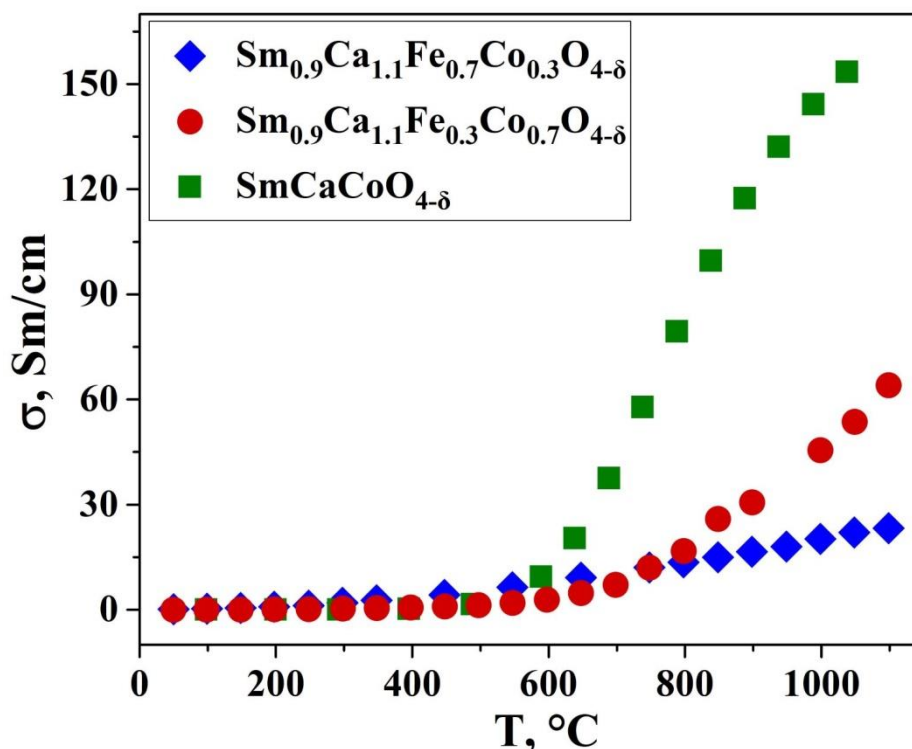


Рис. 1. Зависимости общей электропроводности  $\sigma$  от температуры для сложных оксидов  $\text{SmCaCoO}_{4-\delta}$ ,  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{4-\delta}$  и  $\text{Sm}_{0.9}\text{Ca}_{1.1}\text{Fe}_{0.3}\text{Co}_{0.7}\text{O}_{4-\delta}$

- Galayda A. P., Volkova N. E. [et al.], J. Alloys Compd., 718, 288–297 (2017)

## ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ГАЛОГЕНЗАМЕЩЕННЫХ КИСЛОРОДДЕФИЦИТНЫХ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ , $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11}$ И $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_2\text{O}_{11}$

Галишева А.О.\* , Тарасова Н.А., Анимица И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [jelya95@gmail.com](mailto:jelya95@gmail.com)

## CHEMICAL STABILITY OF HALOGEN-SUBSTITUTED OXYGEN- DEFICIENT COMPLEX OXIDES BASED ON $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ , $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11}$ AND $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_2\text{O}_{11}$

Galisheva A.O.\* , Tarasova N.A., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Improving the physico-chemical properties of complex oxides is one of the main tasks of modern materials science. Anion doping is one of the promising methods of modification. In the present study, a synthesis of novel halogen-substituted compounds with a perovskite structure was performed. The effect of halogen-dopant on chemical stability was established.

Развитие отрасли водородной энергетики, в частности, топливных элементов, способных работать в области температур 500–700°C, требует разработки материалов, характеризующихся высокой проводимостью и устойчивостью к парам воды и углекислому газу. Наиболее изученными в данной области являются материалы на основе цератов и цирконатов щелочноземельных металлов. Так, церат бария  $\text{BaCeO}_3$  показывает достаточно высокие значения электропроводности, но при этом деградирует в атмосфере  $\text{CO}_2$ .

Для оптимизации свойств материалов часто используют методы допирования. Наиболее распространенным является допирование катионной подрешетки. Однако, существует другой метод улучшения физико-химических свойств – анионное допирование, то есть замещение ионов  $\text{O}^{2-}$  на ионы иного радиуса или валентности.

В рамках настоящего исследования методом твердофазного синтеза получены галогензамещенные составы на основе  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11}$  и  $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_2\text{O}_{11}$ , проведена их рентгенографическая аттестация. Выполнено исследование химической устойчивости полученных галогензамещенных сложных оксидов к парам воды и углекислому газу. Установлено, что F<sup>-</sup> - и Cl<sup>-</sup>-содержащие образцы являются более химически устойчивыми по сравнению с недопированными составами, что позволяет сделать вывод о том, что введение фторид- и хлорид-ионов в анионную подрешетку способствует увеличению химической устойчивости кислороддефицитных сложных оксидов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-73-00006)*

## **ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ И ПРОТОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ $\text{BaLa}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{InO}_{3.95}$**

Галищева А.О.\*, Тарасова Н.А., Анимитца И.Е., Корона Д.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [jelya95@gmail.com](mailto:jelya95@gmail.com)

## **HYDRATION PROCESSES AND PROTON CONDUCTIVITY OF $\text{BaLa}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{InO}_{3.95}$**

Galisheva A.O.\*, Tarasova N.A., Animitsa I.E., Korona D.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The new complex oxide  $\text{BaLa}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{InO}_{3.95}$  was synthesized by the solid state method. The crystalline structure has been investigated by the powder X-ray diffraction. The studied phases were found to be able to incorporate water from the gas phase. The conductivity was measured at T and  $\text{pH}_2\text{O}$  variation.



Перспективными ионными проводниками для среднетемпературных топливных элементов являются протонные электролиты на основе сложных оксидов. Наиболее изученными протонными проводниками являются сложные оксиды со структурой перовскита или производной от нее. Однако, в последние годы появились исследования, посвященные новому классу кислородно-ионных проводников со структурой Раддлесдена-Поппера на основе  $\text{BaNdInO}_4$ . Структура  $\text{BaNdInO}_4$  представлена двумя чередующимися слоями: 1) перовскитоподобный слой, образованный соединенными вершинами октаэдрами  $[\text{InO}_6]$  и атомами Ba, расположенными в пустотах между октаэдрами; 2) слой, образованный атомами Nd, расположенными также как в оксиде  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (в отличие от слоистой структуры типа  $\text{K}_2\text{NiF}_4$ , где второй слоеподобный слой KF). Также было показано, что акцепторное допирование  $\text{BaNdInO}_4$  приводит к увеличению общей проводимости на порядок. В тоже время наличие кислородной разупорядоченности в данных фазах может также создавать предпосылки реализации протонной проводимости в атмосферах с повышенной влажностью. Наличие солевого блока в данных фазах обеспечивает возможность больших концентраций протонных носителей, а вакансионно разупорядоченная матрица перовскитного блока – быстрый ионный транспорт. Таким образом, новый класс протонных проводников со структурой Раддлесдена-Поппера на основе  $\text{BaMInO}_4$  перспективным для создания с его использованием новых высокоэффективных протонпроводящих электролитов.

В настоящей работе впервые получен сложный оксид  $\text{BaLa}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{InO}_{3.95}$ , исследованы его структура и транспортные свойства, доказана его способность к гидратации и проявлению протонного переноса.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (проект МК-24.2019.3)*

**КРИТИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ДИАГРАММ «ВРЕМЯ – ТЕМПЕРАТУРА – ФАЗОВАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ» И «ВРЕМЯ – ТЕМПЕРАТУРА – СЕНСИБИЛИЗАЦИЯ» ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ**

Гамбург А.С.\*, Гибадуллина А.Ф., Половов И.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [agamburg@list.ru](mailto:agamburg@list.ru)

**EVALUATIVE COMPARISON OF “TIME – TEMPERATURE - PRECIPITATION” AND “TIME – TEMPERATURE - SENSITIZATION” DIAGRAMS FOR APPLICATION OF NICKEL-BASED ALLOYS**

Gamburg A.S.\*, Gibadullina A.F., Polovov I.B.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Evaluative comparison of “time – temperature – precipitation” and “time – temperature – sensitization” for nickel-based alloy VDM ® Alloy C-4 was performed. It was shown that the obtained results for both types of diagrams correlate quite well, but the TTP-diagram provides more reliable and valuable results.

Однофазная структура коррозионностойких сплавов на основе никеля играет критическую роль в процессе их эксплуатации, поскольку выделение вторых фаз может негативно сказаться на коррозионных и механических свойствах материалов. Отследить изменения объемной доли избыточных фаз в различных температурно-временных диапазонах, а также оценить их влияние на свойства материалов становится возможным с помощью диаграмм «температура – время – фазовая стабильность» и «температура – время – сенсibilизация» (TTP- и TTS-диаграмма, соответственно).

Исследования, представленные в настоящем исследовании, проведены на примере сплава VDM ® Alloy C-4. Данный материал относится к группе коррозионностойких сплавов на основе системы «Ni-Cr-Mo» и отличается повышенной фазовой стабильностью при температурах до 600 °С. Структура данного материала в состоянии поставки представляет собой твёрдый раствор на основе никеля. В ходе термического воздействия в метастабильном ГЦК-твердом растворе протекают фазовые превращения, следствием чего является формирование интерметаллидных фаз на границах зерен, что обуславливает последующие процессы межкристаллитной коррозии (МКК). Для оценки склонности материалов к МКК осуществляют косвенные коррозионные испытания образцов в состоянии поставки согласно стандарту ASTM G-28A.

В настоящей работе проведено сравнение металлографического метода определения вторых фаз (построение TTP-диаграмм) и косвенного воздействия провоцирующих испытаний согласно ASTM G-28A (TTS- диаграмма). TTP-диаграмма была построена в температурном диапазоне 550..1050 °С при

выдержке от 0,5 до 4000 ч. Построение TTS-диаграммы осуществляли после проведения испытаний на склонность к межкристаллитному разрушению по стандарту ASTM G-28A на образцах с различным количеством вторичных фаз, составленных в различных условиях. Полученные результаты свидетельствуют об удовлетворительной сходимости обоих методов, однако металлографический метод (построение ТТР-диаграмм) позволяет обеспечить более надежную фиксацию вторых фаз и предсказать склонность материала к процессам МКК.

## СИНТЕЗ ПРОТЯЖЁННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ АЛЮМО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА

Лукьяшин К.Е.<sup>1\*</sup>, Гаврин В.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kostya@iep.uran.ru](mailto:kostya@iep.uran.ru)

## SYNTHESIS OF LONG LENGTH CERAMICAL MATERIALS BASED ON YTTRIUM ALUMINUM GARNET (YAG)

Lukyashin K.E.<sup>1\*</sup>, Gavrin V.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Electrophysics UD RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Transparent long length ( $h = 8$  mm) pure YAG and 0.5 at. % Ce:YAG ceramics were fabricated by solid-state reactive sintering using the 10-15 nm nanopowders. It was demonstrated that using of the sintering aids (0.1 mass % of MgO or/and 0.14 mass % SiO<sub>2</sub>) leads to decrease transparency. Owing to the correction of YAG stoichiometry we succeeded to overcome size limit.

С конца прошлого века внимание исследователей всего мира привлёк относительно новый материал — прозрачная керамика, представляющий из себя поликристалл. Он привлёк к себе внимание, т. к. обладал рядом преимуществ по сравнению с монокристаллами: более низкие температуры синтеза, меньшее время изготовления, более высокие механические характеристики, возможность допировать большую концентрацию активных центров и возможность синтеза уникальных материалов, которых нет в природе.

Однако, у керамик всё же оказались недостатки, ограничения по размерам, в частности по толщине. Чаще всего исследователям не удаётся синтезировать протяжённые прозрачные керамики (толщина порядка 5 мм). И данные ограничения приводят к серьёзным ограничениям в применении керамик в промышленности. В нашей работе предпринята попытка преодолеть данное ограничение и разобраться в причинах этого ограничения.

Методом твердофазных реакций из нанопорошков размером 10-15 нм, полученных методом лазерной абляции, синтезирована протяжённая (толщина 8 мм) YAG керамика без допантов и допированная ионами церия с концентрацией 0.5 ат. % (рис.1). Ce:YAG это среда для твердотельных сцинтилляторов. Керамика синтезировалась в вакууме при температурах 1700-1780 °С в течении 20 часов с использованием и без использования каких-либо спекающих добавок и без использования сложного и дорогого горячего изостатического прессования.

Для ускорения физико-химических процессов в керамике обычно используют различные спекающие добавки. Отказаться от спекающих добавок удалось благодаря корректировке стехиометрии YAG. Наши исследования показали, что использование спекающих добавок (0.1 вес. % MgO и/или 0.14 вес. % SiO<sub>2</sub>) приводит к ухудшению оптических характеристик. В протяжённых образцах с использованием спекающих добавок зафиксировано наличие внутри скопление пор и наличие 2,54 % второй фазы в виде YAM, чего не наблюдается в тонких образцах (толщина 2 мм) того же состава. Образоваться такая фаза могла только при сильном дефиците оксида алюминия. Коэффициент поглощения на длине волны 550 нм у протяжённого прозрачного образца 0.5 % Ce:YAG (без спекающих добавок) составляет 0.31 см<sup>-1</sup>, что позволяет уже сейчас использовать синтезируемую нами Ce:YAG керамику, например, в промышленных приборах по регистрации ионизирующего излучения.

Таким образом, благодаря корректировке стехиометрии YAG удалось преодолеть ограничение по размерам для керамик, синтезирована протяжённая керамика приемлемого качества (толщина 8 мм). Кроме того, исследования показали, что физика спекания для тонких (порядка 2 мм) и протяжённых образцов (порядка 8 мм) керамик отлична.

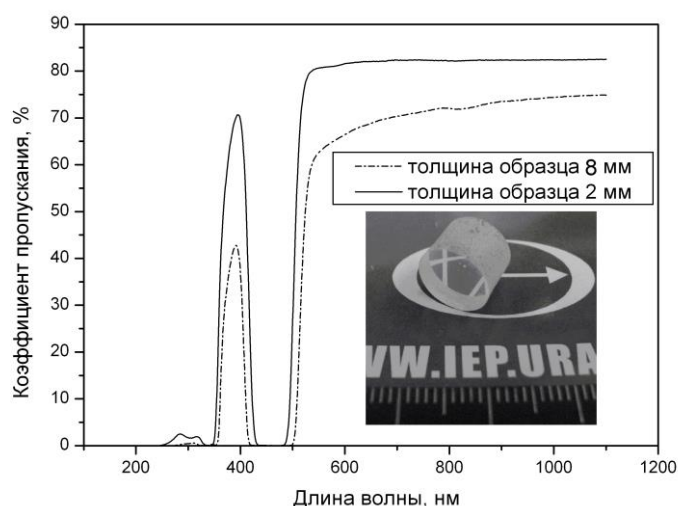


Рис.1. Спектры оптического пропускания Ce:YAG керамик различной толщины. На вставке фото протяжённого образца керамики.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ И КИНЕТИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ «НИКЕЛЬ – ХРОМ - МОЛИБДЕН»

Гибадуллина А.Ф. \*, Половов И.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [gibadullina.a@gmail.com](mailto:gibadullina.a@gmail.com)

## MODELLING OF THE THERMODYNAMIC AND KINETIC STABILITY OF ALLOYS BASED ON “NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM” SYSTEM

Gibadullina A.F. \*, Polovov I.B.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. Thermodynamic and kinetic stability of “Ni-Cr-Mo” system alloys was studied using new Thermo-calc Software AB (Thermo-calc 2019b, TCNi9 and MOBNI5 databases). The optimum Ni:Cr:Mo composition is determined in terms of phase stability at high temperatures. The influence of carbon and different alloying elements on the phase composition of existing and prospective nickel-based alloys was investigated.

Сплавы на основе никеля представляют собой один из важнейших конструкционных материалов по причине широко применения в различных областях техники. Одним из важнейших подклассов никелевых сплавов являются коррозионно-стойкие материалы на основе системы Ni-Cr-Mo, которые обычно поставляются закаленными на гамма-твердый раствор на основе никеля. С позиции их эксплуатации представляет интерес определение параметров структуры, отличающейся повышенной термодинамической и кинетической стабильностью.

В настоящей работе термодинамическое моделирование проводилось с целью выбора оптимального состава сплава при помощи программного комплекса фирмы Thermo-calc Software AB (Thermo-calc 2019b), позволяющего не только описывать фазовые диаграммы, но и предсказывать стабильные фазы и их термодинамические свойства в тех областях диаграмм, где отсутствует достоверная экспериментальная информация. При анализе фазовой и кинетической стабильности использованы новые базы данных по термодинамическим свойствам TCNi9 и кинетической мобильности MOBNI5.

Из анализа диаграммы состояния Ni-Cr-Mo в диапазоне температур 500–1000 °C следует, что стабильная однофазная структура, представляющая собой  $\gamma$ -фазу – твердый раствор на основе никеля с ГЦК-решеткой, возможна лишь при низких концентрациях хрома и молибдена. При анализе влияния углерода отмечено, что уменьшение концентрации благоприятно сказывается на стабильности матрицы, однако понижение температуры усложняет фазовую структуру материала, как с позиции интерметаллических соединений, так и возможности выпадения карбидных фаз. Это обусловлено метастабильной структурой гамма-твердого раствора в системе Ni-Cr-Mo-C, и следовательно обуславливает

необходимость для аустенизации материала проведение термической обработки при температурах 1100 °С или выше.

В специальной серии процедур моделирования проанализировано влияние типичных легирующих элементов на термодинамическую и кинетическую стабильность сплавов на основе системы Ni-Cr-Mo с различным содержанием углерода.

## **ВЛИЯНИЕ ЦИРКОНИЯ И ТИТАНА НА РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЮ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Al-Cu**

Котенков П.В.<sup>1,2\*</sup>, Попова Э.А.<sup>1</sup>, Гилев И.О.<sup>1</sup>, Концевой Ю.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [p.kotenkoff@yandex.ru](mailto:p.kotenkoff@yandex.ru)

## **EFFECT OF ZIRCONIUM AND TITANIUM ON THE RECRYSTALLIZATION OF Al-Cu ALLOY**

Kotekov P.V.<sup>1,2\*</sup>, Popova E.A.<sup>1</sup>, Gilev I.O.<sup>1</sup>, Kontsevoi Yu.V.

<sup>1)</sup> Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The recrystallization processes of Al – 4% Cu aluminum alloys with Ti and/or Zr additions were studied by optical microscopy and hardness measurement methods.

Алюминиевые сплавы, легированные медью, марганцем, цинком, магнием и кремнием составляют основу деформируемых сплавов. Последние десятилетия большое внимание уделяется изучению влияния малых добавок переходных металлов (ПМ) на структуру и свойства алюминиевых сплавов [1-3]. Такие металлы, как Sc, Zr, Hf, Ti, содержащиеся в сплаве от сотых до десятых долей процента, могут значительно влиять на его физические и механические свойства. Выделение большой объемной доли вторичных алюминидов (Al<sub>3</sub>Sc, Al<sub>3</sub>Zr, Al<sub>3</sub>Ti, Al<sub>3</sub>Hf) в процессе термообработки или деформации алюминиевых сплавов обеспечивает повышение их прочности и сдерживание рекристаллизации при их нагревании.

В данной работе рассмотрено отдельное и совместное влияние малых добавок циркония и титана на рекристаллизацию сплава Al-4%Cu (здесь и далее в мас. %).

Опытные сплавы Al-4%Cu с добавками до 0.3% Ti, Zr или Ti+Zr заливали в горизонтальную графитовую изложницу, полировали поверхность слитков и отжигали при 530°С в течение 10 часов с дальнейшей закалкой в воде. Полученные слитки (длиной 100 мм при поперечном сечении 10 на 10 мм) подвергали

холодной деформации со степенью обжатия 70%. В дальнейшем деформированные слитки разрезали на образцы и отжигали при температурах 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 530°C с выдержкой при каждой температуре 1 час. Далее измеряли микротвердость полученных образцов и исследовали их микроструктуру.

По результатам работы можно сделать вывод, что малые добавки Ti, Zr или Ti+Zr позволяют повысить температуру начала рекристаллизации сплавов Al-4%Cu на 50-100°C по сравнению со сплавами без добавок. Показано, что более мелкое зерно в легированных сплавах приводит к меньшему разупрочнению при рекристаллизации.

1. Ghosh G., Asta M. Acta Mater. 3225, 53(2005).
2. Захаров В.В. Металловедение и термическая обработка. 3, 6 (708) (2014).
3. Захаров В.В. Металловедение и термическая обработка. 3. 2(740). (2017).

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК МЕТАЛЛИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ И ЕГО ОКСИДА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА**

Гиниятуллин И.М., Богданова Е.А. \*, Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chemi4@rambler.ru](mailto:chemi4@rambler.ru)

## **THE EFFECT OF THE ADDITION OF METALLIC ALUMINIUM AND ALUMINIUM OXIDE ON THE STRENGTH PROPERTIES OF COMPOSITES BASED ON HYDROXYAPATITE**

Giniyatullin I.M., Bogdanova E.A. \*, Skachkov V.M., Sabirzyanov N.A.

Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia

The effect of the introduction of reinforcing additives of metal aluminum and its oxide on the mechanical properties of synthesized powders and ceramics based on hydroxyapatite.

Оптимальная биологическая совместимость имплантируемого материала обеспечивается его сходством по своим физико-химическим и структурно-морфологическим характеристикам с замещаемыми им структурами [1]. Такими материалами, активно применяемыми в настоящее время для заполнения костных дефектов и восстановления костной ткани, являются материалы на основе ортофосфатов кальция, в частности, гидроксиапатит (ГАП). Плотный или пористый керамический материал на основе ГАП используют в качестве материала имплантатов во многих областях медицины [2,3].

Прочностные характеристики могут быть повышены посредством армирования ГАП и его модифицированных форм (типа фторапатита) дисперсными

частицами неорганических соединений, например  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  и др. и их комбинации  $ZrO_2$ -  $Al_2O_3$ ,  $Si$ -  $Al$  и др. [4].

Изменение микротвердости композитов составов ГАП– $Al$  и ГАП– $Al_2O_3$  при различных температурах

Исследуемый образец	Микротвердость по Виккерсу (HV), ед. тв.					
	25°C	200°C	400°C	600°C	800°C	1000°C
10% $Al$ +ГАП	95±20	55±18	55±11	84±10	158±49	-
20% $Al$ +ГАП	141±20	54±15	36±5	217±71	114±44	118±79
10% $Al_2O_3$ +ГАП	147±25	55±22	87±31	136±40	401±90	253±129
20% $Al_2O_3$ +ГАП	47±4	85±6	83±20	94±51	525±188	300±130

Химически инертный  $Al_2O_3$  вводят для упрочнения ГАП, а металлический алюминий с низкой температурой плавления можно вводить для индуцирования жидкофазного спекания. В настоящее время в литературе крайне мало данных об изменении микроструктуры и прочностных свойств в системах ГАП– $Al$ ( $Al_2O_3$ ) и совсем нет при высокотемпературной обработке.

*Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН.*

1. Бунтин А.Е. Биосовместимые покрытия / Современные биоинженерные и ядерно-физические технологии в медицине: сборник материалов Всероссийской молодежной научной конференции. С. 132-134. (2014).
2. Сафронова Т.В., Путляев В.И. Медицинское неорганическое материаловедение в России: кальцийфосфатные материалы // Наносистемы: физика, химия, математика. Т.4. №1. С. 24-47; (2013).
3. Brug, K.J.L., Porter, S. and Kellam, J.F., Biomaterial developments for bone tissue engineering. *Biomaterials*. 2347-2359. 21. (2000).
4. A. Guidara et al. / *Materials Chemistry and Physics*. 358-368. 202. (2017).



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДАЛЬНОГО ПОРЯДКА В УПОРЯДОЧЕННОМ СПЛАВЕ ЗОЛОТО-МЕДЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗИСТОМЕТРИИ И РЕНТГЕНОДИФРАКЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Глухов А.В.<sup>1,2\*</sup>, Волков А.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [glukhov@imp.uran.ru](mailto:glukhov@imp.uran.ru)

## DETERMINATION OF THE DEGREE OF LONG-RANGE ORDER IN AN ORDERED ALLOY OF GOLD-COPPER WITH APPLICATION OF RESISTOMETRY AND X-RAY DIFFRACTION METHODS

Glukhov A.V.<sup>1,2\*</sup>, Volkov A.Yu.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

The kinetics of the transformation of disorder into order by resistive and X-ray methods was studied using the example of a Cu - 80 mass% Au alloy. The matching of the selected methods for estimating the degree of order was carried out and the analysis was carried out of the possibility of applying these methods for the ordering systems.

Работа посвящена изучению кинетики превращения беспорядок-порядок в золото-медном сплаве Cu-80 масс.% Au (ЗлМ-800). Ранее изучались и подробно описаны в литературе структурные превращения, происходящие в ходе атомного упорядочения в эквиатомном сплаве CuAu [1]. Сплав ЗлМ-800 изучен недостаточно.

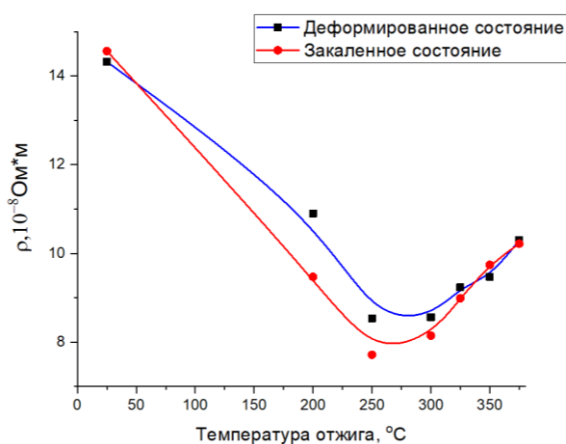


Рис. 1. Зависимость удельного электросопротивления исходно закаленных и деформированных образцов ЗлМ-800 от температуры отжига (1 неделя).

Методики исследования: рентгено-структурный анализ (РСА), измерение электросопротивления.

В ходе исследования установлено: скорость атомного упорядочения ЗлМ-800 ниже чем у эквиатомного сплава; максимальная скорость упорядочения наблюдается при температурах близких к 250°C [2]; показано (Рис. 1), что предварительная деформация не ускоряет упорядочение; обнаружена высокая термическая стабильность длиннопериодической фазы CuAuII. Резистометрия показала, что CuAuI имеет более низкое удельное электросопротивление по сравнению с CuAuII.

РСА и резистометрические исследования дают возможность оценить степень

порядка. В работе степень дальнего порядка, определяется из соотношений интенсивностей сверхструктурных и структурных рефлексов на рентгенограмме по методике, описанной в [4], а также по зависимости удельного электросопротивления от степени дальнего порядка.

Сравнение со свойствами эквиатомного сплава CuAu [1] показывает, что упорядоченный золото-медный сплав ЗлМ-800 имеет более высокую прочность и сопоставимую электропроводность [2,3]. Результаты работы можно использованы на практике, при разработке слаботочной аппаратуры для систем управления аэрокосмической техники.

*Работа выполнялась в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Давление» № АААА-А18-118020190104-3).*

1. В.М. Малышев, В.Д. Румянцев, Золото, 1979.
2. К.Н. Генералова, А.В. Глухов, А.Ю. Волков, Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. (20, 2, 75-85, 2018).
3. К.Н. Генералова, А.В. Глухов, А.Ю. Волков, Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. (20, 3, 18-28, 2018).
4. О.С. Новикова, Кинетика  $A1 \leftrightarrow B2$  фазовых превращений в сплавах Cu-Pd вблизи эквиатомного. (2015)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ ОБЩЕГО СОСТАВА $Sm_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$ ( $\varepsilon=0; 0.125; x=0; 0.5, 1, 1.5, 2$ )**

Головачев И.Б., Ахмадеев А.Р., Мычинко М.Ю., Волкова Н.Е.

Уральский федеральный университет им. первого президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [IB.Golovachev@ya.ru](mailto:IB.Golovachev@ya.ru)

## **INVESTIGATION OF CRYSTAL STRUCTURE AND PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PEROVSKITE-LIKE OXIDES OF THE GENERAL COMPOSITION $Sm_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$ ( $\varepsilon = 0; 0.125; x = 0; 0.5, 1, 1.5, 2$ )**

Golovachev I.B., Akhmadeev A.R., Mychinko M.Yu., Volkova N.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, samples of the general composition  $Sm_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$  ( $\varepsilon = 0; 0.125; x = 0; 0.5, 1, 1.5, 2$ ) were synthesized. For  $Sm_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$  ( $\varepsilon = 0; 0.125; x = 0; 0.5, 1, 1.5$ ), the structure was determined. For  $Sm_{1.875}Ba_{3.125}Fe_5O_{15-\delta}$  and  $Sm_2Ba_3Fe_4CoO_{15-\delta}$ , the value of nonstoichiometry was established. For samples  $Sm_2Ba_3Fe_{3.5}Co_{1.5}O_{15-\delta}$  and  $Sm_2Ba_3Fe_4CoO_{15-\delta}$ , dilatometric analysis was performed.

Исследование перовскитоподобных фаз состава  $A_{1-x}A'_xV_{1-y}V'_yO_{3-\delta}$  (где  $A$  – лантаноид, допированный щелочноземельным металлом  $A'$ , а  $V$  и  $V'$  – атомы 3d-металла (Fe, Co)) является одной из наиболее перспективных задач современной химии. Данные сложные оксиды могут использоваться как кислородные мембраны, электроды топливных элементов и т.д. Целью данной работы явились исследование кристаллической структуры, кислородной нестехиометрии и общей проводимости перовскитоподобных материалов  $Sm_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$  ( $\varepsilon=0; 0.125; x=0; 0.5, 1, 1.5, 2$ ) в зависимости от температуры.

Образцы синтезировали по глицерин-нитратному методу. Отжиг образцов проводился при температуре 1100°C на воздухе с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. По результатам анализа установлено, что образцы, отвечающие составам  $Sm_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$  ( $\varepsilon=0; 0.125; x=0; 0.5, 1, 1.5$ ) являются однофазными.

Кислородную нестехиометрию ( $\delta$ ) сложного оксида  $Sm_{1.875}Ba_{3.125}Fe_5O_{15-\delta}$  изучали методом кулонометрического титрования как функцию температуры (в интервале 800-1100°C) и парциального давления кислорода (от  $10^{-7}$  до 0.21 атм). Абсолютное содержание кислорода в образце, приведенное к комнатной температуре на воздухе, определяли методом йодометрического и термогравиметрического титрования. Методом термогравиметрического анализа были получены зависимости содержания кислорода от температуры для образцов, соответствующих составам  $Sm_2Ba_3Fe_4CoO_{15-\delta}$  и  $Sm_{1.875}Ba_{3.125}Fe_5O_{15-\delta}$ .

Методом дилатометрического анализа получены зависимости относительного линейного удлинения от температуры и рассчитаны коэффициенты термического расширения для составов  $Sm_2Ba_3Fe_4CoO_{15-\delta}$  и  $Sm_2Ba_3Fe_{3.5}Co_{1.5}O_{15-\delta}$

Кристаллическая структура сложных оксидов  $Sm_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$  ( $\varepsilon=0; 0.125; x=0; 0.5, 1, 1.5$ ) была описана в рамках кубической (пр.гр.  $Rm\bar{3}m$ ) элементарной ячейки. Методом просвечивающей электронной микроскопии показано, что при замещении самария на барий происходит упятерение параметра  $c$  кристаллической решетки относительно параметра кубического перовскита.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 18-73-00159.*

## ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ КРИВЫХ КОМПОЗИТА Cu/Mg ПРИ НАНОИНДЕНТИРОВАНИИ

Горинский П.А.<sup>1\*</sup>, Хардин Д.Д.<sup>1</sup>, Кругликов Н.А.<sup>1,2</sup>, Минин М.Г.<sup>1</sup>,  
Толмачев Т.П.<sup>2</sup>, Калонов А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [gorinskii37@gmail.com](mailto:gorinskii37@gmail.com)

## Cu/Mg COMPOSITE DEFORMATION CURVES FEATURES ON NANOINDENTATION

Gorinsky P.A.<sup>1\*</sup>, Khardin D.D.<sup>1</sup>, Kruglikov N.A.<sup>1,2</sup>, Minin M.G.<sup>1</sup>,  
Tolmachev T.P.<sup>2</sup>, Kalonov A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The aim of this work is to find out features on load/unload curves within nanoindenting of Cu/Mg composite material after severe plastic deformation produced by high pressure torsion (HPT). Temperature, rotation angle and initial state could produce different types of curves. This clearly depends on Cu/Mg mixing within deformation.

Вследствие сильных размерных эффектов в нанобласти, механическое поведение твердых тел в ней не может быть оценено простой экстраполяцией известных зависимостей из макро- или микро- областей [1]. Одним из современных методов исследования является наноиндентирование. Это метод определения механических свойств, основанный на измерении и анализе зависимости нагрузки от глубины внедрения индентора при вдавливании в поверхность образца.

Целью настоящего исследования было изучение механических свойств композитов Cu/Mg в различных структурных состояниях и с разным фазовым составом методом снятия кривых нагрузки/разгрузки при наноиндентировании.

Композит Cu/Mg был получен методом гидроэкструзии. Это медный провод внутри которого помещены магниевые жилы [2]. Такое сочетание позволяет добиться высоких показателей прочности, не оказав существенного влияния на электропроводность и другие физико-механические свойства. Для изучения эффекта механического перемешивания на границе медь/магний, из прутка диаметром 6 мм были вырезаны образцы высотой ~ 1 мм и обработаны методом кручения под высоким давлением (КПВД). Исследования свойств образцов с исходной структурой и после КПВД проводились с помощью системы для наномеханических испытаний Ti 750 UBI™ компании Hysitron.

В процессе анализа кривых оказалось, что их форма существенно зависит от степени деформации, метода и температуры деформирования. Кроме того, было

установлено, что формы кривой, соответствующая чистой меди и чистому магнию, существенно отличаются. На (рис. 1) показана форма отпечатков индентора на поперечном сечении магниевой жилы одножильного композита медь/магний после КВД при температуре 80К под давлением 8 ГПа после 3-х оборотов наковален.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (тема «Давление», № АААА-А18- 118020190104-3).*

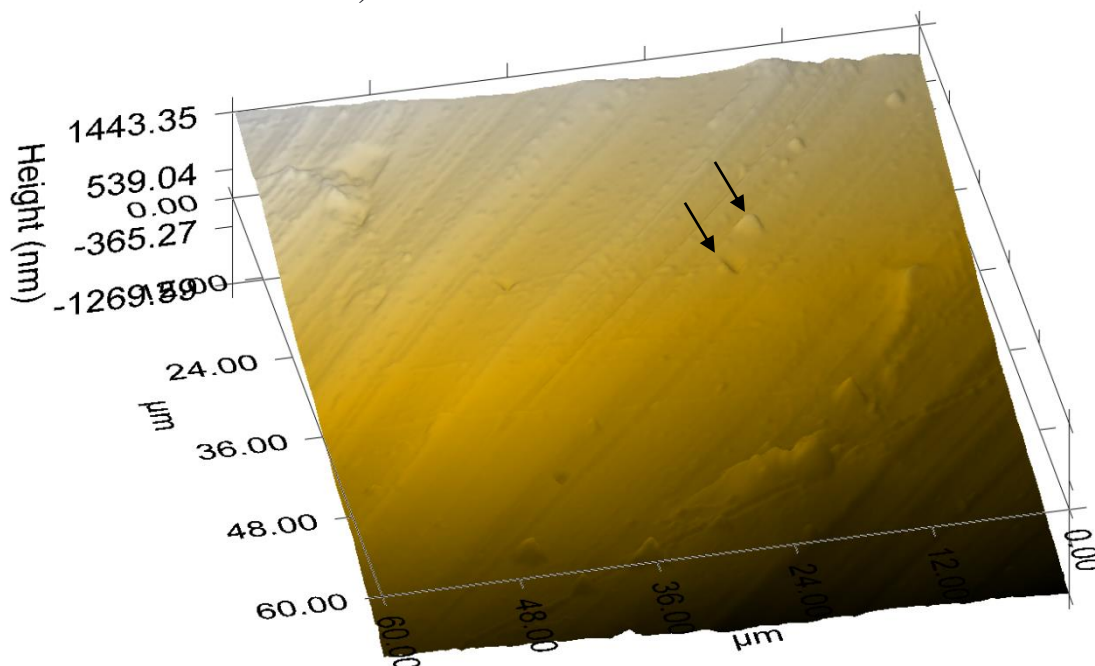


Рис. 1. Отпечатки наноиндентора на поверхности композита после кручения под высоким давлением с частичным перемешиванием (стрелками показаны отпечатки)

1. Головин Ю.И., Введение в нанотехнику. Машиностроение (2007).
2. Волков А.Ю., Калонов А.А., Комкова Д.А., Глухов А.В., Структура и свойства Cu/Mg-композитов, полученных методом гидроэкструзии. Физика металлов и металловедение, 119, 1002 (2018).
3. Компания INTERTECH Corporation: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.intertech-corp.ru>. (Дата обращения: 17.12.2018).

**THE EFFECT OF AN ELECTRIC ARC ON THE MICROSTRUCTURE OF COMPOSITE Cu-Cr, Cu-W, Cu-Cr-W ALLOYS, OBTAINED AFTER VIBRATIONAL REACTIVE INFILTRATION OF POWDERS BY COPPER MELT**

Goyda E.Yu.\*, Bodrova L.E., Melchakov S.Yu.

Institute of Metallurgy of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [eddy-g0d@yandex.ru](mailto:eddy-g0d@yandex.ru)

Alloys Cu–Cr, Cu–W, Cu–Cr–W ( $\geq 50$  wt.% Cu) were obtained by infiltration of Cr, W uncompact powders or their mixtures by copper melt. After electric erosion tests of the obtained alloys, a comparative analysis of the changes in the microstructure was carried out. The expediency of completely or partially replacing of W with Cr for electric contact materials is shown.

Cu-W composite alloys are widely using as electric contact materials, but in many countries, there is a tendency to replace them with the Cu-Cr alloys [1,2]. Comparative arc tests of Cu-W (70%) and Cu-Cr (50%) composites show a higher electroerosion and arc welding resistance of the Cu-Cr contact pairs, as well as a lower and more stable transition resistance. The mechanisms of higher arc resistance of Cu-Cr alloys are still not completely clear. In the published studies, there is also no data on the joint influence of W + Cr additions on the functional properties of electrical contacts.

The aim of this work was to study the changes in the microstructure of the switching surfaces of different composite alloys after comparative tests under the action of an electric arc.

The alloys were obtained by the infiltration of uncompact Cr and W powders or their mixtures with a copper melt at the laboratory device [3]. For arc resistance tests, we used a machine that simulates the operation of an AC contactor at a test current of 125 A, a voltage of 50 V, and a number of arc on/off cycles  $N = 5000$ .

The microstructure of the switching surfaces of contacts was studied (the sections of the contacts were made in a perpendicular direction to their working surface). In fig. 1 is shown the microstructure of the operating layers of the bottom electrodes for different compositions.

Based on the present research, conclusions were drawn about the effectiveness of the presence of chromium in the composition of electrical contacts. Chromium strengthens the copper matrix in the form of various structural generations. In addition to the presence of primary and secondary chromium, alloys contain intermediate metastable structural complexes of ultra-fine mixtures  $[Cu_{liq}+Cr_{sol}]$ , the structure of which was described in [4]. Thus, when the electrical contacts operate, the Cu matrix strengthened with chromium inclusions suffers under an electric arc to a lesser degree than the W-Cu alloy with a matrix of pure copper.

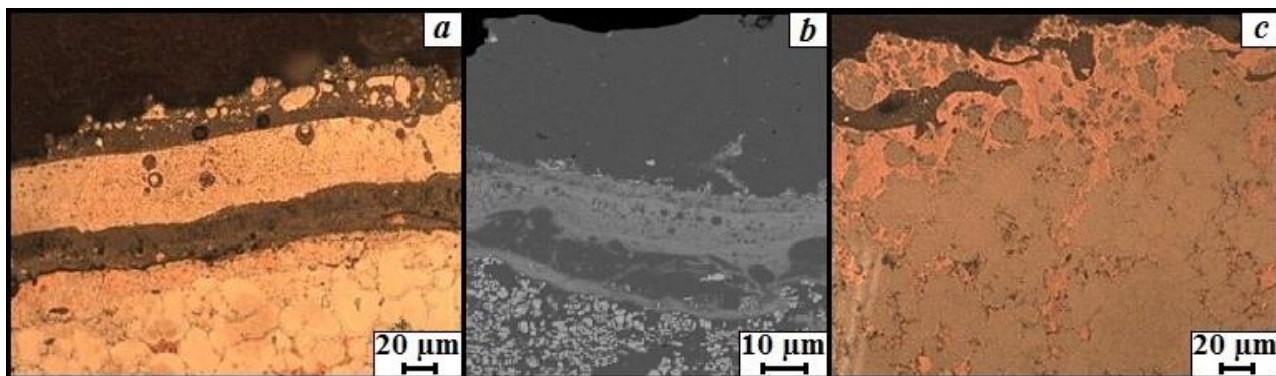


Fig. 1. Microstructure of the upper layers of Cu-Cr (a), Cu-W (b), Cu-Cr-W (c) alloys after arc resistance test

*The work was carried out within the framework of the state task of IMET UB RAS.*

1. Kachalin N.I., Belov V.Yu., et al. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*, 1, 35-43 (2007).
2. Xiu Shi-xin, Yang Ren, et. al., *Trans. Nonferrous Met. Soc. China.*, 21, 389-393 (2011).
3. Ignat'ev E., Pastukhov E., Bodrova L., *Method to obtain alloys of low frequency processing of their melts*, LAP LAMBERT Akademic Publishing (2013).
4. Bodrova L.E., Melchakov S.Yu., et.al. *The Book of Abstracts of the V<sup>th</sup> International Conference "Fundamental Bases of Mechanochemical Technologies"*, IPC NSU, 216, (2018).

## **THE CORRECTION OF GROSS BETA MEASUREMENTS OF THE SURFACE SEDIMENT IN THE DIFFERENT URBAN ZONES.**

Hanfi M.<sup>1,3</sup>, Yarmoshenko I.<sup>2</sup>, Seleznev A.<sup>2</sup>, Zhukovsky M.<sup>2</sup>

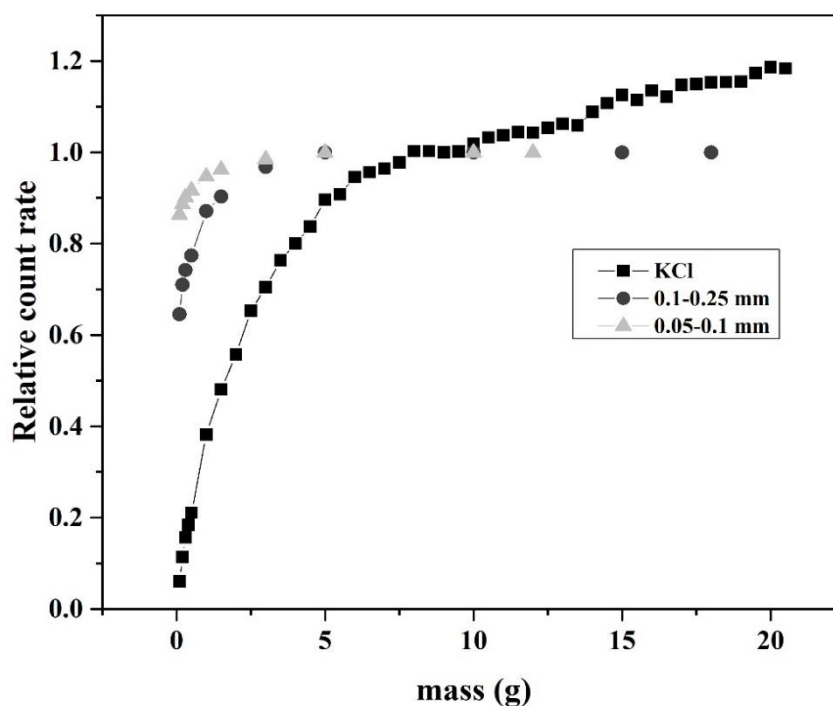
<sup>1</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Nuclear Materials Authority, Maadi, Egypt

Email: [m.nuc2012@gmail.com](mailto:m.nuc2012@gmail.com)

The contemporary sediment in the surface urban zone derived from the natural and artificial processes. The measurement gross beta in the urban sediment it is indicator for the radioactive content and transport. The bulk urban samples are fractionated with three fraction size. The count rate for different masses of the same samples were measured and the relative count rate was estimated. The dependence on sensitivity on the size fraction may be caused by different relative projective area of large and small size grains when small amount of the material is available for the analysis. It is concluded the efficiency of the detection system depends on the size fraction of the sediment sample.



Dependence of relative count rate ( $I(m)/I(m=10g)$ ) on mass of standard source KCl and DRS (with fractions 0.05-0.1 mm and 0.1-0.25 mm).

## OCCUPATIONAL EXPOSURE IN PROSPECTING TRENCHES AT SEILA AREA, SOUTH EASTERN DESERT, EGYPT

Hanfi M.Y.<sup>1,3</sup>, Mostafa M.Y.<sup>4</sup>, Abdel-Razek Y.A.<sup>1</sup>, Masoud M.S.<sup>1</sup>, El-Nagdy M.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nuclear Materials Authority, Cairo, Egypt

<sup>2</sup> Physics Department, Faculty of Science, Helwan University, Cairo, Egypt

<sup>3</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>4</sup> Physics Department – Faculty of Science, Minia University, Minia, Egypt

E-mail: [m.nuc2012@gmail.com](mailto:m.nuc2012@gmail.com)

The workers exposure for natural radiation in eight trenches distributed at Seila area, South Eastern Desert of Egypt is estimated. The natural radionuclides ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$ ) activity is measured with a portable RS-230 Gamma-Ray Spectrometer (1024 channels). The absorbed dose rate and the corresponding annual effective dose are computed based on the measured activity. Also, the external exposure to gamma rays, effective dose, is direct measured with RDS-100 survey-meter, ALNOR, Turku, Finland. The direct and indirect effective dose are compared.

The mean activity concentration of the  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in the normal trench's granites are 824 (120-3565), 79 (22-136) and 1735 (1064-2254) Bq.kg<sup>-1</sup> respectively. These activities were measured in seven different trenches, nearly with the same geometry and physical conditions. At least 4 measurements for each one. One box cut (a special trench with different geometry and physical conditions) is included with mean



activity concentration 25181(9194-43712), 372 (277-558) and 9630 (4319-18091) Bq.kg<sup>-1</sup> respectively for <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K. In general, these values are higher than the worldwide average of 33, 45 and 412 Bq/kg. The highest activity in the box cut because the accumulation of radioactivity of radioactive terrestrial source with different geometry effect on ventilation of the special trench. The average measured annual effective gamma dose is (2.2 ± 0.5) mSv/y for normal seven trenches and (32±8) mSv/y for the box cut.

## СТРУКТУРА И СОСТАВ СУЛЬФИДОВ ЖЕЛЕЗА МЕТЕОРИТА ДРОНИНО

Гонцова С.С.<sup>1\*</sup>, Петрова Е.В.<sup>2</sup>, Максимова Е.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,  
г. Симферополь, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [sgoncova@gmail.com](mailto:sgoncova@gmail.com)

## STRUCTURE AND COMPOSITION OF IRON SULFIDES IN METEORITE DRONINO

Hontsova S.S.<sup>1\*</sup>, Petrova E.V.<sup>2</sup>, Maksimova E.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Crimean Federal University, Simferopol, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The Sulphide minerals such as troilite, pyrite and pentlandite were found in the sample of Dronino meteorite. Their structural parameters and chemical composition were studied by X-ray diffraction, Raman spectroscopy, scanning electron microscopy.

Среди сульфидов железа в метеоритах значительное место занимает троилит (FeS) – антиферромагнетик с очень низкой намагниченностью. Кроме троилита, также встречаются пентландит (Fe,Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub> и пирротин (FeS<sub>1+x</sub>). Сульфиды железа достаточно широко распространены и на Земле, поэтому указанные минералы ранее изучались. Однако, их исследование, по-прежнему, вызывает большой интерес в области физики конденсированного состояния и материаловедения, поскольку они относятся к материалам функционального назначения [1].

При исследовании химического и минерального состава железного метеорита Дронино методами рентгеновской дифрактометрии, рамановской спектроскопии, оптической и сканирующей электронной микроскопии нами были обнаружены следующие сульфиды железа: троилит FeS, пирит FeS<sub>2</sub> и пентландит (Fe,Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>.

Структурные исследования проводились с использованием дифрактометра общего назначения «ДРОН-3» методом порошков. С помощью программы UnitCell были определены величины параметров элементарных ячеек, табл.

## Структурные параметры сульфидов железа из метеорита Дронино

Минералы	a, Å	c, Å	V, Å <sup>3</sup>
Троилит	5,964±0,0003	11,828±0,001	364,38±0,03
Пирит	5,415±0,0002	-	158,77±0,02
Пентландит	10,153±0,0004	-	1046,81±0,11

В металлической матрице атаксита Дронино, представленной дуплексной формой плессита, образованной смесью  $\alpha$ - и  $\alpha_2$ -фаз Fe(Ni,Co) – сплава, были обнаружены вытянутые сульфидные включения. Исследование на двулучевом электронно-ионном микроскопе ZEISS Cross Beam AURIGA с системой микрорентгеноспектрального анализа, позволило определить, что их химический состав соответствует троилиту.

С помощью 3D сканирующего лазерного рамановского спектрометра Confotec NR500 получен спектр сульфидного включения в образце Дронино. В спектре обнаружена линия с максимумом 719 см<sup>-1</sup>. В имеющихся базах данных не было обнаружено спектров, полностью совпадающих с полученным. Однако, по общему виду оказался близок спектр троилита, с линией максимума 712 см<sup>-1</sup>. Смещение спектрального максимума, вероятно, может быть связано с микровключениями других сульфидных минералов – пентландита или пирита.

*Авторы выражают благодарность профессору Гроховскому В.И. за помощь в организации исследований и Крячко Т.В. за предоставленный для исследования образец метеорита.*

1. Ricci F., Bousquet E., Phys. Rev. Lett., 116, 227601 (2016).

## ВЯЗКОСТЬ НАТРИЕВОБОРАТНЫХ РАСПЛАВОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОКСИДЫ Sm, Eu И Er, Tm

Иванов А.В.\*, Рябов В.В., Корчемкина Н.В.

Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [fair\\_spirit@list.ru](mailto:fair_spirit@list.ru)

## VISCOSITY OF SODIUMBORATE MELTS CONTAINING OXIDES Sm, Eu AND Er, Tm

Ivanov A.V.\*, Ryabov V.V., Korchemkina N.V.

Institute of metallurgy Ural branch of Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia

Viscosity ( $\eta$ ) of sodium borate melts, containing 1 wt % of mechanically activated oxides of lanthanides (Sm, Eu, Er, Tm) were measured by vibrating viscometer ( $T=950-1650\text{K}$ ). The temperature and concentration dependences of the viscosity values and starting temperature of solidification of melts were defined.

Натриевоборатные системы находят широкое применение в качестве оптических материалов, а легирование их ионами РЗЭ (редкоземельных элементов) открывает широкие возможности для изготовления полупроводниковой электротехнической продукции.

Измерению вязкости оксида бора и расплавов на его основе посвящено много работ [1-3], в которых было показано влияние на вязкость ионов модификаторов [2] и обработки оксидов РЗЭ механоактивацией [1,3].

Измерения проводили в печи сопротивления в платиновых тиглях, при этом применяли измерительный щуп из платины диаметром 1 мм. Относительная ошибка при измерении вязкости составила  $\pm 5\%$ . Температуру расплавов контролировали Pt–PtRh термопарой.

Для исследований применяли материалы:  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_3$  – о. с. ч.;  $\text{Sm}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Er}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Tm}_2\text{O}_3$  – х.ч.

При плавлении оксида бора, при температурах свыше 843 К, происходит гидратирование расплавов  $\text{V}_2\text{O}_3$ - $\text{M}_2\text{O}_3$  гидроксильными группами OH, концентрация которых будет зависеть от времени нахождения  $\text{V}_2\text{O}_3$  на воздухе и его степени измельчения. Даже нагрев до 1500 К не позволяет удалить значительную часть гидроксильных групп.

Вязкость расплавленного оксида бора при температуре 1550 К составляет 1.6 Па·с, а энергия активации вязкого течения ( $E_\eta$ ) по экспериментальным данным - 62 кДж/моль. Введение 1 мас. % механоактивированных оксидов РЗЭ в  $\text{V}_2\text{O}_3$  незначительно изменяет  $\eta$  и энергии активации вязкого течения, а также сдвигают температуру начала затвердевания в область более высоких температур.

На логарифмических зависимостях вязкости от обратной температуры для исследованных расплавов установлены высоко- и низкотемпературные участки с различной энергией активации вязкого течения ( $E_\eta$ ).

Установлено, что введение оксида натрия в боратные расплавы, содержащие 1 мас. % механоактивированных оксидов лантанидов снижает вязкость расплавов и температуру начала затвердевания.

Рост концентрации оксида натрия повышает энергию активации вязкого течения как на низко-, так и на высокотемпературных участках.

*Работа выполнена в ИМЕТ УрО РАН по госбюджетной тематике № 0396-2015-0077.*

1. Истомин С.А., Рябов В.В. и др., *Расплавы*, № 3, (2008)
2. Пастухов Э.А., Истомин С.А. и др., *Расплавы*, № 3, (1996)
3. Рябов В.В., Истомин С.А. и др., *Расплавы*, № 2, (2015)

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ДЕФЕКТНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА И ЕГО КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ**

Иванов И.В.<sup>1\*</sup>, Руденя Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Новосибирский Государственный Технический Университет, г. Новосибирск, Россия

\*E-mail: [i.ivanov@corp.nstu.ru](mailto:i.ivanov@corp.nstu.ru)

## **THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DEFECTIVENESS OF THE SURFACE OF TITANIUM AND ITS CORROSION RESISTANCE**

Ivanov I.V.<sup>1\*</sup>, Rudenia E.A.<sup>1</sup>

1) Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

In this study, the relationship between corrosion resistance and defectiveness of surface of  $\alpha$ -titanium alloys was investigated. Obtained results show that corrosion resistance of deformed is less, then annealed material. This is due to the fact that surface oxide layer of titanium after deformation is more defectiveness than after heat treatment.

Титан и его сплавы являются одними из наиболее часто применяемых в медицине материалов [1,2].

В медицинском материаловедении используется большое количество методов модифицирования поверхности титана. Существуют способы создания развитой поверхности материала формированием оксида титана (IV) [3], нанесения покрытий фосфата кальция [4], образованием ультрамелкозернистой структуры [5] и т.д.

Известно, что титан, полученный методами интенсивной пластической деформации (ИПД) обладает высокими показателями биологической совместимости [5]. Однако вопрос влияния дефектности поверхности на коррозионную стойкость весьма спорен [6].

В работе потенциометрическими методами исследовалась дефектность и коррозионная стойкость образцов технически чистого  $\alpha$ -титана после холодной

пластической деформации в двух различных биологических средах. Первая среда представляла собой раствор Рингера-Локка (simulated body fluid (SBF) с pH близком к нейтральному, а вторая - раствор соляной кислоты концентрацией 0,01М и pH ~ 1 (simulated gastric fluid (SGF).

На Рис. 1 видно, что в случае нейтральной среды токи пассивации всех исследуемых материалов практически равны, что указывает на то, что повышенная дефектность пленки не приводит к повышению скорости окисления материала. Однако в случае кислой среды различие между токами пассивации деформированного и отожженного материалов превышает порядок логарифма. Это указывает на то, что скорость диффузии протонов через дефектную оксидную пленку заметно выше, чем через пленку бездефектного материала.

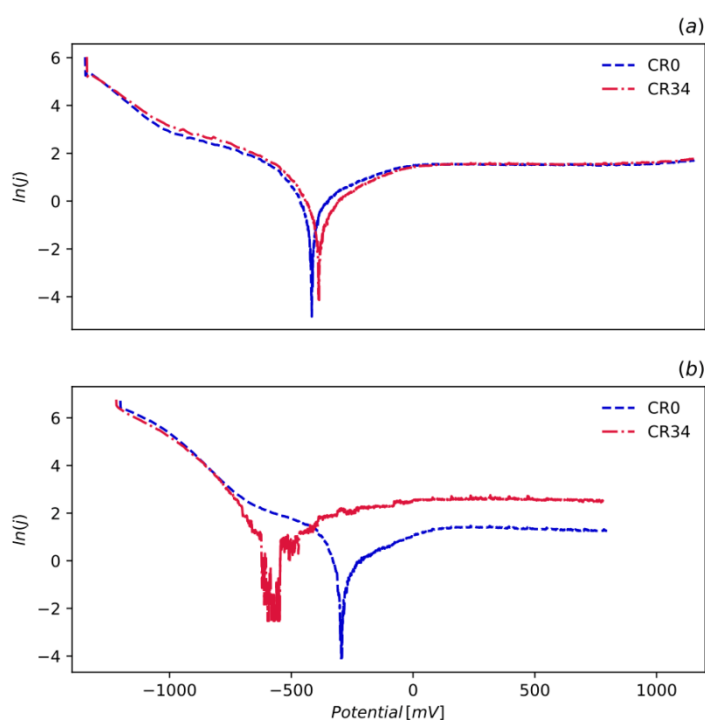


Рис. 1. Потенциодинамические кривые не деформированного (CR0) и деформированного (CR34) титана в растворах: (a) - SBF; (b) - SGF.

1. Enderle J. D., Bronzino J. D., Introduction to biomedical engineering, Academic press (2012).
2. Bahl S. et al., Materials & Design, 126, 226-237 (2017).
3. Yang B. et al., Biomaterials, 25, 1003-1010 (2004).
4. Sharkeev Y. P. et al., Composite Interfaces, 16, 535-546 (2009).
5. Bahl S., Suwas S., Chatterjee K., RSC Advances, 4, 38078-38087 (2014).
6. Mahmoodian R. Et al, JOM, 1-8 (2017)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДВИЖЕНИЯ РАСПЛАВА НА  
МИКРОГЕОМЕТРИЮ ПОВЕРХНОСТИ 3D ПЕЧАТНОГО ИЗДЕЛИЯ,  
ВЫПОЛНЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО  
ПЛАВЛЕНИЯ**

Иванов Р.А. \*, Мелких А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [symection@gmail.com](mailto:symection@gmail.com)

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MELT MOVEMENT ON THE  
MICROSTRUCTURE OF A 3D PRINTED PRODUCT COMPLETED BY THE  
METHOD OF SELECTIVE LASER MELTING**

Ivanov R.A. \*, Melkikh A.V.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the selection by experiment of the optimal parameters of selective laser melting of ceramic and metal powders concentrated on tension forces in metal pool. Also in the work proposed ways to use of controlled surface microstructure.

Селективное лазерное плавление (SLM, selective laser melting) - это одна из аддитивных технологий (3D печать), которая вызывает интерес как способ производства изделий высокой плотности и управляемой структуры из металлических и керамических материалов. На сегодняшний момент наиболее оптимизированные режимы такого способа производства имеют металлические материалы (титан, алюминий, сталь, бронза). Напечатанные из этих материалов изделия имеют лучшую, в сравнении с традиционным литьём, плотность, а также малое искажение размеров. Но, несмотря на высокие результаты, получаемые продукты имеют ряд нерешённых проблем и отклонений, например поверхностная шероховатость и анизотропность свойств, а также, существует большой спектр потенциально пригодных для использования материалов, которые требуют более глубокой разработки аддитивных процессов создания объектов.

Дело в том, что селективное лазерное плавления имеет локальный характер воздействия. В результате, которого происходит резки переход малого объёма порошкового материала (исходного сырья) в жидкую фазу. Образованная ванна расплава обладает особой динамикой движения жидкого вещества из-за различия в силах поверхностного натяжения, которые возникают как следствие неоднородного воздействия лазерного излучения. А также большое влияние, особенно в металлических материалах, имеет проникновение расплава в окружающий, нерасплавленный, порошковый материал, вследствие капиллярности [2].

Данная исследовательская работа концентрируется на новых экспериментальных методиках поиска оптимальных режимов, с учётом поведения расплавленного материала, на анализе поверхностной и внутренней структуры итоговых

изделий, а также на возможных способах применения управляемой микрогеометрии.

Экспериментальная установка имеет в качестве источника лазерного излучения Nd: YAG-лазер с максимальной выходной мощностью 300 Вт, фокусным пятном 50-200 мкм. Для нанесения порошка использовался металлический коаксиальный нож.

Основные результаты получены на материале смеси оксида циркония с оксидом алюминия, а также на порошке чистого алюминия и титана. При применении разработанных методик восстановления объёмной геометрии линии расплава, и соотнесения их с экспериментом, были выявлено наличие образований различной зерновой микроструктуры. Так же, показана эффективность углового сплавления, в качестве методики поиска оптимального расстояния между треками сплавления.

1. Childs, T. H. C Selective laser sintering (melting) of stainless and tool steel powders: experiments and modelling // Proceedings from the Institute of Mechanical Engineers.10.2005.P. 339-357
2. Tien T. Roehling Modulating laser intensity profile ellipticity for microstructural control during metal additive manufacturing / Tien T. Roehling, Sheldon S.Q. Wu, Saad A. Khairallah, John D. Roehling ,S. Stefan Soezeri, Michael F. Crumb, Manyalibo J. Matthews // Acta Materialia 128 (2017) 197-206

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Cu/Mg КОМПОЗИТОВ

Калонов А.А.<sup>1\*</sup>, Волков А.Ю.<sup>1</sup>, Комкова Д.А.<sup>1</sup>, Глухов А.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Институт физики металлов УрО РАН им. М.Н. Михеева, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kalonov@imp.uran.ru](mailto:kalonov@imp.uran.ru)

## PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF Cu/Mg COMPOSITES

Kalonov A.A.<sup>1\*</sup>, Volkov A.Yu.<sup>1</sup>, Komkova D.A.<sup>1</sup>, Glukhov A.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The composite Cu/Mg conductors were obtained by hydroextrusion. The strength properties and resistivity of Cu/Mg composites were measured. The microstructure was studied. Severe plastic deformation during obtaining of Cu-Mg composites leads to the formation of a thin layer of Cu-based supersaturated solid solution at the interface due to mechanical alloying processes.

Медь и её сплавы являются традиционными проводниковыми материалами в электронной промышленности. Высокая проводимость и пластичность, а также стойкость к коррозии по сравнению другими проводниковыми материалами сохраняет высокий спрос на медь в технике. Недостатком меди являются ее невысокие прочностные свойства. Медь упрочняют разными способами, к примеру путем легирования или созданием композитов. Так, добавка в медь всего 1% магния приводит к росту прочностных свойств образовавшегося твердого раствора приблизительно в 2 раза. Целью данной работы является анализ микроструктуры и исследование механических и электрических свойств Cu/Mg-композитов.

В работе были исследованы образцы трех композитов, полученных методом гидроэкструзии, в медной матрице которых содержится 1, 7 и 49 магниевых волокон [1]. Измерены удельное электросопротивление и прочностные свойства Cu/Mg-композитов, которые были сопоставлены с теоретическими расчетами [2]. Построены температурные зависимости электросопротивления при нагреве и охлаждении композитов; установлены структурные превращения, которые происходят в исследуемых композитах при нагреве [3]. Обнаружено значительное превышение экспериментальных прочностных свойств Cu/49Mg-композита над теоретическими оценками (Таблица 1). Предполагается, что это вызвано твердотельными реакциями, происходящими на интерфейсе меди и магния при сильной деформации данного композита. Вследствие различий деформационного поведения меди с ГЦК-решеткой и магния с ГПУ-решеткой, на Cu/Mg-интерфейсе происходят процессы механосплавления. Таким образом, в ходе гидроэкструзии на границе раздела медь-магний формируется пересыщенный твердый раствор магния в меди с очень высокими прочностными свойствами.



В работе сделан вывод, что методика теоретической оценки механических свойств, примененная в данной работе, дает неплохое соответствие с экспериментом только в том случае, когда на интерфейсе композита не формируются новые фазы.

Таблица 1. Физико-механические свойства Cu/Mg-композитов

Композит	Удельное электросопротивление, $\rho$ , $10^{-8}$ Ом м ( $\epsilon \approx 8.6$ )		Предел текучести, $\sigma_{0.2}$ , МПа ( $\epsilon \approx 5.0$ )	
	Эксперимент	Расчет	Эксперимент	Расчет
Cu/1Mg	2.35	2.52	290	250
Cu/7Mg	2.07	2.08	322	328
Cu/49Mg	1.88	1.87	386	341

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Давление» № АААА-А18-118020190104-3) при поддержке РФФИ (грант № 18-33-00474) и УрО РАН (проект №18-10-2-24).*

1. А.А. Калонов, А.Ю. Волков, Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки 124-128, 23 (2018).
2. А.Ю. Волков, А.А. Калонов, Вектор науки ТГУ 44, 2 (2018).
3. А.Ю. Волков, А.А. Калонов, Д.А. Комкова, А.В. Глухов, ФММ 119, 10 (2018)

## СУПЕРГИДРОФОБНАЯ ПОВЕРОХНОСТЬ НА ОСНОВЕ КСЕРОГЕЛЯ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Капустин С. Н. \*, Сенюкова С. И.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия.

\*E-mail: [hare22@yandex.ru](mailto:hare22@yandex.ru)

## SUPERHYDROPHOBIC SURFACE BASED ON XEROGEL FROM CNTS

Kapustin S. N. \*, Senukova S. I.

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov

A technology of creating a hydrophobic coating out of crumb obtained by xerogel milling based on carbon nanotubes is proposed. This provides simplicity of application - the crumb is glued to the protected object. The hydrophobicity is ensured by the lotus effect due to the surface of the agglomerates of carbon nanotubes and separate nanotubes protruding outside of the agglomerate limits. A contact angle of 152 degrees and a sliding angle of 3 degrees are achieved. The coating possesses good conductivity and can also be used for static removal or heating through electricity.

Предложена технология создания гидрофобного покрытия из крошки, полученной размолотом ксерогеля на основе углеродных нанотрубок. Это обеспечивает

простоту нанесения – крошка приклеивается на защищаемый объект. Гидрофобность обеспечена эффектом лотоса [1] за счет поверхности агломератов углеродных нанотрубок и отдельными нанотрубками, выступающими за пределы агломерата. Достигнут краевой угол в 152 градуса и угол скольжения 3 градуса. Покрытие обладает хорошей проводимостью и может использоваться так же для снятия статики или подогрева электрическим током.

Ксерогель был приготовлен на базе УНТ «Таунит-МД», диспергированных в изопропиловом спирте. Сушка происходила под вакуумом при комнатной температуре. Полученный ксерогель молотся в ступке и был просеян через сито. Был выявлен размер оптимальной фракции: 0.120 - 0.100 мм.

Существуют работы, в которых исследуются возможность создания вертикально-ориентированных массивов УНТ [2]. В них достигается достойный результат, но выращивание подобных массивов требует специального оборудования и возможно не для всяких поверхностей. Альтернативой этому подходу служит введение УНТ как рельефообразующего элементы в лакокрасочное покрытие [3] но, по-видимому, такой метод не позволяет добиться максимально возможных результатов. Предложенный подход предлагает простой метод синтеза покрытия и его нанесения, не требующий специальных условий.

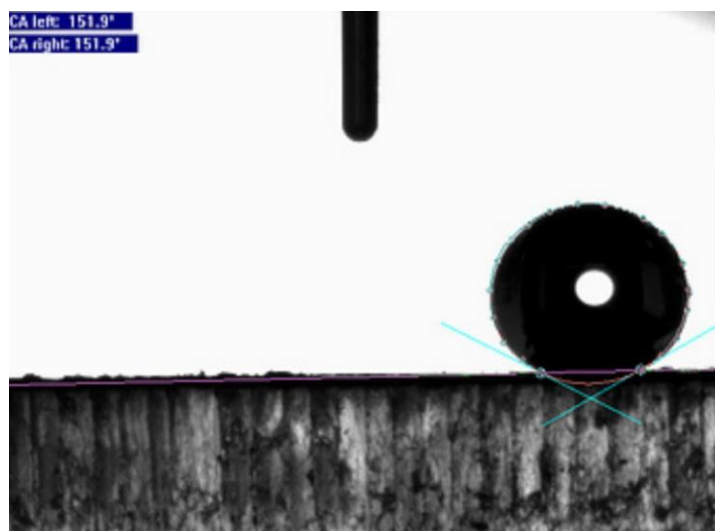


Рис. 1. Измерение краевого угла капли дистиллированной воды на полученном покрытии. Достигнуто значение угла смачивания 151.9 градусов при угле скатывания 3 градуса.

1. Otten A., Herminghaus S., Langmuir, 20, 2405, (2004)
2. Lau K., Kenneth B. at al., Nano Let., 3, 1701 (2003)
3. Roach P., Shirtcliffe N., Newton M., Soft Mat, 4 , 224 (2008)

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОЦЕССОВ КАВИТАЦИОННОГО И ЭЛЕКТРОКОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Капустин С. Н. \*, Керимов Р.С., Кузив И.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия.

\*E-mail: [hare22@yandex.ru](mailto:hare22@yandex.ru)

## FEATURES OF INTERACTIONS OF PROCESSES CAVITATION AND ELECTROCORROSAL DESTRUCTION TITANIUM ALLOYS

Kapustin S. N. \*, Kerimov R.S., Kuziv I.V.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

In works [1-3], on the example of stainless steel and bronze, a significant non-additivity of the processes of interaction of cavitation and electrocorrosive destruction of a metal surface is shown. Depending on the intensity of exposure and the type of substance, these processes can significantly strengthen or weaken each other. Meanwhile, in the process of laboratory research of materials, it is customary to subject them to the alternating effects of these factors, which introduces a certain error in the results. During the poster report data on the mechanisms of destruction of titanium alloys will be presented.

В работах [1-4] на примере нержавеющей стали и бронзы показана существенная неаддитивность процессов взаимодействия кавитационного и электрокоррозионного разрушения металлической поверхности. В зависимости от интенсивности воздействия и типа вещества, эти процесса могут заметно усиливать или ослаблять друг друга. Между тем, в процессе лабораторных исследований материалов принято подвергать их поочередному воздействию этих факторов, что вносит определенную погрешность в результаты. В ходе стендового доклада будут представлены данные о механизмах разрушения титановых сплавов и их взаимодействии в случае одновременного и поочередного воздействия.

1. Eseev M.K., Goshev A.A., Kapustin S.N., Тезисы докладов V Международной молодежной научной конференции, посвященной памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортова (Секция 4): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2018, 130, (2018)
2. Eseev M.K., Goshev A. A., Kapustin S.N., 5 th ernational School and Conference on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures St. Petersburg, Russia, (2018)
3. Гошев А.А., Капустин С.Н., Есеев М.К., Вестник молодежной Науки, 3, 20 (2018)
4. Goshev A. A., Eseev M. K., Kapustin S. N., Journal of Physics: Conference Series, 1124, 081022 (2018)

## ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН ЛЭМБА В МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Хайдаршин М.В.<sup>1\*</sup>, Шитов Д.В.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>ООО «Стратегия НК», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [logovaz47@gmail.com](mailto:logovaz47@gmail.com)

## LAMB WAVES INTERFERENCE IN MAIN PIPELINES

Khaidarshin M.V.<sup>1\*</sup>, Shitov D.V.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>«Strategy NK» LTD, Yekaterinburg, Russia

In this paper, the influence of the interference of Lamb waves on their attenuation in the main pipeline was investigated. The main goal was to identify patterns in the formation of interference of Lamb waves when conducting acoustic emission control in the body of the main pipeline.

В настоящей работе исследовалось влияние интерференции волн Лэмба на их затухание в магистральном трубопроводе. Основной целью являлось выявление закономерностей в образовании интерференции волн Лэмба при проведении акустико-эмиссионного контроля в теле магистрального трубопровода.

В качестве объекта исследования использовался отрезок магистрального газопровода Бухара-Урал длиной 50 метров, изготовленный из стали марки 17Г1С. Длина участка составляет 44 м, наружный диаметр – 1020 мм, толщина стенки – 9 мм. Контроль проводился акустико-эмиссионным измерительным комплексом A-Line 32D компании «Интерюнис». Изучение полученных данных проводилось в программном пакете A-Line OSC Proseccing.

При изучении полученных в ходе акустико-эмиссионного контроля осциллограмм были обнаружены аномальные амплитудные пики в кривой затухания волн Лэмба на расстоянии 6-7 метров от источника акустической эмиссии. Данное явление объясняется возникновением интерференции огибающих тело трубопровода акустических волн.

Таким образом, учет интерференции волн Лэмба при акустико-эмиссионном контроле позволяет уменьшить процент перебраковки магистральных трубопроводов и тем самым повышает точность контроля.

## СТРУКТУРА КОМПОЗИТА Cu/Mg ПОСЛЕ КРУЧЕНИЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Хардин Д.Д.<sup>1\*</sup>, Горинский П.А.<sup>1</sup>, Кругликов Н.А.<sup>1,2</sup>, Толмачев Т.П.<sup>2</sup>,  
Калонов А.А.<sup>2</sup>, Комкова Д.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>)Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>)Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ikhardin000@gmail.com](mailto:ikhardin000@gmail.com)

## Cu/Mg COMPOSITE STRUCTURE AFTER HIGH PRESSURE TORSION

Khardin D.D.<sup>1\*</sup>, Gorinsky P.A.<sup>1</sup>, Kruglikov N.A.<sup>1,2</sup>, Tolmachev T.P.<sup>2</sup>,  
Kalonov A.A.<sup>2</sup>, Komkova D.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>)Ural Fedaral University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>)M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian  
Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The aim of this work is to investigate structure of Cu/Mg composite material after severe plastic deformation produced by high pressure torsion (HPT). Temperature, rotation angle and initial state substantially affect on material structure. We observed mixing of Cu an Mg with different phases appearing.

Медь и ее сплавы нашли широкое применение в промышленности в качестве проводников электрического тока. Медные проводники обладают низким удельным электросопротивлением, высокой пластичностью и стойкостью к коррозии. Недостатком проводников на основе меди является высокая плотность, что ограничивает их применение. Введения магния в состав проводника позволяет понизить массу конечного изделия и увеличить прочность за счет образования твердого раствора[1].

Целью данного исследования является изучения структуры Cu/Mg-композитов после кручения под высоким давлением.

В качестве материала исследования были выбраны Cu/Mg-композиты, полученные методом гидроэкструзии с различным содержанием компонентов. Перемешивания компонентов на границе можно достигнуть методом пластической деформации кручением под высоким давлением (КПВД). Схема установки приведена на рис.1.

Впервые этот метод был использован Бриджменом [2]. Использование КПВД необходимо для моделирования процессов перемешивания компонентов.

В результате экспериментов было изучено влияние давления, угла поворота наковален и температуры деформации на структуру и свойства композитов Cu/Mg. Показано, что после кручения под высоким давлением возникает ряд твердых растворов, интерметаллидов и происходит перемешивание меди и магния.

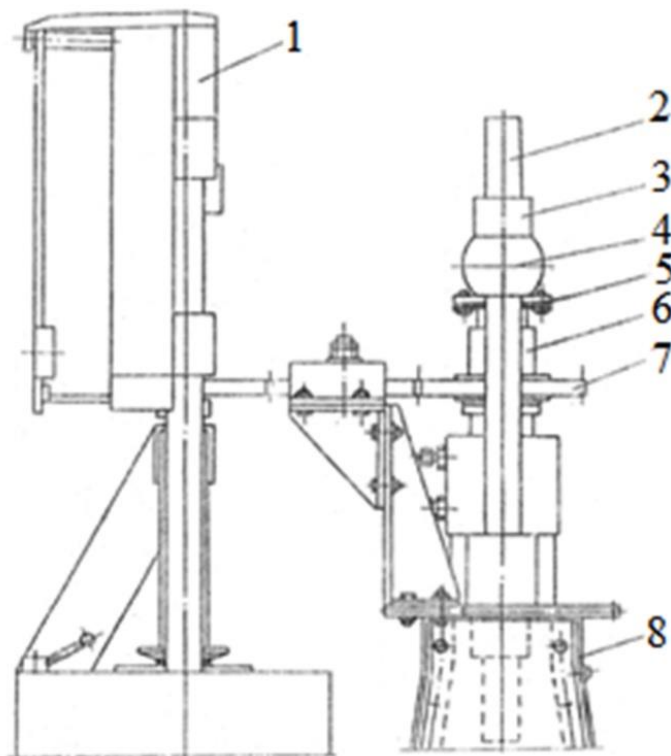


Рис. 1. Общий вид установки для осуществления кручения под давлением 1-крутильная машина КМ-50; 2-колонна пресса; 3-гайка; 4- траверса пресса; 5-штулка поддерживающая блок наковален; 6-стакан, закрывающий блок наковален; 7- ведомая шестеренка главного узла установки, приводящая во вращение подвижные блоки наковальни; 8- станина пресса

*Работа выполнена в рамках государственного задания (тема «Давление», № АААА-А18- 118020190104-3).*

1. Волков А.Ю., Калонов А.А., Комкова Д.А., Глухов А.В., Структура и свойства Cu/Mg-композитов, полученных методом гидроэкструзии. Физика металлов и металловедение, 119, 1002 (2018).
2. Бриджман П.В., Исследование больших пластических деформаций и разрушения. ИИЛ (1955).

## ПОЛУЧЕНИЕ И СТРУКТУРА УЛЬТРАТОНКИХ МАГНИЕВЫХ ПРОВОЛОК

Комкова Д.А.<sup>1\*</sup>, Волков А.Ю.<sup>1</sup>, Марченков В.В.<sup>1</sup>,  
Глухов А.В.<sup>1,2</sup>, Кайгородов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Институт физики металлов им. М.Н. Михеева, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [komkova\\_d@imp.uran.ru](mailto:komkova_d@imp.uran.ru)

## DEVELOPMENT AND STRUCTURE OF EXTRA-FINE MAGNESIUM WIRES

Komkova D.A.<sup>1\*</sup>, Volkov A.Yu.<sup>1</sup>, Marchenkov V.V.<sup>1</sup>,  
Glukhov A.V.<sup>1,2</sup>, Kaygorodov V.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A technique has been developed to obtain extra-fine magnesium wires by chemical etching of Cu/Mg- and Al/Mg-composites. Diameter of obtained magnesium wires was determined by diameter of initial composites and the number of magnesium wires in it. In this study, Mg-wires of 0.23 and 0.17 mm were produced. Structure of Mg-wires were investigated and their electronic transport properties were measured. The results of the study can be used in medicine and electronic devices.

В последние годы всё больше внимания уделяется разработке новых методов получения тонких и ультратонких проволок из магниевых сплавов. Такие проволоки представляют огромный интерес для использования в медицине в качестве стентов для коронарных сосудов и хирургических скоб, а также в микро- и наноэлектронике для создания биоразлагаемых транзисторов и датчиков [1, 2]. Целью данной работы являлось получение и исследование структуры и транспортных свойств ультратонких магниевых проволок.

Поскольку магний имеет низкие пластические свойства, получить из него тонкую проволоку традиционными методами (к примеру, волочением) не представляется возможным. Проведенный нами литературный поиск выявил отсутствие технологии получения проволоки из чистого магния. Имеются данные о получении и исследовании ультратонких проволок диаметром до 0.03 мм из деформируемого магниевых сплава  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  [3]. Таким образом, методы получения проволоки из чистого магния отсутствуют, их структура и физико-механические свойства неизвестны.

В работе предложена методика получения тонких магниевых проволок путем химического травления (в смеси кислот HF и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) многожильных Cu/Mg- и Al/Mg-композиатов. Очевидно, что диаметр получаемых магниевых проволок определяется диаметром исходного композита и количеством в нем магниевых жил. В настоящее время удалось извлечь магниевые волокна диаметром 0.23 и

0.17 мм, отрабатывается технология получения проволок меньшего диаметра. По результатам сканирующей электронной микроскопии средний размер зерна в полученных образцах составляет около 1 мкм. Рассмотрено влияние оболочки композита на микроструктуру приповерхностного слоя получаемой проволоки и ее свойств. Методом измерения электросопротивления при нагреве от криогенных температур изучены транспортные свойства ультратонких магниевых проволок (как в деформированном, так и в отожженном состояниях).

Полученные в работе результаты представляют как научный, так и практический интерес.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (тема «Давление» № АААА-А18-118020190104-3) и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ №18-33-00474).*

1. Gu X.N., Lu Y. et al., Bioact. Mat., 3, 448 (2018).
2. Hwang S.W., Kim D.H. et al., Adv. Funct. Mat., 23, 4087 (2013).
3. Tsuda T., Kawamura Y. et al., LPSO2018 Abstracts, 52 (2018).

## **ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА ФОРМИРОВАНИЕ АЛЮМИНИДОВ $Al_3Hf$ В СИСТЕМЕ Al-Cu-Hf**

Котенков П.В.<sup>1,2\*</sup>, Попова Э.А.<sup>1</sup>, Гилев И.О.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [p.kotenkoff@yandex.ru](mailto:p.kotenkoff@yandex.ru)

## **EFFECT OF COPPER ON THE $Al_3Hf$ ALUMINIDES FORMATION IN THE Al-Cu-Hf SYSTEM**

Kotnikov P.V.<sup>1,2\*</sup>, Popova E.A.<sup>1</sup>, Gilev I.O.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In Al-Cu-Hf alloys,  $(AlCu)_3Hf$  aluminides having an L12 cubic lattice were obtained, with copper replaces up to 13 at. % of aluminum.

Развитие авиационной промышленности, энергетики и автомобильной отрасли требует поиска новых материалов, которые обладают повышенными механическими свойствами, термической стойкостью при плотности ниже традиционных материалов, способных работать при высоких температурах.

Одним из решений задачи получения легких жаропрочных материалов, работающих при температурах выше 900 К, могут стать сплавы на основе сложных триалюминидов с кубической решеткой структурного типа  $L1_2$ , имеющих



оптимальные пластические свойства и высокую термическую стабильность. Путем частичного замещения алюминия в триалюминиды элементами четвертого периода (Cu, Mn, Zn, Co и др.) можно получить термически стойкие композиты. Аллюминиды такого структурного типа получали методом механического легирования [1-5] и показано, что медь является единственной добавкой, стабилизирующей кубическую решетку  $L1_2$  до более высоких (1550 K) температур.

В данной работе рассмотрено влияние меди на стабилизацию кубической решетки аллюминиды  $Al_3Hf$ , который при нормальных условиях кристаллизации образует тетрагональную решетку структурного типа  $D0_{22}$ .

В печи сопротивления в атмосфере аргона, а также в вакуумно-дуговой печи были синтезированы сплавы с различным соотношением Cu к Hf. Скорость охлаждения сплавов составила  $10^2$ - $10^3$  град/с. Содержание Cu варьировалось от 7.5 до 25 ат. % и Hf от 4.5 до 25 ат. %. Металлографический анализ сплавов с различным атомным соотношением Cu/Hf провели с помощью микроскопа Carl Zeiss EVO 40. Химический состава матрицы и аллюминидов определяли с помощью приставки для рентгеноспектрального микроанализа INCA X-Act. Рентгенофазовый анализ выполнен на дифрактометре XRD-7000. Средний химический состав полученных аллюминидов соответствует составу  $Al_{65}Cu_{10}Hf_{25}$ . Результаты исследования показали возможность синтеза комплексных аллюминидов в системе Al-Cu-Hf более простыми технологическими процессами.

1. K. I. Moon, K. Y. Chang, et al. Journal of Alloys and Compounds., 273, 312 (2000).
2. K. I. Moon, S. H. Lee, et al. Intermetallics., 793, 2(2002).
3. P. B. Desch, R.B. Schwarz. Journal of the Less-Common Metals. 69, 168 (1991).
4. S. H. Lee, K. I. Moon, et al. Intermetallics. 1, 14 (2006).
5. T. Gao, X. Liu. J. Mater. Sci. Technol., 291, 29(3) (2013).

## ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ $Ni^{12+}$ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИК $BeO$

Рыскулов А.<sup>1</sup>, Козловский А.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>2)</sup> Астанинский филиал Института ядерной физики, г. Астана, Казахстан

\*E-mail: [kozlovskiy.a@inp.kz](mailto:kozlovskiy.a@inp.kz)

## INFLUENCE OF IRRADIATION OF HEAVY $Ni^{12+}$ IONS ON THE STRUCTURAL PROPERTIES OF CERAMIC $BeO$

Ryskulov A.<sup>1</sup>, Kozlovskiy A.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2)</sup> Astana Branch of the Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan

The paper presents study results of  $Ni^{12+}$  heavy ions irradiation impact on structural properties and radiation resistance of  $BeO$  ceramics. The choice of nickel ions with an energy of 100 MeV is conditioned by possibility of simulating the effect of radiation on the near-surface layer depth of more than 10–12  $\mu m$  and creating radiation defects, which is comparable to the neutron influence on the material.

В современном мире огромное внимание уделяется новым конструкционным материалам для ядерной энергетики, которые эксплуатируются в жестких условиях, таких как высокие температуры, интенсивные потоки ионизирующего излучения, коррозионные среды. В свою очередь керамики  $BeO$  выделяется среди всех видов керамик благодаря уникальному сочетанию высокой теплопроводности с высоким удельным электрическим сопротивлением. Также благодаря малому значению сечения поглощения тепловых нейтронов и высокой химической и коррозионной стойкости и теплопроводности керамики  $BeO$  обладают большим потенциалом применения в качестве конструкционных материалов для ядерной и атомной промышленности [1,2].

В работе представлены результаты исследования облучения тяжелыми ионами керамических материалов на основе оксида бериллия. Выбор ионов  $Ni^{12+}$  с энергией 100 МэВ позволяет моделировать воздействие излучения на глубину приповерхностного слоя более 10-12 мкм и создание радиационных дефектов, которое сравнимо с нейтронным воздействием на материал.

Облучение проводилось на ускорителе тяжелых ионов ДЦ – 60 (Институт ядерной физики МЭ РК), ионами  $Ni^{12+}$  с энергией 100 МэВ, флюенс облучения составил  $10^{13}$ - $10^{14}$  ион/см<sup>2</sup>, что соответствует образованию областей перекрытия дефектов при взаимодействии ионов с кристаллической структурой.

Согласно данным рентгеноструктурного анализа определено, что изменение величины смещений атомов из узлов решетки носит экспоненциальный характер, которое оказывает большое влияние на искажение и деформацию кристаллической структуры в случае образования областей перекрытия дефектов при больших флюенсах облучения. При малых флюенсах облучения, при которых

характерно образование одиночных точечных дефектов, большая часть которых рекомбинирует, концентрация дефектов в структуре незначительна. При больших флюенсах, которым характерно образование каскадов дефектов, приводящих к образованию областей перекрытия термических всплесков, в структуре наблюдается увеличение концентрации дефектов. Увеличение концентрации обусловлено процессами аморфизации, смещением атомов из узлов кристаллической решетки, увеличением искажений и деформаций кристаллической структуры.

1. Zinkle S.J., Skuratov V. A., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 191.1-4, 758-766 (2002).
2. Kozlovskiy A., et al. Ceramics International. 44(16), 19787-19793 (2018).

## **ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ОДНОРОДНОСТЬ СМЕСИ «ДИОКСИД ЦИРКОНИЯ-УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ»**

Кудрявцев М.Д.\*, Чернецкий И.В., Карташов В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mkskudr@gmail.com](mailto:mkskudr@gmail.com)

## **EFFECT OF ACID TREATMENT OF CARBON NANOTUBES ON HOMOGENITY OF MIXTURE “ZICRONIA-CARBON NANOTUBES”**

Kudryavtcev M.D., Chernetskiy I.V., Kartashov V.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The effect of acid treatment nanotubes on preparing homogeneous mixture of “Zicronia-Carbon Nanotubes” powders were studied. Preliminary acid treatment of carbon nanotubes allows to obtain homogeneous mixture of “Zicronia-Carbon Nanotubes” powders, which can be used in the production of high strength ceramic materials.

Добавка углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве армирующего компонента керамических композиционных материалов, полученных методом горячего прессования, позволяет значительно повысить их прочность и трещиностойкость. Одной из основных проблем при производстве этих материалов является склонность УНТ к образованию агломератов. Наличие агломератов и неоднородное распределение УНТ в керамическом материале приводит к снижению его механических свойств.

В данной работе для получения однородной смеси порошков диоксид циркония-УНТ использовали предварительную обработку УНТ в смеси кислот. Использование предварительной кислотной обработки приводит к деградации связей между отдельными нанотрубками и уменьшает склонность УНТ к агрегации.

Кислотную обработку проводили в смеси азотной и серной кислот (3:1 по объему) в течение 2 часов при температуре 60°C. Затем УНТ промывали водой и высушивали в сушильном шкафу при температуре 80°C. Высушенные нанотрубки добавляли в этиловый спирт и обрабатывали с помощью ультразвука (УЗ) частотой 22 кГц. Суспензию смешивали с порошком диоксида циркония с помощью планетарной мельницы «Пульверизетте 5». Затем смесь высушивали сначала на воздухе, а затем в сушильном шкафу при температуре 200°C.

В работе использовали УНТ марки «Таунит-М». Ультразвуковая обработка УНТ марки «Таунит-М», взятых в состоянии поставки, показала высокую склонность материала к агрегированию. В этом случае существенное расслоение суспензии наблюдали уже через 5 минут после окончания процесса УЗ-обработки. Микрофотографии показали наличие крупных агрегатов УНТ размером более 20 микрон в смеси порошков  $ZrO_2$ -УНТ.

Предварительная кислотная обработка УНТ марки «Таунит-М» позволила получить стабильную суспензию УНТ в этиловом спирте. Через два часа после окончания УЗ-обработки видимого оседания суспензии не наблюдалось. Микрофотографии показали практически полное отсутствие крупных агрегатов УНТ в конечной смеси порошков  $ZrO_2$ -УНТ.

Таким образом, предварительная кислотная обработка УНТ позволяет получать однородные смеси порошков  $ZrO_2$ -УНТ, которые можно использовать при производстве высокопрочных керамических материалов.

## ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КОМПОЗИТНОГО Ti-Al-Si-N ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ $K_{\beta}$ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Кукушкин Д.Е.\*, Чукин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [dimoni546@gmail.com](mailto:dimoni546@gmail.com)

## STUDYING THE MICROSTRUCTURE OF COMPOSITE Ti-Al-Si-N COATING USING $K_{\beta}$ X-RAY

Kukushkin D.E.\*, Chukin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study the microstructure of composite coating based on titanium nitride by X-ray diffraction in this paper. A feature of our study is the use of the  $K_{\beta}$  line of the characteristic X-ray spectrum to study the structural features of the surface layers. The two systems of reflections for  $K_{\alpha}$  and  $K_{\beta}$  radiation appearing on the diffractogram are used to analyze the integral information obtained from material layers located at different depths.

Информацию об интегральных характеристиках объекта, его структурных особенностях можно получить с помощью рентгеновской дифракции. Как правило, в случае модифицированных слоев используют съемки с различной геометрией: с фокусировкой по Брэггу-Брентано, асимметричные съемки и съемки «скользящим пучком». Таким образом, меняя ориентацию образца относительно падающего пучка рентгеновского излучения, чтобы была возможность варьировать толщину отражающего слоя материала, можно получить информацию об эффективно отражающем слое материала.

Известно, что рентгеновская дифракция дает информацию именно об интегральных характеристиках исследуемого объекта. Традиционно для изучения структурных особенностей в модифицированных слоях используются съемки с различной геометрией: с фокусировкой по Брэггу-Брентано, асимметричные съемки и съемки «скользящим пучком». При этом удается получить информацию об эффективно отражающем слое материала, толщину которого можно варьировать, изменяя ориентацию образца по отношению к падающему пучку рентгеновского излучения.

В случае изучения модифицированных слоев материалов, чья кристаллическая структура обладает высокой симметрией, иногда бывает удобно дополнительно к изменению ориентации образца использовать способность рентгеновского излучения разных длин волн проникать на разную глубину исследуемого материала. Известно [2], что для исследования модифицированных поверхностей можно использовать нефильТРованное излучение. При этом на дифрактограмме возникают две системы рефлексов для  $K_{\alpha}$  и  $K_{\beta}$  излучения, полученных от слоев материала, расположенных на различной глубине.

В ходе исследований была экспериментально изучена зависимость глубины проникновения  $K_{\beta}$  излучения от линейного коэффициента поглощения рентгеновских лучей в Ti-Al-Si-N покрытиях, путем сопоставления дифрактограмм, полученных  $K_{\beta}$  излучением и «скользящим пучком». Результат имеет большую погрешность, требуя большего числа измерений для его уточнения. Перспективность последних подтверждает твердая теоретическая обоснованность полезного практического применения  $K_{\beta}$  излучения при изучении кристаллической структуры современных материалов.

1. Н.В. Гаврилов, А.С. Каменецких, А.А. Комарский *и др.*, Поверхность **9**, 13 (2014).
2. J.P. Zhao, X. Wang, Z.Y. Chen *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **30**, 5 (1997).

## **ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

Кулемина А.А., Уалитов С.С.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [kuleminaaaa@tyuiu.ru](mailto:kuleminaaaa@tyuiu.ru)

## **SELECTION OF ALTERNATIVE MATERIALS FOR CONSTRUCTION OF PIPELINES IN THE ARCTIC ZONE**

Kulemina A.A., Ualitov S.S.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

Currently, the choice of materials for the construction of pipelines in the Arctic zone of the Russian Federation is an urgent task. One of the important tasks is to protect metals from corrosion. This work is devoted to the selection of materials for the construction of oil trunk pipelines. The advanced materials for the construction of trunk pipelines in the climatic conditions of the Arctic are considered.

В настоящее время одной из наиболее актуальных задач является освоение нефтяных и газовых месторождений находящихся в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ). Для сооружения магистральных трубопроводов, имеющих подчас длину более 10 000 километров, применяются изделия сталей, обеспечивающих изделиям высокую прочность и возможность длительной безаварийной эксплуатации. Как правило, трубы, применяемые для сооружения нефтегазопроводов – это сварные изделия, имеющие спиралевидный или прямой шов. Наиболее часто они имеют большой диаметр, так как именно такие изделия выдерживают высокое давление, которое создается транспортируемым веществом.

АЗРФ характеризуется экстремальными природно-климатическими условиями, чрезвычайной уязвимостью и медленным восстановлением природных

экосистем. Поэтому сооружению трубопроводов и их обслуживанию должно уделяться особое внимание.

Материалы пригодные для строительства трубопроводов в Арктической зоне должны обладать высокими прочностными свойствами, высокой коррозионной стойкостью, низким порогом хладноломкости.

Целью работы было определить возможность применения различных сталей для сооружения трубопроводов в условиях АЗРФ. Основной задачей являлся анализ сталей, применяемые для строительства нефтегазопроводов, а именно оценку их механических свойств и коррозионной стойкости. Для анализа были выбраны стали 09Г2С, 20, 2Х18Н9, 03Х11Н9М2Т и 06Г2СЮ. Стали 09Г2С и 20 были выбраны, так как они традиционно используются в строительстве трубопроводов. Сталь 06Г2СЮ, обладающая схожими свойствами с традиционными, может быть применена для строительства трубопроводов. Стали 2Х18Н9 и 03Х11Н9М2Т использовались в качестве материалов сравнения.

Сталь 06Г2СЮ превосходит по механическим свойствам стали 09Г2С и 45. Согласно литературным данным коррозионная стойкость стали сопоставима с традиционно применяемыми. Однако для определения возможности применения данной марки в условиях АЗРФ необходимо провести испытания приближенные к реальным условиям эксплуатации

Вывод. После проведения данного этапа исследования можно предположить, что сталь 06Г2СЮ может заменить традиционную 09Г2С, однако для определения возможности её эксплуатации в АЗРФ необходимы модельные испытания. Таким образом, в качестве рекомендации для дальнейшего исследования, является оценка коррозионной стойкости в условиях приближенных к эксплуатационным.

1. Драгунов Ю. Г. и др., Марочник сталей и сплавов (2014)
2. Кулемина А.А., Уалитов С.С., Энергосбережение и инновационные технологии в топливноэнергетическом комплексе: материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвященной 10-летию создания Института промышленных технологий и инжиниринга, (2018)
3. Соловьянов А.А., Арктика. Экология и экономика, №1 (2011)

## ВЛИЯНИЕ МАТРИЦЫ НА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ CdS

Кузнецова Ю.В.<sup>1\*</sup>, Попов И.Д.<sup>1</sup>, Дорошева И.Б.<sup>1,2</sup>, Ремпель С.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [jukuznetsova@mail.ru](mailto:jukuznetsova@mail.ru)

## THE EFFECT OF MATRIX ON LUMINESCENCE OF NANOCOMPOSITE BASED ON CDS NANOPARTICLES

Kuznetsova Yu.V.<sup>1\*</sup>, Popov I.D.<sup>1</sup>, Dorosheva I.B.<sup>1,2</sup>, Rempel S.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Solid State Chemistry, of RAS (Ural Branch), Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The present work is devoted to synthesizing the CdS nanoparticles within a dielectric matrix based on silicon oxide using different precursors and studying the effect of matrix on the luminescence of nanocomposite.

Определяющую роль в формировании свойств наночастиц играет способ их синтеза. В большинстве случаев процессы синтеза частиц и их стабилизации разделяются во времени. Одним из немногих методов, где одновременно с образованием наночастиц происходит и их стабилизация, является синтез наночастиц в твердой диэлектрической или полимерной матрице. В этом случае можно получать наноразмерные частицы, изолированные друг от друга материалом матрицы, которая при определенных условиях сохраняет уникальные оптические свойства наночастиц и препятствует их агломерации и нежелательному взаимодействию.

В данной работе проведен синтез наноконпозитов на основе наночастиц сульфида кадмия (CdS) золь-гель методом при комнатной температуре (с использованием жидкого стекла и TEOS в качестве прекурсора диоксида кремния) и высокотемпературным методом в силикатном стекле. Кроме этого, изучены оптические свойства полученных образцов методами оптической и люминесцентной спектроскопии. По спектрам оптического поглощения вычислены значения ширины запрещенной зоны  $E_g$  для исследуемых образцов, которые превышают значения для крупнокристаллического CdS и варьируются в пределах от 2.5 до 3 эВ, свидетельствуя о квантовом размерном эффекте. Также оценен средний размер образовавшихся в диэлектрической матрице полупроводниковых частиц CdS, который изменяется в пределах от 2 до 5 нм в зависимости от условий синтеза. Форма и положение спектров люминесценции так же зависят от условий синтеза наноконпозита.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 17-03-01024 А).*



## ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВЫМ ПОРОШКОМ

Махмуд К.А.<sup>1,2</sup>, Ташлыков О.Л.<sup>1</sup>, Елвакил А.Ф.<sup>2</sup>, Еласси Е.Е.<sup>2</sup>,  
Али Б.Х.<sup>2</sup>, Хешам МН Закали<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Nuclear Materials Authority, El Maadi, Cairo, Egypt

## INVESTIGATION OF RADIATION SHIELDING PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS REINFORCED BY BASALT POWDER

K. A. Mahmoud<sup>1,2</sup>, O. L. Tashlykov<sup>1</sup>, I. E. El Aassy<sup>2</sup>,  
A. F. El Wakil<sup>2</sup>, Hesham MH Zakaly<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Nuclear Materials Authority, El Maadi, Cairo, Egypt

Сегодня радиоактивность используется в самых разных областях. Помимо преимуществ, которые дает применение радиации, это очень опасно для человека, поэтому радиационная защита является очень важной отраслью физики. Защита предоставляется главным образом для индивидуальной защиты и экранирования зданий [1]. Последнее очень важно для мест, где есть источники излучения или радиационные источники. Идеальными защитными элементами, используемыми в радиационной защите, были свинец и вольфрам, но из-за их долговечности и очень высокой стоимости исследователи не могли использовать его непосредственно в зданиях. В последние несколько лет многие исследования посвящены бетонам, которые имеют подходящую плотность, низкую стоимость, легко поддаются обработке и могут использоваться в строительстве зданий вместо свинца и вольфрама, но с меньшими эффектами радиационной защиты [2,3, 4, 5].

Проведено исследование, посвященное оценке коэффициентов ослабления массы бетонного продукта добавлением зернистого базальта с различными соотношениями. Важное значение этой статьи исходит из использования зернистых базальтовых пород, которые встречаются в природных с большими количествами для получения радиационной защиты бетона.

Бетоны были приготовлены с различными соотношениями базальта и постоянным соотношением воды и цемента. Химический анализ бетонов проводили с использованием (ICP-OES).

Коэффициент массового ослабления для базальтобетона с различным размером зерна был измерен с использованием двух источников гамма-излучения <sup>137</sup>Cs и <sup>60</sup>Co с энергиями 662, 1173 и 1332 кэВ соответственно. Было ясно, что с уменьшением размера зерна коэффициент увеличения массы увеличивается, Коэффициент ослабления массы варьировался от 0,044 до 0,065 (см<sup>2</sup> / г) при энергии

гамма-излучения 0,662 кэВ, но для высокой энергии гамма-излучения 1332 кэВ ослабление массы варьировалось от 0,039 до 0,047 (см<sup>2</sup> / г).

Исследован массовый коэффициент ослабления цементно-базальтовых бетонов в зависимости от энергии гамма-излучения. Исследование показало, что коэффициент ослабления массы уменьшается с увеличением энергии гамма-излучения. Увеличение коэффициента ослабления массы с плотностью бетона показало зависимость от плотности бетона и, следовательно, было получено удовлетворительное Экранирование от гамма-излучения. Полученные результаты свидетельствуют о том, что добавление базальта в цементные бетоны может повысить экранирующие свойства бетонов.

1. Medhat. M.E., 2009: Gamma-ray attenuation coefficients of some building materials available in Egypt. *Annals of Nuclear Energy*, 36: 849–852.
2. Khsrita. M. H, Takeyeddin. M, Alnassar. M and Yousef. S., 2008. Development of special radiation shielding concretes using natural local materials and evaluation of their shielding characteristics. *Progress in nuclear energy*, 50:33-36.
3. Akkurt. I, Altindag. R, Gunoglu and K, Sarikaya. H., 2012. Photon attenuation coefficient of concrete including marble aggregates. *Annals of nuclear energy*, 43: 56-60.
4. Shirmardi.S. P, Shamsaei. M and Naserpour. M., 2013. Comparison of photon attenuation coefficients of various barite concrete and lead by MCNP code, XCOM and experimental data. *Annals of Nuclear Energy*, 55: 288-291
5. Singha. K, Singh. S, Dhaliwal. A.S, Singh. G, 2015. Gamma radiation shielding analysis of lead-flyash concretes. *Applied Radiation and Isotopes* 95: 174–179.

## КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$

Максимчук Т.Ю.<sup>1\*</sup>, Пикалова Е.Ю.<sup>1,2</sup>, Пикалов С.М.<sup>3</sup>, Филонова Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт Metallургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vfrcbvxernfyz@mail.ru](mailto:vfrcbvxernfyz@mail.ru)

## CRYSTAL STRUCTURE AND THERMAL EXPANSION $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$ SOLID SOLUTIONS

Maksimchuk T.Yu.<sup>1\*</sup>, Pikalova E.Yu.<sup>1,2</sup>, Pikalov S.M.<sup>3</sup>, Filonova E.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of High Temperature Electrochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Institute of Metallurgy UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The materials of the  $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$  ( $x=0-0.4$ ) series were obtained via a organic-nitrate method. High-temperature structural and thermo-mechanical properties of the single-phase samples were investigated. Nickelates with  $\text{K}_2\text{NiF}_4$ -type structure are considered as prospective cathode materials for high-temperature electrochemical devices.

В последние годы усилия исследователей направлены на подбор катодных материалов для твердооксидных топливных элементов. В настоящей работе синтезированы твердые растворы ряда  $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$  и проведены исследования кристаллической структуры и высокотемпературного поведения с целью выявления факторов, влияющих на стабильность электродов.

Синтез сложных оксидов общего состава  $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$  ( $x = 0.0-0.4$ ) осуществляли глицерин- и цитрат-нитратными методами. Стехиометрические количества  $\text{CuO}$ ,  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  растворяли в конц.  $\text{HNO}_3$ , раствор  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  в воде и органический компонент. Полученную смесь выпаривали в чашке до сухого остатка. Порошки отжигали на воздухе последовательно по 15 часов при температурах 1000 и 1100°C. После каждой стадии порошки перетирали в среде этилового спирта. Полученные порошки  $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$  спрессовали под давлением 30–50 атм в штапики. Финальную стадию спекания в зависимости от содержания меди в образцах проводили при температурах 1250-1400°C.

Фазовый состав и кристаллическую структуру порошков  $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$  исследовали методом рентгеновской дифракции с использованием дифрактометра SHIMADZU XRD-7000 в  $\text{Cu-K}\alpha$ -излучении. Уточнение кристаллоструктурных параметров проводили с использованием программного пакета Fullprof Suite. Высокотемпературные рентгеновские исследования проводили на дифрактометре Rigaku Ultima IV в  $\text{Co-K}\alpha_1$ -излучении. Термическое расширение спеченных образцов исследовали на dilatометре Netzsch DIL 402C.

Изобарический линейный коэффициент термического расширения образцов рассчитывали из наклона экспериментальных зависимостей, полученных по данным ВРФА и дилатометрии.

Согласно данным РФА все образцы  $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$  ( $x=0.0-0.4$ ) являются однофазными и обладают орторомбической структурой. Установлено, что с увеличением содержания меди в ряду  $\text{Nd}_{1.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$  наблюдается уменьшение параметров  $a$  и  $b$  и увеличение параметра  $c$  и объема элементарной ячейки. Значения ЛКТР позволяют сделать вывод, что исследуемые образцы являются приемлемыми материалами для их использования в качестве катодных материалов ТОТЭ.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 19-13-00136. Часть работы выполнена на оборудовании Центров коллективного пользования “Состав вещества” ИВТЭ УрО РАН и “Урал-М” ИМет УрО РАН.*

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОПОРОШКОВ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА

Максимов А.Д.<sup>1,2\*</sup>, Бекетов И.В.<sup>1,2</sup>, Багазеев А.В.<sup>1</sup>,  
Азаркевич Е.И.<sup>1</sup>, Медведев А.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Институт электрофизики Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.d.maksimov1415@gmail.com](mailto:a.d.maksimov1415@gmail.com)

## SYNTHESIS OF METAL OXIDE NANOPOWDERS BY SPARK DISCHARGE

Maksimov A.D.<sup>1,2</sup>, Beketov I.V.<sup>1,2</sup>, Bagazeev A.V.<sup>1</sup>,  
Azarkevich E.I.<sup>1</sup>, Medvedev A.I.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> The Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An experimental setup for obtaining nanopowders by the spark discharge method was developed and manufactured, experiments were conducted to obtain nanopowders of oxides (Al, Fe, Cu, Ti), the report presents the design features and parameters of the setup, as well as the results of the first experiments. The main dependences of the nanopowder output and its dispersion on the energy supplied to the discharge gap, on the frequency of the discharge pulses are shown.

В последние годы наночастицы различных материалов по-прежнему привлекают внимание многих исследователей благодаря их уникальным свойствам и большому потенциалу использования в нанoeлектронике, нелинейной оптике, катализе, биомедицинских технологиях [1,2] и других. При этом особый интерес

представляют частицы с размерами в диапазоне единиц нанометров (1-20 нм), имеющие большую величину отношения поверхности к объему. Одним из перспективных физических методов синтеза nano частиц малых размеров является метод искрового разряда [3,4].

Разработана и изготовлена экспериментальная установка для получения нанопорошков методом искрового разряда, проведены эксперименты по получению нанопорошков оксидов (Al, Fe, Cu, Ti), в докладе приводятся особенности конструкции и параметры установки, а также результаты первых экспериментов. Показаны основные зависимости выхода нанопорошка и его дисперсности от энергии, подводимой к разрядным промежуткам, от частоты следования разрядных импульсов. Обсуждается фазовый состав синтезируемых нанопорошков. В ходе экспериментов наработаны нанопорошки оксидов Al, Fe, Cu и Ti. Порошки анализировались методами РФА, БЭТ, а также методами электронной микроскопии. Установка, изготовленная на данном этапе, позволяет получать нанопорошки оксидов металлов со средними размерами частиц, находящимися в диапазоне 1-10 нм с производительностью до 3 мкг на один разрядный импульс, при этом производительность установки зависит от теплофизических характеристик материала электродов и по оксиду алюминия составляет 10 г/час при частоте разрядов 1 кГц.

1. Kurlyandskaya G.V., Portnov D.S., Beketov I.V. et al., *Biochimica et Biophysica Acta*, 1494-1506, (2017).
2. Pankhurst Q.A, Connolly J, Jones S.K., J. Dobson J., *Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine*, *J Phys D: Appl Phys*, (2003).
3. Pfeiffer T.V., Feng J., Schmidt-Ott A., *Advanced Powder Technology*, 25, 56-70, (2014).
4. D.S. Portnov, I.V. Beketov, A. Larranaga et al., *Vacuum*, 132, 1-4, (2016).

## ИНВARIANTНОЕ РАВНОВЕСИЕ В ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЕ Rb||Br,I,CrO<sub>4</sub>

Малышева К.И. \*, Егорова Е.М.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

\*E-mail: [Enotik2049@yandex.ru](mailto:Enotik2049@yandex.ru)

## NONVARIANT EQUILIBRIUM IN TERNARY SYSTEM Rb||Br,I,CrO<sub>4</sub>

Malysheva K.I. \*, Egorova E.M.

Samara State Technical University, Samara, Russia

Three-component system RbI-RbBr-Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> was studied by differential thermal analysis. The characteristics (composition, melting temperature) of the alloy of the composition corresponding to the minimum point on the monovariant curve are determined. M 581 [30% RbBr, 39% RbI, 31% Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>]

Многокомпонентные солевые смеси обладают высокой электро- и теплопроводностью, низкой вязкостью, малой летучестью, поэтому перспективны для разработки электролитов, а также технологических процессов, связанных с использованием ионных расплавов [1].

Экспериментальные исследования трехкомпонентной системы RbBr-RbI-Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> проведены методом дифференциального термического анализа (ДТА) на установке в стандартном исполнении. На рис. 1 представлена проекция ликвидуса трехкомпонентной системы на треугольник составов. Две двухкомпонентные ограничивающие системы являются эвтектическими, а система из бромида и иодида цезия характеризуется образованием непрерывного ряда твердых растворов с минимумом [2].

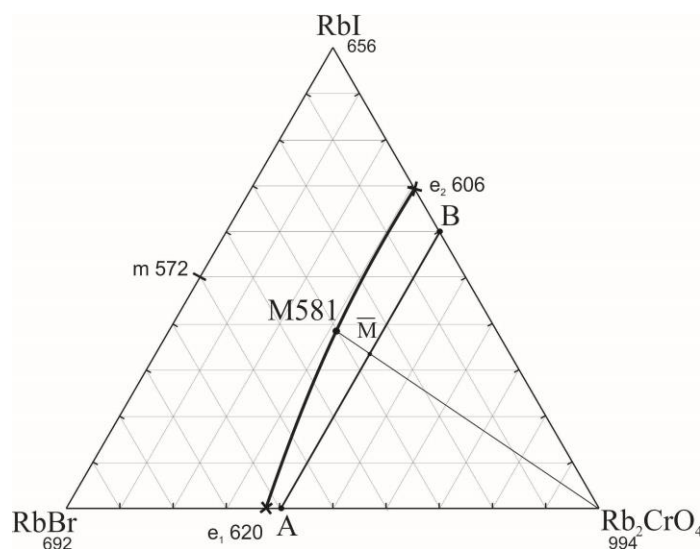


Рис. 1. Треугольник составов системы RbBr-RbI-Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и расположение политермического разреза АВ

Для изучения фазовых равновесий в системе был выбран политермический разрез АВ, находящийся в поле хромата рубидия: A[Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>- 40%, RbBr - 60%] B[Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>-40%, RbI - 60%].

В результате исследования разреза АВ установлено, что в системе отсутствуют термоэффекты при постоянной температуре кристаллизации, т.е. тройная эвтектика не образуется. Из политермического разреза АВ установлена минимальная температура плавления твердых растворов на основе бромида и йодида рубидия, что отвечает направлению на точку минимума на моновариантной кривой.

Дальнейшим изучением разреза, выходящего из вершины хромата рубидия и проходящего через точку, соответствующую направлению на минимум  $\bar{M}$ , определены характеристики точки минимума М: температура плавления 581 °С, соотношение компонентов RbBr -30%, RbI -39%, Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>-31%. Кривые охлаждения состава образца, отвечающего точке минимума, показывают один экзотермический эффект при температуре 581 °С.

1. Коровин Н.В., Электрохимическая энергетика, Энергоатомиздат (1991)
2. В.И. Посыпайко, Е.А. Алексеева., Диаграммы плавкости солевых систем. Ч. III. Двойные системы с общим катионом, Металлургия (1979)

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ K,Rb||F,CrO<sub>4</sub>**

Малышев Г.М.\*, Рогожкина Д.Е., Бурчаков А.В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

\*E-mail: [malyshev-greg@yandex.ru](mailto:malyshev-greg@yandex.ru)

## **ADVANCED MATERIALS BASED ON THE SYSTEM K,Rb||F,CrO<sub>4</sub>**

Malyshev G.M.\*, Rogozhkina D.E., Burchakov A.V.

Samara State Technical University, Samara, Russia

The compositions and temperatures of non-invariant equilibrium points are determined by the method of differential thermal analysis. Results: min 723 [33,33% KF, 28,77% K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, 37,9% Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>], Min 748 [30% KF, 31,4% K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, 38,6% Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>], Min 694 [45,5% KF, 34% Rb<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, 20,5% RbF].

Уникальные свойства солевых расплавов обусловлены их ионным строением. Поэтому исследования, посвященные установлению связи между их структурой и физико-химическими свойствами, а также формирование и поиск разнообразных МКС с заданными свойствами способствуют не только продвижению вперед прикладной химии, но и позволяет расширить область применения солевых расплавов [1].

Для экспериментального исследования серии образцов составов трехкомпонентной взаимной системы  $K,Rb||F,CrO_4$  был использован метод дифференциального термического анализа (ДТА). Фазовый комплекс трехкомпонентной взаимной системы принято изображать в виде проекции поверхности ликвидуса на квадрат составов (Рисунок 3.2). В данной системе прогнозируется три поля кристаллизации НРТР  $K_xRb_{1-x}F$ ,  $K_{2x}Rb_{2-2x}CrO_4$  и  $K_{3x}Rb_{3-3x}FCrO_4$ . В системе присутствует стабильная секущая  $D_1-D_2$ , которая представляет собой квазибинарную систему  $Rb_3FCrO_4-K_3FCrO_4$ . Поэтому в первую очередь было проведено изучение фазовых равновесий в этой системе.

Экспериментально изучен политермический разрез  $D_1$  [33,3% RbF, 66,7%  $Rb_2CrO_4$ ] -  $D_2$  [33,4% KF, 66,6%  $K_2CrO_4$ ]. Была найдена температура плавления и состав точки  $min$  723 [40% $Rb_3FCrO_4$ +60% $K_3FCrO_4$ ]. Выявлена смесь  $min$  586 с минимальной температурой полиморфной модификации твердого раствора ( $K_{3x}Rb_{3-3x}FCrO_4$ ), состав которой совпадает с точкой  $min$  723.

Следующими были изучены нестабильные диагонали  $Rb_2CrO_4-KF$  и  $K_2CrO_4-RbF$ . Из разрезов выявлены точки пересечения моновариантных линий совместной кристаллизации твердых растворов с плоскостью сечения:  $a$  и  $b$  на диагонали  $Rb_2CrO_4-KF$ ,  $c$  и  $d$  на диагонали  $K_2CrO_4-RbF$ . В данных системах наблюдается полиморфное превращение твердого раствора  $K_{3x}Rb_{3-3x}FCrO_4$  и отсутствует невариантное равновесие.

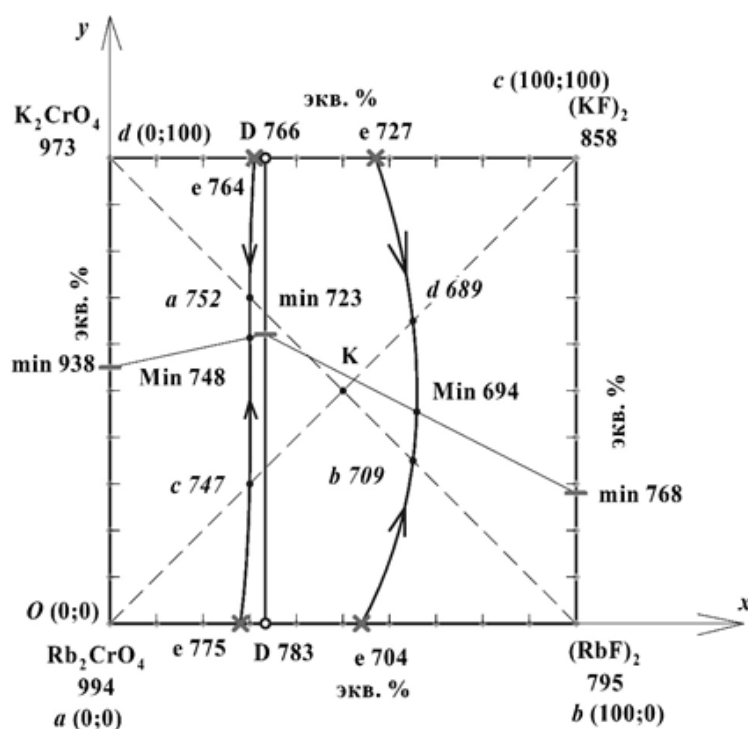


Рис. 1. Проекция поверхности ликвидуса на квадрат составов системы  $K,Rb||F,CrO_4$

В дальнейшем проведено изучение политермических разрезов, проходящих вдоль моновариантных линий  $e$  775 –  $e$  764 и  $e$  704 –  $e$  727 с целью выявления минимальной температуры фазового равновесия (точки тройного минимума).



В результате экспериментального изучения фазового комплекса трехкомпонентной взаимной системы  $K,Rb||F,CrO_4$  определены составы, которые могут использоваться в качестве расплавляемых электролитов химических источников тока: min 723 [33,33% KF, 28,77%  $K_2CrO_4$ , 37,9%  $Rb_2CrO_4$ ], Min 748 [30% KF, 31,4%  $K_2CrO_4$ , 38,6%  $Rb_2CrO_4$ ], Min 694 [45,5% KF, 34%  $Rb_2CrO_4$ , 20,5% RbF]

1. Магомедова Г.А., Гаматаева Б.Ю., Гасаналиев А.М., Известия ДГПУ, 2(2009).

### **ИЗУЧЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ $SrGa_2S_4$ , АКТИВИРОВАННОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ $Nd^{3+}$**

Марьина У.А.\*, Воробьев В.А., Марьин А.П., Пигулев Р.В.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

\*E-mail: [umarina@ncfu.ru](mailto:umarina@ncfu.ru)

### **THE STUDY OF LUMINESCENT PROPERTIES OF $SrGa_2S_4$ , ACTIVATED WITH RARE EARTH IONS $Nd^{3+}$**

Maryina U.A.\*, Vorobiev V.A., Maryin A.P., Pigulev R.V.

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Solid-phase method obtained phosphors based on strontium thiogallate  $SrGa_2S_4$ , activated by trivalent neodymium ions  $Nd^{3+}$ . The spectral properties of fluorescent powders are investigated. When excited by a laser with a wavelength of 815 nm, luminescence is detected in the bands 900, 1075, 1360, 1800 nm. The luminescence mechanism in the  $SrGa_2S_4:Nd^{3+}$  compound is considered.

Создание новых люминесцентных материалов, излучающих в ИК-диапазоне, является актуальной задачей для современной лазерной техники. Тиогаллаты щелочноземельных металлов имеют оптические ширины запрещенных зон (4,1–4,4 эВ) [1] и низкую энергию фононов ( $350\text{--}410\text{ см}^{-1}$ ) [2], что позволяет получать высокоэффективные люминофоры на их основе, обладающие интересными люминесцентными и электролюминесцентными свойствами.

Перспективным ИК-люминофором может быть тиогаллат стронция  $SrGa_2S_4$ , активированный ионами неодима  $Nd^{3+}$ . Согласно литературным данным [3] в схожих по структуре кристаллах  $CaGa_2S_4:Nd^{3+}$  и  $PbGa_2S_4:Nd^{3+}$  при возбуждении лазером с длиной волны 810 нм наблюдаются характерные люминесцентные пики в ближней и средней ИК-области, соответствующие излучательным переходам в ионах неодима  $Nd^{3+}$ .

Синтез экспериментальных образцов осуществляли поэтапно твердофазным методом в высокотемпературной печи при температурах 700, 780 и 800 °С с постоянным добавлением серы. Для создания восстановительной атмосферы образцы помещались в тигли и свержу засыпались БАУ. В качестве основных

реактивов использовались: карбонат стронция  $\text{SrCO}_3$ , оксид галлия  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , сера S в стехиометрическом соотношении (1:2:4). Активатор вводился в виде раствора нитрата  $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$ . Карбонат стронция и оксид галлия просеивали, смешивали и добавляли раствор активатора  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ . После сушки в шихту добавляли серу S, все тщательно размалывали, просеивали и помещали в тигель для прокалки.

Полученный таким образом люминофор обладает люминесценцией в полосах 900, 1075, 1360 нм при возбуждении лазером с длиной волны 815 нм (рис. 1).

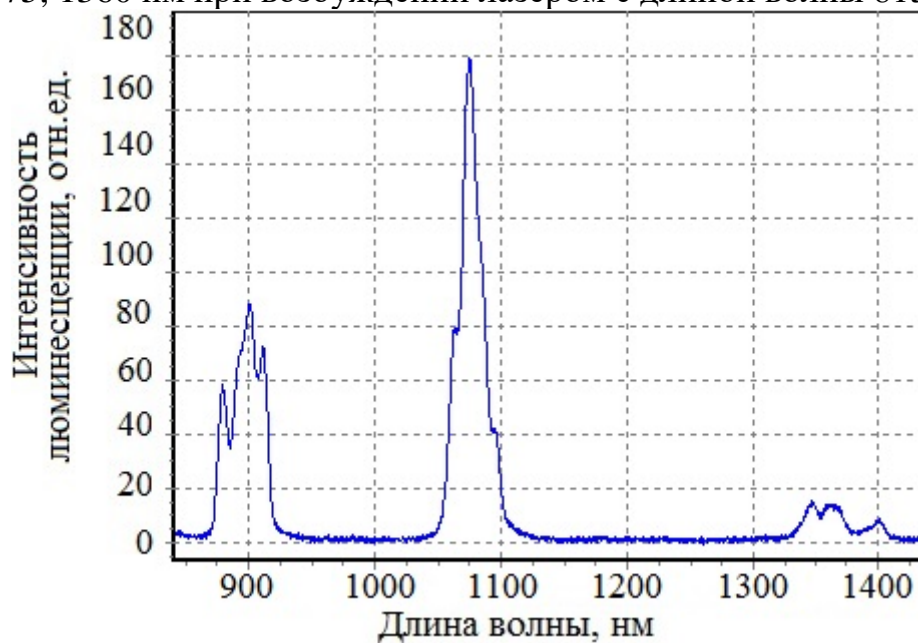


Рис. 1. Спектр ИК-люминесценции  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Nd}^{3+}$  при возбуждении лазером с длиной волны 815 нм.

Механизм люминесценции в структуре  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Nd}^{3+}$  можно описать следующим образом. При возбуждении вещества излучением с длиной волны 815 нм происходит переход электронов с основного энергетического уровня  $^4\text{I}_{9/2}$  на возбужденный уровень  $^4\text{F}_{3/2}$ . Далее следует серия оптических переходов с понижением энергии, которые сопровождаются люминесценцией в полосах: 900 нм ( $^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{9/2}$ ), 1075 нм ( $^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{11/2}$ ), 1360 нм ( $^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{13/2}$ ). Идентификация полос производилась на основе диаграммы расположения энергетических уровней трехзарядных ионов лантаноидов. Полученные данные согласуются с исследованиями авторов [3] о люминесценции ионов неодима в кристаллах  $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Nd}^{3+}$  и  $\text{PbGa}_2\text{S}_4:\text{Nd}^{3+}$ .

1. Shim Y. et al., *Thin Solid Films*, 455–456, P.244–247 (2004).
2. Shim Y. et al., *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 64, P.1811–1814 (2003).
3. Orlovskii Y.V. et al., *Optical Materials*, 29, P.1115–1128 (2007).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА КОНВЕКТИВНОГО ГАЗООХЛАДИТЕЛЯ ПГУ-ВЦГ СХЕМЫ SHELL В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ CFD

Масленников Г.Е. \*, Микула В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [g26m12@gmail.com](mailto:g26m12@gmail.com)

## EVALUATION OF THE EROSION WEAR OF A CONVECTION SYNGAS COOLER OF THE SHELL IGCC PROCESS USING THE CFD SOFTWARE

Maslennikov G.E. \*, Mikula V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Numerical modeling of the erosion wear of the input surfaces of a convection gas cooler is carried out using the CFD software. There are 4 calculations with different configuration of the bluff body. Based on the results, it is concluded that it is advisable to install a fairing to reduce erosive wear of the heat exchanger surfaces of the gas cooler.

Целью настоящей работы является качественный анализ эрозионного износа входных поверхностей спирального конвективного газоохладителя (ГО) и его минимизация за счет установки обтекателя. Для этого в программном пакете CFD было выполнено 4 расчета верхней части конвективного ГО. В первом расчете центральная часть внутренней спирали закрыта плоской перегородкой, в остальных обтекатель имеет форму полусферы, конуса и цилиндра.

Для упрощения расчета спирали смоделированы в виде цилиндрических поверхностей с гладкой верхней кромкой. Наружный диаметр труб  $d = 44$  мм; относительный шаг между спирали  $s_2 = 2d$ ; трубы изготовлены из никель-хромового сплава Инконель [1]. Синтез газ имеет следующие параметры: расход 113.1 кг/с; температура 750°C; давление (абс.) 42 бар. Частицы приняты сферическими, их диаметр варьируется от 2 до 100 мкм, плотность — 2800 кг/м<sup>3</sup>, расход — 1,83 кг/с [2]. Турбулентность учитывается при помощи realizable k-ε модели. Ввиду сложности геометрии расчетная сетка выполнена тетраэдрической.

Эрозия рассчитывалась при помощи модели Табакова-Гранта (Tabakoff-Grand), разработанной для расчета эрозии стальных поверхностей под действием золотых частиц [3]. Эрозионная стойкость Инконеля выше, чем у стали, однако это в малой степени влияет на качественную картину износа [4].

Ключевым показателем, характеризующем опасность износа, мы выбрали его максимальное значение. В таблице сведены полученные нами пиковые значения эрозионного износа (мм/год) на входных кромках спиралей ГО, пронумерованных, начиная от центра. Наибольшему износу подвержена вторая от центра спираль; наименьшему — первая, здесь скорости газа минимальны. Из четырех вариантов наибольшие пиковые значения эрозии получены в расчете с плоской

крышкой, что говорит о целесообразности установки обтекателя для уменьшения эрозионного износа теплообменных поверхностей. Наилучшие результаты достигнуты с конусом и сферой, однако сам конусообразный обтекатель подвержен высокой эрозии, поэтому мы считаем сферический обтекатель наиболее оптимальным.

Максимальные значения интенсивности эрозионного износа, мм/год

<b>Поверхность \ Форма обт.</b>	Без обтекателя	Сфера	Конус	Цилиндр
Обтекатель	0,07	0,18	6,51	0,46
Спираль 1 (внутренняя)	0,20	0,11	0,09	0,22
Спираль 2	1,10	0,28	0,30	0,67
Спираль 3	0,42	0,19	0,21	0,53
Спираль 4	0,36	0,20	0,31	0,35
Спираль 5	0,38	0,21	0,23	0,25
Спираль 6(внешняя)	0,38	0,45	0,23	0,29

1. Sangbin P., In-Soo Y. et al., Gas and particle flow characteristics in the gas reversing chamber of a syngas cooler for a 300 MWe IGCC process, *Applied Thermal Engineering*, 70, 388–396 (2014).
2. Junho O., In-Soo Y. et al., Modeling and analysis of a syngas cooler with concentric evaporator channels in a coal gasification process, *Korean J. Chem. Eng.*, 31, 2136–2144 (2014).
3. Tabakoff W., Kotwal R., Hamed A. Erosion study of different materials affected by coal ash particles, *Wear*, 52, 161–173 (1979).
4. Levin B., Vecchio K., et al., Modeling solid-particle erosion of ductile alloys, *Metalurgical and Materials Transactions A*, 30, 1763-1774 (1999).

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ТВЕРДЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ НА ОСНОВЕ ФАЗ В СИСТЕМЕ $\text{La}_2\text{O}_3\text{--MoO}_3$

Матвеев Е.С., Свищев С.А., Партин Г.С., Кочетова Н.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Egor.Matveev@urfu.ru](mailto:Egor.Matveev@urfu.ru)

## COMPOSITE SOLID ELECTROLYTES BASED ON PHASES IN $\text{La}_2\text{O}_3\text{--MoO}_3$ SYSTEM

Matveev E.S., Svishchev S.A., Partin G.S., Kochetova N.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The  $(1-x)\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9 \cdot x\text{La}_2\text{MoO}_6$  composite electrolytes ( $x=0.05, 0.10, 0.15$ ) with oxygenionic conductivity were studied. It was found that the addition of the heterogeneous dopant leads to improvement of electrical properties of the samples.

В настоящее время твердотельные кислородно-ионные проводники находят широкое применение как функциональные материалы, используемые для изготовления кислородно-обменных мембран топливных элементов, кислородных насосов, датчиков кислорода в выпускных коллекторах двигателей внутреннего сгорания и т.д. Перспективным классом кислородно-ионных проводников являются фазы семейства LAMOX: димолибдат лантана  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  и его производные. Для  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  при  $580^\circ\text{C}$  характерно наличие структурного перехода моноклинной  $\alpha$ -фазы в кубическую  $\beta$ -фазу, в результате которого происходит существенное увеличение электропроводности. Одним из способов улучшения свойств твердых электролитов, при котором возможна стабилизация высокопроводящей модификации  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ , является метод гетерогенного допирования, то есть создание композиционных образцов. В частности, перспективно изучение композитов эвтектического типа [1].

На фазовой диаграмме  $\text{La}_2\text{O}_3\text{--MoO}_3$  вблизи  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  в области с большим содержанием  $\text{La}_2\text{O}_3$  описана фаза  $\text{La}_2\text{MoO}_6$ . Квазибинарная система  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9\text{--La}_2\text{MoO}_6$  является эвтектической ( $T_{\text{эвт}}=1375^\circ\text{C}$ ), поэтому композиты на основе  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  с допантом  $\text{La}_2\text{MoO}_6$  представляют интерес для исследования.

Целью работы стало получение композитов  $(1-x)\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9 \cdot x\text{La}_2\text{MoO}_6$  ( $x=0.05, 0.10, 0.15$ ) и изучение их электрических свойств.

Образцы были получены двумя методами: механическим смешением компонентов, предварительно синтезированных по керамической технологии из  $\text{La}_2\text{O}_3$  и  $\text{MoO}_3$ , а также методом *in situ*, то есть при одновременном твердофазном синтезе компонентов в одной реакционной смеси, при температурах  $450\text{--}950^\circ\text{C}$  с дополнительной обработкой брикетированных образцов при температурах ниже ( $1050^\circ\text{C}$ ) и выше ( $1400^\circ\text{C}$ )  $T_{\text{эвт}}$ . Методом РФА (D8 Advance, Bruker, Германия) подтвержден фазовый состав полученных образцов.

Электрические свойства, как индивидуальных фаз, так и композитов, исследованы методом импедансной спектроскопии (Elns Z-1000P, ООО «Элинс», Россия) при  $1-10^6$  Гц в интервале  $T=250-900^\circ\text{C}$  и  $p\text{O}_2=10^{-15}-0.21$  атм. Общая электропроводность фаз  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  и  $\text{La}_2\text{MoO}_6$  не зависит от парциального давления кислорода, что говорит о преимущественно ионном характере проводимости. В широком диапазоне  $p\text{O}_2$  аналогично проявляют себя композиты. Анализ температурных зависимостей общей электропроводности показал, что введение добавки  $\text{La}_2\text{MoO}_6$  не приводит к исчезновению скачка электропроводности, связанного со структурным переходом, однако обеспечивает рост значений электропроводности во всем интервале температур. Эффект максимален для образца, содержащего 15 мол.% добавки, и составляет примерно один порядок величины.

Таким образом, исследование композитов в системе  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9-\text{La}_2\text{MoO}_6$  показало перспективность использования метода гетерогенного допирования для улучшения электрических свойств димолибдата лантана.

1. Kochetova N.A., Alyabisheva I.V. et al., Solid State Ionics, 306, 118 (2017).

### **Cu-Cr-W COMPOSITE ALLOY WITH THIN DISPERSIVE INCLUSIONS OF W, RECEIVED BY VIBRATIONAL REACTIVE INFILTRATION OF Cr+W POWDER MIXTURE BY COPPER MELT**

Melchakov S.Yu.\*, Bodrova L.E., Goyda E.Yu., Shubin A.B.

Institute of Metallurgy of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [s.yu.melchakov@gmail.com](mailto:s.yu.melchakov@gmail.com)

The formation of submicron lamellar structures after the decay of (W,Cr) solid solutions in the Cu-Cr-W composite alloys was detected. The alloys were received by vibrational reactive infiltration of a mixture of Cr and W powders at  $1400^\circ\text{C}$  for 10 minutes.

In the previous work [1], we received the Cu-10%Cr-10%W composite alloys obtained by copper melt infiltration of uncompact and compacted mixtures of Cr and W powders. These alloys contained the decomposition structures of (W,Cr) solid solutions. In them, the whole W of secondary generation was dispersed to sizes  $\leq 1 \mu\text{m}$ . The result was unexpected since infiltration was carried out at temperatures 100-150 degrees below the equilibrium line of formation-decomposition of (W,Cr) solid solutions.

This work continues these studies. The possibility of a similar decomposition in the alloys with a W/Cr ratio in a mixture of powders of 0.5; 1; 2; 32 (by weight) was studied. The infiltration process was carried out at  $1400^\circ\text{C}$  in a laboratory device [2] under argon flow. Low-frequency (60 Hz) vertical vibration of an alumina crucible with alloy

components for 10 min was applied. The structure of the alloys was investigated on a Phenom ProX SEM with an integrated EDS system.

The most interesting morphology of dispersion inclusions of secondary W is observed in the alloy obtained at the formation-decomposition temperature of the (W,Cr) solid solution with the ratio  $W/Cr = 1$  (by weight). The decaying structure consists of light and gray stripes with an average width of about  $0.1 \mu\text{m}$  and  $0.5 \mu\text{m}$ , respectively. Figure 1 shows the structure of grains of solid solutions that have disintegrated completely (Fig. 1a) or partly (Fig. 1b). Comparison of brightness of the backscattered electrons reflections from the two types of stripes shows that thin bands are lighter than the matrix ones, i.e. they are richer in W, but darker than pure W (bright white inclusions). Apparently, both of these stripe types are solid solutions of secondary generation, enriched in varying degrees by chromium and tungsten.

The previous studies [3] of the effects of pre-crystallization vibration on the compositions of “Cu melt – Cr powders” showed the following. Already after 10 min of vibration at  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ , chromium particles are filled with copper melt, forming intermediate metastable structural complexes of ultrafine mixtures  $[\text{Cu}_{\text{liq}}+\text{Cr}_{\text{sol}}]$ . The distribution of Cu and Cr in the direction from the center of chromium particles to the interface with the copper matrix has a gradient character. Such formations have a higher reactive ability when interacting with W particles than chromium particles.

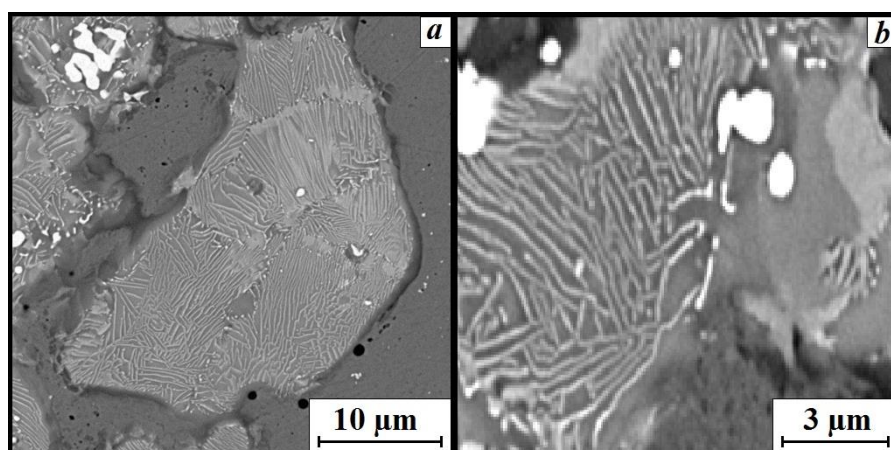


Fig. 1. SEM-images of decay structures in the Cu-Cr-W composite alloy

*The work was carried out within the framework of the state task of IMET UB RAS.*

1. Bodrova L.E., Pastukhov E.A. et al., Tsvetnye metally, 2, 64-69 (2018).
2. Ignat'ev E., Pastukhov E., Bodrova L., Method to obtain alloys of low frequency processing of their melts, LAP LAMBERT Academic Publishing (2013).
3. Bodrova L.E., Melchakov S.Yu., et.al. The Book of Abstracts of the V<sup>th</sup> International Conference “Fundamental Bases of Mechanochemical Technologies”, IPC NSU, 216 (2018).

## **ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНА-КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЯ НА СОРБЦИЮ ИОНОВ МЕДИ (II) СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАМИНОСТИРОЛОМ СО СТЕПЕНЬЮ МОДИФИЦИРОВАНИЯ 0.5**

Мережникова О.И.<sup>1\*</sup>, Алифханова Л.М.к.<sup>1</sup>, Петрова Ю.С.<sup>1</sup>,  
Неудачина Л.К.<sup>1</sup>, Пестов А.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт органического синтеза УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [9617704129@mail.ru](mailto:9617704129@mail.ru)

## **EFFECT OF COMPLEX-FORMER ION CONCENTRATION ON THE SORPTION OF COPPER (II) IONS BY SULFOETHYLATED POLYAMINOSTYRENE WITH THE DEGREE OF MODIFICATION 0.5**

Merezhnikova O.I.<sup>1\*</sup>, Alifkhanova L.M.k.<sup>1</sup>, Petrova Yu.S.<sup>1</sup>,  
Neudachina L.K.<sup>1</sup>, Pestov A.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

The effect of complex-former ion concentration on the sorption of copper (II) ions by sulfoethylated polyaminostyrene with the degree of modification 0.5 by the method of limited volume was studied. The sorption isotherms of copper (II) ions with their individual presence in an ammonium acetate buffer solution are constructed. For the resulting isotherm, the models that best describe them are selected. The static capacity of the sorbent for copper (II) ions was 1.8 mmol / g.

Сорбенты на основе полиаминостирола являются перспективными материалами для извлечения ионов переходных металлов. Ранее [1] показано, что сульфэтилированный полиаминостирол со степенью замещения атомов водорода аминогруппы 0.5 проявляет селективность по отношению к ионам меди (II) и серебра (I) из аммиачно-ацетатных буферных растворов, содержащих эквимольные количества посторонних ионов переходных и щелочноземельных металлов. Концентрация ионов металлов в растворе оказывает значительное влияние на сорбционные свойства исследуемого материала, с ее увеличением извлекаются также и мешающие ионы металлов. Поэтому определенный интерес представляет изучение влияния концентрации иона-комплексобразователя на сорбцию ионов переходных металлов.

Объектом исследования настоящей работы являлся сульфэтилированный полиаминостирол со степенью замещения атомов водорода аминогруппы 0.5 (СЭПАС 0.5). Синтез и идентификация сорбента описаны в [1].

Исследование влияние концентрации иона-комплексобразователя на сорбцию ионов меди (II) СЭПАС 0.5 проводили методом ограниченного объёма из индивидуальных аммиачно-ацетатных буферных растворов с pH= 6.0.



Содержание иона металла в растворах до и после сорбции определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Solaar M6. Результатом сорбционного эксперимента являлась изотерма сорбции.

Проведена математическая обработка изотермы сорбции ионов меди (II) СЭПАС 0.5 моделями Ленгмюра, Фрейндлиха и Редлиха – Петерсона. Значение максимальной сорбционной емкости по ионам меди (II), определенное путем обработки изотермы сорбции по уравнению Ленгмюра, составило 1.8 ммоль/г. На основании анализа коэффициентов детерминации установлено, что изотерма наилучшим образом описывается моделями Фрейндлиха и Редлиха – Петерсона. Это свидетельствует об энергетической неоднородности поверхности СЭПАС 0.5, что может быть обусловлено наличием на поверхности сорбента функционально-аналитических групп различной природы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006*

1. Петрова Ю.С., Алифханова Л.М.к., Неудачина Л.К. и др., Журнал прикладной химии, 89, 1211 (2016).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПАРЕНИЯ ПОРИСТЫХ МИШЕНЕЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЗРАЧНЫХ ОКСИДОВ И ФТОРИДОВ С ПОМОЩЬЮ ВОЛОКОННОГО ИТТЕРБИЕВОГО ЛАЗЕРА

Метелев Д.Е.<sup>1\*</sup>, Платонов В.В.<sup>2</sup>, Тихонов Е.В.<sup>2</sup>, Осипов В.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> ИЭФ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dmetelev.1998@mail.ru](mailto:dmetelev.1998@mail.ru)

## STUDY OF THE EVAPORATION OF POROUS TARGETS FROM HIGH- TRANSPARENT OXIDES AND FLUORIDES WITH THE HELP OF A FIBER YTTERBIE LASER

Metelev D.E.<sup>1\*</sup>, Platonov V.V.<sup>2</sup>, Tikhonov E.V.<sup>2</sup>, Osipov V.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> IEP UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Experimentally investigated of the influence of the refractive index of the porous target transparent material on its evaporation by a fiber ytterbium laser. It was found that with a decrease in the refractive index of the target material from  $n = 2,12$  to  $n = 1,43$ , the delay in the appearance of the laser plume increases from 21  $\mu\text{s}$  to  $\sim 6$  ms.

Известен способ получения нанопорошков оксидов с помощью лазерной абляции. Его суть заключается в испарении лазером мишени, спрессованной из микропорошка, имеющей пористость  $\sim 50\%$ , с последующей конденсацией паров в потоке буферного газа. Полученные порошки имеют ряд достоинств: слабая агломерация, высокая чистота и малые средние размеры ( $\sim 15$  нм). Это позволяет использовать их для изготовления высокопрозрачных лазерных и оптических керамик.

В последнее время для испарения мишеней часто используют непрерывный волоконный иттербиевый лазер ( $\lambda = 1,07$  мкм). Например, с помощью такого лазера с мощностью непрерывного излучения 600 Вт и его интенсивностью на мишени  $0,4$  МВт/см<sup>2</sup> был получен нанопорошок  $Y_2O_3$  с достаточно высокой производительностью 23 г/час [1]. Однако подобные оксиды имеют очень малый показатель поглощения на длине волны 1,07 мкм ( $10^{-3} - 10^{-4}$  см<sup>-1</sup>) и для их испарения необходимо превысить порог оптического пробоя. Расчеты в работе [1] показали, что этому может способствовать рассеяние лазерного излучения пористой мишени. При этом в некоторых её локальных участках интенсивность излучения в 20 – 30 раз превышает интенсивность излучения, падающего на мишень. Важным фактором этого процесса, должен быть показатель преломления материала мишени, но экспериментально его влияние не исследовалось.

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния коэффициента преломления прозрачного материала такой пористой мишени на её

испарение волоконным иттербиевым лазером и, в частности, на время задержки образования лазерного факела.

Для этого использовались мишени с пористостью ~50%, спрессованные и спечённые из микропорошков прозрачных оксидов и фторидов с различными показателями преломления:  $YSZ$  ( $n = 2,12$ ),  $Nd:Y_2O_3$  ( $n = 1,9$ ),  $Al_2O_3$  ( $n = 1,75$ ),  $SiO_2$  ( $n = 1,54$ ),  $YbF_3$  ( $n = 1,6$ ),  $BaF_2$  ( $n = 1,49$ ),  $CaF_2$  ( $n = 1,43$ ). На их поверхность с помощью кварцевой линзы с фокусом  $F = 400$  мм фокусировались одиночные прямоугольные импульсы лазера ЛС-07Н с мощностью 670 Вт и длительностью 1,4 – 100 мс. После каждого импульса мишень передвигалась. Свечение образующегося лазерного факела регистрировалась фотоэлементом ФЭК-22СПУ-М, а форма лазерных импульсов измерялась pin-фотодиодом SFN2500FA.

Было обнаружено, что при испарении мишеней из веществ с достаточно высоким показателем преломления ( $YSZ$ ,  $Nd:Y_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ) время задержки образования лазерного факела достаточно мало и заключено в диапазоне 21 – 49 мкс. В тоже время для веществ с маленьким показателем преломления ( $SiO_2$ ,  $BaF_2$ ,  $CaF_2$ ) величина этого параметра оказалась на несколько порядков выше (~6 мс). Это согласуется с моделью [1]: с уменьшением показателя преломления материала мишени снижается максимальная интенсивность рассеянного излучения в некоторых ее локальных участках, что увеличивает задержки ее лазерного пробоа и начала испарения.

*Настоящая работа выполнена в рамках темы государственного задания №0389-2016-0002.*

1. В. В. Осипов, В. В. Лисенков, В. В. Платонов, Е. В. Тихонов, Квантовая электроника, 48:3, 235–243 (2018)

## РАЗРАБОТКА СОСТАВА КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА

Михальчик К.А., Хотянович О.Е.\*

Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

\*E-mail: [okhotyanovich@rambler.ru](mailto:okhotyanovich@rambler.ru)

## DEVELOPMENT OF COMPLEX CHEMICAL ADDITION FOR CONCRETE

Mikhailchyk K.A., Khotyanovich O.E.\*

Belarusian State University of Technology, Minsk, Belarus

The article presents the results on the development of a comprehensive chemical additives for concrete, has the effect of accelerating the hardening and ductility. Studies have shown the use of complex chemical additives to improve performance properties of engineering constructions erected from both precast and monolithic concrete.

Бетон третьего тысячелетия – это модифицированный бетон. В современной технологии бетона химические добавки являются таким же обязательным компонентом бетонной смеси, как вяжущее вещество, заполнители и вода. Как показала практика, использование добавок позволяет получить ощутимый технико-экономический эффект и повысить долговечность бетонных конструкций и инженерных сооружений, возводимых как из сборного, так и монолитного бетона. Вводимые в небольших количествах – десятых и сотых долях процента от массы цемента – они существенно влияют на химические процессы гидратации и твердения цемента и бетона, обеспечивая повышение его технологических и улучшение комплекса физико-механических свойств. Опыт применения модификаторов бетона показывает, что наиболее перспективным является использование комплексных добавок, поскольку монодобавки могут оказывать не только положительное влияние на свойства бетонов и растворов, но и отрицательное, что снижает их эффективность. В связи с этим, для повышения эффективности применения однокомпонентных модификаторов различного назначения требуется введение компонентов, которые могли бы локализовать отрицательное действие монодобавок или усилить желаемый эффект.

Потребность в комплексных химических добавках в Беларуси покрывается за счет импорта из Чехии, Китая, США, Германии и других стран, поскольку спектр добавок отечественного производства невелик. Однако данные химические добавки широкого распространения не получили по причине высокой стоимости.

В связи с вышесказанным, целью исследований является разработка комплексной химической добавки, обеспечивающей пластифицирующий эффект без замедления сроков схватывания бетонных и растворных смесей и изучение физико-механических свойств модифицированных бетонов.

В составе комплексной добавки полифункционального действия был использован суперпластификатор С-3, являющийся эффективным разжижителем бетонных смесей и получивший широкое распространение в строительной практике. Однако, как показывает опыт, пластифицирующие добавки существенно замедляют сроки схватывания бетонных и растворных смесей, в связи с чем большинство импортных полифункциональных модификаторов содержат ускоритель твердения либо специально подобранную смесь ускорителей [1-3]. В работе для ускорения темпов набора прочности цементного камня использовали отход, образующийся при производстве органического волокна на одном из предприятий Республики Беларусь, который в настоящее время практического применения не имеет.

Исследования показали, что структура цементно-песчаных образцов с комплексными добавками, формирующими первичный структурный каркас, характеризуется более высокими физико-механическими свойствами (предел прочности при сжатии в ранние сроки и марочном возрасте на 35–70% выше, чем у контрольного) и пониженной пористостью за счет образования труднорастворимых соединений, уплотняющих цементный камень. Так, водопоглощение, косвенно характеризующее пористость цементного камня, на 15–20% ниже контрольных образцов, что приводит к увеличению морозостойкости.

1. Зоткин А.Г., Популярное бетоноведение, 3, 65, (2009).
2. Рамачандран В.С. и др., Добавки в бетон, Стройиздат (1988).
3. Калашников В.И., Эффективные высокопрочные и обычные бетоны, Приволжский Дом знаний (2015).

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОДНОВРЕМЕННЫХ ОТВЕРЖДЕНИЯ И ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ТВЕРДОСТЬ ЭПОКСИАМИННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Тоньшев Р.А., Микрюкова Я.К. \*, Мочалова Е.Н., Галиханов М.Ф.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань, Россия

\*E-mail: [yana\\_mikriukova@mail.ru](mailto:yana_mikriukova@mail.ru)

## **THE EFFECT OF TEMPERATURE OF SIMULTANEOUS CURING AND POLARIZATION ON THE HARDNESS OF EPOXYAMINE MATERIALS**

Tonshev R. A., Mikryukova Y. K., Mochalova E. N., Galikhanov M. F.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Samples based on epoxy oligomer DER-331 and amine hardeners of the diethylenetriamine (DETA) and the N-aminoethylpiperazine (AEP) and thermoelectrets based on them were obtained at different temperatures of the curing reaction. The effect of the curing reaction temperature on the hardness of the samples has been studied. The electret characteristics of thermoelectrets were studied. It is shown that the combination of the polarization process with the process of polymer synthesis leads to the hardening of the polymer material.

В настоящее время активно проводятся исследования, посвященные изучению электретного эффекта в пространственно-сетчатых полимерах [1-3], которые, благодаря своим структурным особенностям, могут легко подвергаться модификации (улучшению) физико-механических свойств.

Физическая модификация эпоксидных материалов в процессе совмещения синтеза полимера с процессом поляризации, относится к одному из новых путей модификации эпоксидных материалов. В результате одновременного отверждения и поляризации структура полимерной матрицы, формирующейся в процессе отверждения, фиксируется трехмерной сеткой химических связей, при этом носители заряда (диполи), преимущественно ориентированные в одном направлении, оказываются «замороженными» в структуре сетчатого продукта отверждения, играя роль носителей заряда термоэлектрета.

В последних исследованиях [4] показано, что электретное состояние полимерной матрицы, формирующейся в процессе отверждения, является свободным состоянием эпоксидных макромолекул.

Для проведения исследований были получены неполяризованные образцы и термоэлектреты в процессе совмещения синтеза полимера путем отверждения исходного эпоксидного олигомера DER-331 N-аминоэтилпиперазином (АЭП) с процессом поляризации при температурах 90-120°C в постоянном электрическом поле в течение 2 часов, с последующим охлаждением в течение 30 минут без снятия поляризующего воздействия.

Как видно из рис. 1., твердость неполяризованных образцов (кривая 1) практически не зависит от температуры отверждения. Характер зависимости твердости термоэлектретов от температуры одновременного отверждения и

поляризации может быть объяснен с точки зрения двух конкурирующих факторов: частоты пространственной сетки образующейся трехмерной матрицы и подвижности функциональных групп, способных участвовать в процессах поляризации с участием дипольно-сегментальных фрагментов.

Более высокие значения твердости по Шору D для поляризованных образцов (кривая 2), могут быть объяснены дополнительной ориентацией полярных групп, происходящей при поляризации образцов, что (приводит к возникновению более плотной сетки физических связей) и, следовательно, к увеличению твердости образцов.

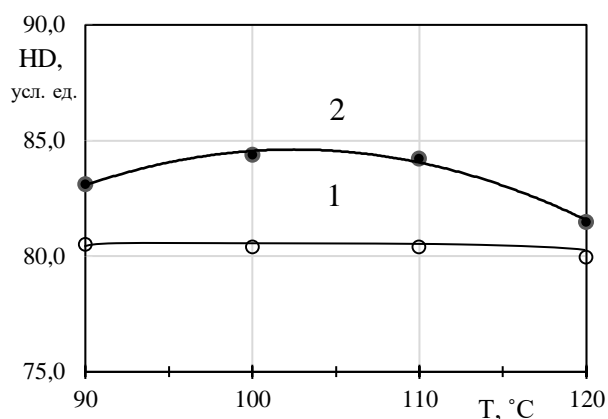


Рис. 1. Зависимости твердости по Шору D для неполяризованных (1) и поляризованных (2) образцов на основе олигомера DER-331 от температуры одновременных отверждения и поляризации (содержание отвердителя АЭП стехиометрическое, продолжительность 2 ч, напряжение поляризации 5 кВ).

1. Ваганов Г.В., Галиханов М.Ф. и др., Физические свойства сетчатых полимеров на основе эпоксидных смол, Фора-принт, (2015).
2. Mochalova E.N., Limarenko N.A. et al., Polymer Science, Series D, 9, 4, 396-401, (2016).
3. Мочалова Е.Н., Лимаренко Н.А. и др., Дизайн. Материалы. Технология, 34, 4, 60-64, (2014).
4. Мочалова Е.Н., Галиханов М.Ф. и др., Бутлеровские сообщения, 49, 1, 91-97, (2017).

## ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$

Морева Е.А.<sup>1\*</sup>, Русских О.В.<sup>1</sup>, Скутина Л.С.<sup>1,2</sup>, Вылков А.И.<sup>1,2</sup>, Филонова Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [katinaposhta@mail.ru](mailto:katinaposhta@mail.ru)

## STUDY OF THE $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$ CONDITIONS SYNTHESIS

Moreva E.A.<sup>1\*</sup>, Russkikh O.V.<sup>1</sup>, Skutina L.S.<sup>1,2</sup>, Vylkov A.I.<sup>1,2</sup>, Filonova E.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of High Temperature Electrochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$  samples at ox-red components varying were synthesized by the pyrolysis of the glycerol- and glycine-nitrate compositions. The composition of the pyrolysis mixture was established by the R and  $\phi$  parameters. During  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$  samples synthesis, the thermomechanical charge generating process was investigated. Electrical conductivity and thermal expansion of the finished  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$  samples were measured.

Изучение условий и механизма синтеза сложных оксидов со структурой двойного перовскита  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-x}\text{Mg}_x\text{MoO}_6$  представляет несомненный интерес, так как оксиды этого класса уже апробированы в качестве анодных материалов для твердооксидных топливных элементов, работающих в среднем интервале температур. В связи с актуальностью оптимизации синтеза оксидов  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-x}\text{Mg}_x\text{MoO}_6$  перед работой была поставлена цель по изучению влияния состава окислительно-восстановительной смеси на ход и результаты пиролиза при синтезе  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$ .

Образцы  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$  были получены методом пиролиза глицин- и глицерин-нитратных композиций при варьировании состава окислительно-восстановительной смеси. Состав пиролитической смеси задавали при помощи параметров R и  $\phi$ . Параметр  $\phi$  рассчитывали из реакции взаимодействия органического компонента с нитрат-ионами с образованием молекулярного азота, углекислого газа и воды. Параметр R определяли из массового отношения между нитратом аммония и органическим топливом. На высушенных после пиролиза порошках  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$  проводили изучение процесса термохимического генерирования зарядов высокой плотности. На финальной стадии синтеза порошки отжигали на воздухе при температуре 1100°C в несколько 15-часовых стадий с промежуточными перетираниями.

Рентгенографические исследования полученных порошковых образцов проводили на воздухе при 298 К на дифрактометре ДРОН-6 в интервале углов  $20 \leq 2\theta \leq 90$  в  $\text{Cu/K}\alpha$ -излучении.

Для исследований электропроводности и термического расширения из порошков изготавливали компактные образцы. Измерение проводимости образцов проводили четырехзондовым методом на постоянном токе в воздушной среде в



интервале температур 300–850°C с помощью автоматической системы Zirconia-318. Линейное расширение образцов изучали дилатометрическим методом с использованием дилатометра Netzsch DIL 402 PC в интервале температур 200–800°C на воздухе и в восстановительной смеси.

По результатам измерения электропроводности и термического расширения образцов  $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{MoO}_6$  определены оптимальные с точки зрения практического использования изучаемых оксидов в качестве анодных материалов для ТОТЭ значения параметров  $R$  и  $\varphi$ .

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты №18-33-00544, 19-03-00230).*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В КАЧЕСТВЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ РАЗРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ**

Мухаматуллин Р.З.<sup>1\*</sup>, Ельцова С.М.<sup>1</sup>, Смирнов Н.А.<sup>1</sup>

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*E-mail: [rufatmukhamatyllin@gmail.com](mailto:rufatmukhamatyllin@gmail.com)

## **USING PATTERNS OF CHANGES PARAMETERS OF THE ACOUSTIC EMISSION SIGNAL AS A DIAGNOSTIC CRITERION STRUCTURAL STEELS FRACTURE**

Mukhamatullin R.Z., Eltsova S.M., Smirnov N.A.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

The results of experimental studies of the acoustic emission signal parameters recorded during the tensile test.

Опыт эксплуатации конструкций показывает, что их преждевременные повреждения, связанные с началом тех или иных механизмов разрушения материала, происходят при совместном влиянии нескольких (конструктивные особенности, технологии изготовления, природные условия) факторов.

В связи с этим важно найти и определить диагностические критерии разрушения, которые устанавливают момент исчерпания несущей способности материала в точке или же всего тела в целом. [1]

Использование критериев разрушения дает возможность оценить состояние материала, т.к. анализ возникновения макроразрушения проводится на основании данных о напряженно-деформированном состоянии (НДС) элементов конструкций и локальных критериев разрушения. Ключевым становится сравнение НДС с критическим значением параметра — критерием разрушения. [2]

Наибольший интерес представляет собой процесс возникновения трещин, который можно исследовать с помощью метода акустической эмиссии.

Так как явление акустической эмиссии неразрывно связано с процессом деформированием материала, в работе рассматривается возможность применения закономерностей изменения параметров сигнала АЭ в качестве диагностического критерия разрушения материалов.

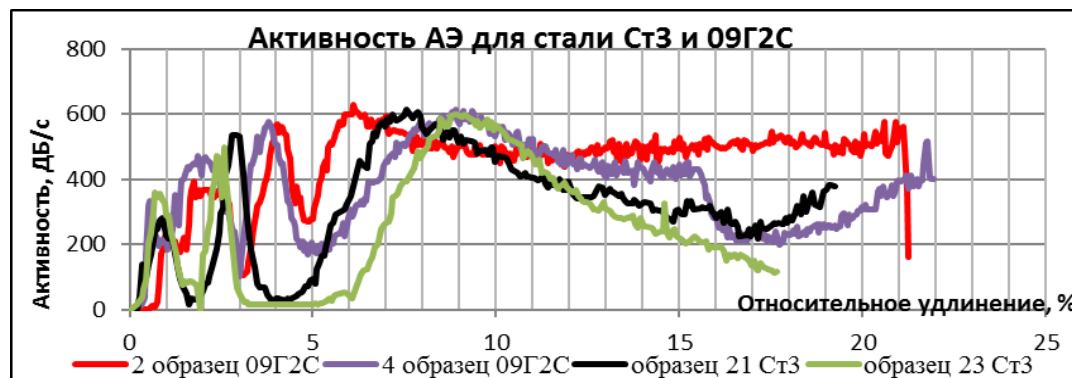


Рис. 1. Зависимость активности АЭ от относительного удлинения %

Для выявления закономерностей изменения информативных параметров сигнала АЭ, указывающих на приближение к критическим точкам, проводились испытания на растяжение на стандартных плоских образцах сталей марок 09Г2С и Ст.3 в состоянии поставки, вырезанных из одного листа.

1) Представленные закономерности изменения информативных параметров сигнала АЭ указывают на приближение к критическим точкам (предел упругости, предел прочности, предел текучести), соответствующих значениям, предшествующим деформации и разрушению.

2) Параметры сигнала АЭ для стали Ст3сп5 и 09Г2С отражают структурные изменения в материале в процессе деформации. Наблюдаемая корреляция механических свойств стали с параметрами АЭ, позволяет определить предел упругости, текучести.

**Заключение:**

Метод АЭ является качественным инструментом исследования состояния металла при воздействии на него внешних факторов (термическая обработка, нагружение, пластическая деформация). На основе его можно найти эффективный метод прогнозирования работоспособности материала, для чего необходимо решить задачу, создания численных критериев оценки изменения параметров сигнала АЭ.

1. Николаева Е.А. Основы механики разрушения, стр. 20,— Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета;
2. Карзов Г. П., Марголин Б. З., Швецова В. А. Физико-механическое моделирование процессов разрушения, стр.5 — СПб.: Политехника, 1993.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Хисматуллина А.Е.<sup>1</sup>, Некрасов И.А.<sup>2\*</sup>, Бекетов И.В.<sup>1,2</sup>, Малкин А.И.<sup>1</sup>,  
Князев Н.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nekrasov@iep.uran.ru](mailto:nekrasov@iep.uran.ru)

## EXPERIMENTAL AND THEORETICAL INVESTIGATIONS OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF IRON BASED NANOCOMPOSITES

Khismatullina A.E.<sup>1</sup>, Nekrasov I.A.<sup>2\*</sup>, Beketov I.V.<sup>1,2</sup>, Malkin A.I.<sup>1</sup>, Knyazev N.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Institute of Electrophysics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Here we present strength of reflectivity of iron based nanocomposites within 1-10 GHz frequencies range as a function of thickness of the samples. Necessary nanoparticles have diameter of 100nm and are obtained by electric explosion of iron wire. Corresponding strength of reflectivity of the samples is calculated using experimentally obtained complex permittivity and permeability.

Одним из наиболее актуальных направлений исследований физических свойств наночастиц является изучение их электрофизических свойств, в частности, взаимодействие с электромагнитным излучением. Особое экспериментально-теоретическое внимание привлекает изучение прохождения, отражения и поглощения электромагнитной волны ансамблем наночастиц в зависимости от параметров наночастиц – размер, форма, химический состав, наличие оболочки и т.д. А также композитных материалов на основе наночастиц. Основными величинами, характеризующими электрофизические свойства таких объектов, являются комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости, которые получаются либо из эксперимента, либо должны рассчитываться в рамках теоретических моделей.

В данной работе будет представлено экспериментальное и теоретическое исследование электрофизических свойств наноконпозитов на основе железа с массовой долей наночастиц 20% при различных толщинах образцов в диапазоне 0.1-12 ГГц. Для создания исследуемых наноконпозитов используется наноразмерный порошок с диаметром частиц 100 нм, полученный методом электрического взрыва железной проволоки, и его последующем размешиванием в эпоксидной смоле КДА2 и дальнейшим ее отверждением (отвердитель ТЭТА).

Экспериментально комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости для данных наноконпозитов будут получены методом линии передачи с

использованием математического аппарата NRW. Затем, в рамках решения уравнений Максвелла с соответствующими граничными условиями и экспериментально полученными величинами диэлектрической и магнитной проницаемостей, будут вычислены отражательная и поглощательная способности данных нанокompозитов как функция толщины образца.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАГНИТОПРОВОДОВ ИЗ АМОРФНОГО СПЛАВА FINEMET**

Никульченков Н.Н.\*, Данилов С.В., Черепанов К.Е., Лобанов М.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nikolai.nikulchenkov@urfu.ru](mailto:nikolai.nikulchenkov@urfu.ru)

## **HEAT TREATMENT PARAMETERS OPTIMIZATION FOR MAGNETIC CORES OF AMORPHOUS FINEMET ALLOY**

Nikul'chenkov N.N., Danilov S.V., Cherepanov K.E., Lobanov M.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Critical points of initially amorphous Fe-Si-Nb-Cu-Mo-B-system alloy, produced by rapid cooling method, were determined using calorimetry and non-ambient x-ray diffraction methods. Alloy existence temperature interval in a nanocrystalline state was established. Heating values of phase and structure transformations, which being realized by heating, were determined. Measurements were used for finite difference simulation and heat treatment optimization of twisted magnetic cores of different sizes.

Сверхтонкие ленты, получаемые методом спиннингования из магнитомягких аморфных сплавов типа Finemet, нашли широкое применение в виде магнитопроводов высокочастотных устройств [1, 2]. При этом, с точки зрения функциональных электромагнитных свойств, предпочтительным является использование сплавов в нанокристаллическом, а не аморфном, состоянии, которое формируется в результате термической обработки витого магнитопровода [3, 4].

Целью работы было определение критических точек и тепловых эффектов превращений исходно аморфного сплава системы Fe-Si-Nb-Cu-Mo-B в виде ленты толщиной ~ 20 мкм, для оптимизации температурно-временных режимов термической обработки магнитопроводов.

Методами терморентгеновского фазового (дифрактометр Bruker ASX ADVANCE D8, рентгеновское излучение  $K\alpha$  Co) и calorиметрического (установка Netzsch STA 449 C Jupiter) анализов при нагреве с различными скоростями (1-30 °/мин) определялись температурные интервалы превращений при переходе материала из аморфного состояния в нанокристаллическое с последующей рекристаллизацией (рис. 1). Из calorиметрических данных были рассчитаны

удельные теплоты кристаллизации – 386 кДж/моль и рекристаллизации – 88 кДж/моль.

Экспериментальные данные были использованы для конечно-разностного моделирования процесса нагрева витых магнитопроводов различных размеров, основанного на численном решении второго уравнения Фурье. При расчетах предполагалось, что основная часть теплового потока направлена в витках параллельна оси магнитопровода. Последнее позволило свести краевую задачу к одномерной. Тепловой эффект кристаллизации моделировался включением внутреннего энергетического источника при достижении критической температуры. Результаты расчетов послужили основой для оптимизации технологической термической обработки витых магнитопроводов различных размеров с целью получения в них метастабильного нанокристаллического состояния без реализации процесса рекристаллизации.

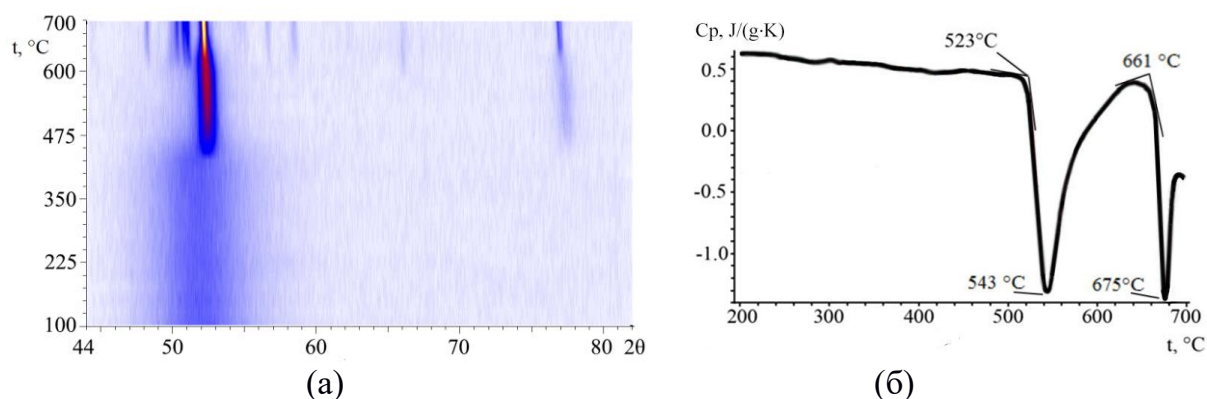


Рис. 1. Эволюция структуры аморфного сплава при нагреве: а – набор дифрактограмм в виде непрерывного изменения интенсивности рентгеновского излучения; б – изменение удельной теплоемкости

1. Yoshizawa Y., Oguma S., Yamauchi K., J. Appl. Phys., 64, 6044–6046 (1988).
2. Стародубцев Ю.Н., Белозеров В.Я., Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов: учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. (2002).
3. Стародубцев Ю.Н., Белозеров В.Я., Компоненты и технологии, № 4, 144–146 (2007).
4. Khazaei Feizabad M.H., Sharafi S., Khayati G.R., Ranjbar M., J. Magn. Magn. Mater., 449, 297–303 (2018).

## МИКРОЭЛЕМЕНТНОЕ ЛА-ИСП-МС КАРТИРОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ АУТИГЕННОГО КАЛЬЦИТА

Носовский Я.В.<sup>1\*</sup>, Червяковская М.В.<sup>2</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>, Шиловский О.П.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>) УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>2</sup>) Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург

<sup>3</sup>) Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

<sup>4</sup>) Музей естественной истории Татарстана, Казань

\*E-mail: [yanplanshet@gmail.com](mailto:yanplanshet@gmail.com)

## TRACE ELEMENT LA-ICP-MS MAPPING OF AUTHIGENIC CALCITE

Nosovsky Ya.V.<sup>1\*</sup>, Chervyakovskaya M.V.<sup>2</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>, Shilovsky O.P.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>) Kazan Federal University, Kazan, Russia

<sup>4</sup>) Natural History Museum of Tatarstan, Kazan, Russia

A crystal of authigenic calcite filling the pores of *Deltavjatia vjatensis* pareiasaur bone (Kotelnich pareiasaur site, r. Vyatka, Russia) was investigated by LA-ICP-MS. Laser and mass-spectrometer operational parameters for trace element analysis were optimized. NIST SRM 610 glass was used for bracketing and CaO was used as an internal standard. Data reduction was performed using GLITTER V4.4 software. Trace element geochemical map was composed revealing the spatial features of calcite crystal.

Кальцит широко распространен в местонахождениях ископаемых апатитов в виде новообразованных кристаллов [1, 2], заполняющих пустоты ископаемой костной ткани или отлагающихся на поверхности в виде тонкой белой корочки [3]. Считается, что обогащенная глинистыми сланцами и карбонатами среда захоронения, характерная для Котельничского местонахождения парейазавров (р. Вятка, Россия), способствует хорошей сохранности не только ископаемых твердых тканей, но и остатков разложения биомолекул (пептидов, холестерина и др. [4]). В ходе раскопок из отложений ванюшонковской пачки были извлечены фрагменты ископаемой костной ткани ребра парейазавра *Deltavjatia vjatensis* [5], Гаверсовы каналы остеонов и межтрабекулярное пространство губчатого вещества которой выполнены вторичной минерализацией различными кристаллическими формами кальцита.

**Целью работы** являлось исследование локальных особенностей аутигенного кальцита, заполняющего полости ископаемой костной ткани парейазавра, для чего использовался метод построения геохимических карт распределения элементов-примесей по данным ЛА-ИСП-МС.

**Материалы и методы.** Зерно кальцита было механически извлечено из полости костной ткани фрагмента ребра парейазавра и смонтировано в держателе приставки для лазерной абляции.

Измерение микроэлементного состава проводили на квадрупольном ИСП масс-спектрометре NexION 300S (PerkinElmer) и приставкой для лазерной абляции NWR 213 (ESI), размещенных в помещении класса чистоты ИСО 7 в ИГГ УрО РАН. Операционные параметры приставки для ЛА при преабляции: энергия лазерного излучения – 1 Дж/см<sup>2</sup>, частота повторений импульсов – 10 Гц, диаметр кратера – 20 мкм; при абляции: энергия лазерного излучения – 8 Дж/см<sup>2</sup>, частота повторений импульсов – 20 Гц, диаметр кратера – 13 мкм, расход транспортирующего потока He – 400 мл/мин, время работы лазера – 50 с, время прогрева лазера перед измерением – 20 с. Обработку результатов проводили в программе GLITTER V4.4. с использованием внутреннего стандарта СаО, в качестве внешнего первичного стандарта использовали стандартное стекло NIST SRM 610 (в качестве вторичного NIST SRM 612), измеренного методом «взятия в вилку» через 5 измерений.

**Результаты.** В образце не обнаружено Si, Cr, Ge, Se, Te, Hf. Во всех анализируемых участках обнаружен: Mn (~5281.6 ppm), Sr (~135.5 ppm), Y (~12.66 ppm), Ba (~0.64 ppm), La (~44.56 ppm), Ce (~75.18 ppm), Pr (~3.87 ppm), Nd (~12.13 ppm), Sm (~1.33 ppm), Eu (~0.32 ppm), Gd (~1.89 ppm), Tb (~0.20 ppm), Dy (~1.34 ppm), Ho (~0.33 ppm), Er (~0.95 ppm), Tm (~0.16 ppm), Yb (~1.02 ppm), Lu (~0.18 ppm), Pb (~0.47 ppm).

*ЛА-ИСП-МС анализ проведен в ЦКП «Геоаналитик» при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00618 А.*

1. Hubert J.F. et al. J Sediment Res, 66, 531–547 (1996).
2. Astibia H. et al. Facies, 50, 463–475 (2005).
3. Piga G. et al. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 310, 92–107 (2011).
4. Plet C. et al. Nature Sci. Rep., 7, 13776 (2017).
5. Киселева Д.В. и др. Металлогения древних и современных океанов, 23, 249-252 (2017)

## КОМПЛЕКСНАЯ АТТЕСТАЦИЯ СВОЙСТВ ЦИНК-ЗАМЕЩЕННЫХ АЛЮМИНАТОВ ЛАНТАНА $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$

Салихова Г.Р.<sup>1</sup>, Обрубова А.В.<sup>1,2</sup>, Белова К.Г.<sup>1,2</sup>, Анимица И.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [OAV-hn@yandex.ru](mailto:OAV-hn@yandex.ru)

## COMPLEX CERTIFICATION OF PROPERTIES OF ZN-DOPED LANTHANUM ALUMINATES $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$

Salikhova G.R.<sup>1</sup>, Obrubova A.V.<sup>1,2</sup>, Belova K.G.<sup>1,2</sup>, Animitsa I.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of High Electrochemistry, Yekaterinburg

The zinc-doped solid solution with perovskite structure  $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$  was synthesized using the solid state method. It was found that the homogeneity region was  $x=0.0-0.1$ . New individual phases were found:  $\text{La}_2\text{ZnAlO}_{5.5}$ ,  $\text{La}_2\text{Zn}_2\text{O}_5$ . Structure, conductivity and chemical stability of samples have been investigated. The maximum of conductivity is observed for the zinc content of  $x=0.1$ . Individual phases was illustrated high conductivity.

**В настоящее время разработка топливных элементов с твердооксидной мембраной рассматривается как перспективное направление для решения ряда задач в энергетике. Однако к недостаткам таких устройств относятся высокие рабочие температуры 900–1000°C, что усложняет и делает слишком дорогим широкое распространение ТОТЭ. Важным аспектом в этом вопросе является поиск электролитов, которые бы обладали приемлемыми значениями проводимости в области средних температур 500–700°C. Поэтому поиск новых соединений с целью их практического применения в качестве компонентов среднетемпературных электрохимических устройств является актуальным.**

Данная работа посвящена исследованию физико-химических свойств сложных оксидов на основе алюмината лантана  $\text{LaAlO}_3$  с замещением позиций алюминия на цинк. Образцы  $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$  были синтезированы методом твердофазного синтеза, установлена область гомогенности твердых растворов  $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$  ( $0 \leq x \leq 0.1$ ), которые имеют кубическую сингонию (пр.гр. *Fm3m*).

Установлено, что в интервале составов  $0 < x \leq 1$  существуют индивидуальные фазы состава  $\text{LaZn}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_{2.75}$  и  $\text{LaZnO}_{2.5}$ . Уточнение структуры показало, что  $\text{LaZn}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_{2.75}$  кристаллизуется в кубической симметрии,  $\text{LaZnO}_{2.5}$  в моноклинной.

Электропроводность однофазных образцов при варьировании термодинамических параметров среды ( $T$ ,  $p\text{H}_2\text{O}$ ,  $p\text{O}_2$ ). Установка для измерения электропроводности в зависимости от парциального давления кислорода позволяла проводить измерения в интервале  $p\text{O}_2$ :  $0.21-10^{-20}$  атм. Максимум общей проводимости наблюдается у  $\text{LaAl}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{O}_{2.95}$ .



Проводилась оценка химической устойчивости образцов по отношению к  $\text{CO}_2$  и парам  $\text{H}_2\text{O}$ . Установлено, что повышенное парциальное давление паров воды в измерительной системе не приводит к гидролизному разрушению образцов. По РФА предварительно обработанных в потоке газа  $\text{CO}_2$  (в соотношении с воздухом (1:1) в течение 18ч.) образцов оценивали химическую устойчивость соединений к воздействию углекислого газа.

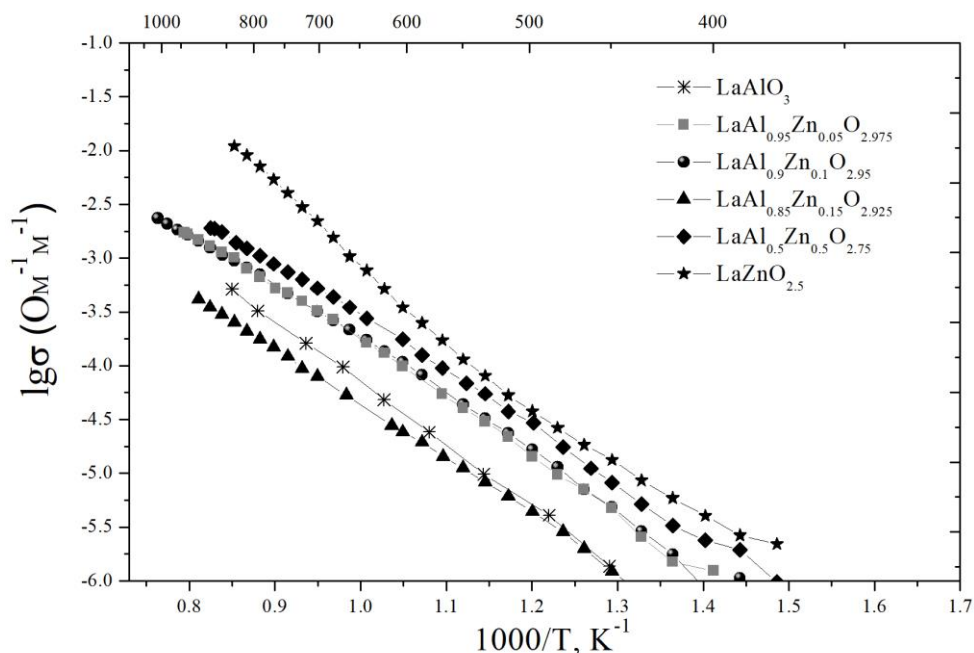


Рис. 1. Температурная зависимость проводимости  $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$  в сухой атмосфере.

## КОМПОЗИТНЫЙ ТВЕРДЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ $\text{CaWO}_4\text{-SiO}_2$

Отческих Д.Д., Пестерева Н.Н., Гусева А.Ф., Гардт В.А., Ефимова А.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dima950220@mail.ru](mailto:dima950220@mail.ru)

## COMPOSITE SOLID ELECTROLYTE $\text{CaWO}_4\text{-SiO}_2$

Otcheskikh D.D., Pestereva N.N., Guseva A.F., Gardt V.A., Efimova A.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The composite materials  $\text{CaWO}_4 - \text{SiO}_2$  (0–80 mol%) were obtained by the solid phase method. Their transport properties were investigated by the AC bridge at a frequency of 1 kHz and by the EMF method. Heterogeneous doping of the oxygen-ionic conductor  $\text{CaWO}_4$  with a  $\text{SiO}_2$  dielectric (10 mol.%) was shown to increase the conductivity by approximately 10 times.

В настоящее время не ослабевают интерес к высокотемпературным кислород-ионным проводникам на основе простых и сложных оксидов.

Одним из методов увеличения ионной проводимости твердых электролитов является гетерогенное допирование [1-2]. Оксид кремния – известная дисперсная добавка, которая существенно улучшает проводимость солей. В настоящей работе получены композиты  $(100-x)\text{CaWO}_4-x\text{SiO}_2$ , ( $x = 0-80$  мол.%) исследованы их электрические и транспортные свойства. Для синтеза использовали нано- $\text{SiO}_2$ , с размером частиц  $\approx 7$  нм и  $\text{CaWO}_4$ , синтезированный по стандартной керамической технологии, с размером частиц от 5 до 15 мкм. Измерена температурная зависимость общей проводимости полученных композитов мостом переменного тока Е7-22 при 1 кГц. Установлено, что проводимость композитов  $(100-x)\text{CaWO}_4-x\text{SiO}_2$  значительно увеличивается при небольших содержаниях  $\text{SiO}_2$ .

Добавление диэлектрика  $\text{SiO}_2$  к вольфрамату кальция (низкопроводящему  $\text{O}^{2-}$ -проводнику) приводит к существенному увеличению ионной проводимости. Электропроводность композита, содержащего 10 мол.%  $\text{SiO}_2$ , в 10 раз выше электропроводности  $\text{CaWO}_4$ . Измеренная методом ЭДС сумма ионных чисел переноса композитов близка к 1. При содержании  $\text{SiO}_2$  более 80 мол.% электропроводность композита близка к электропроводности чистого вольфрамата кальция. На рисунке 1 представлены зависимости общей электропроводности композитов  $\text{CaWO}_4\text{-SiO}_2$  от содержания  $\text{SiO}_2$  при температурах 660–900 °С. Концентрационные зависимости имеют вид кривой с максимумом, типичный для композитов ионный проводник-высокодисперсная инертная добавка, которую можно трактовать в рамках теории перколяции [3].

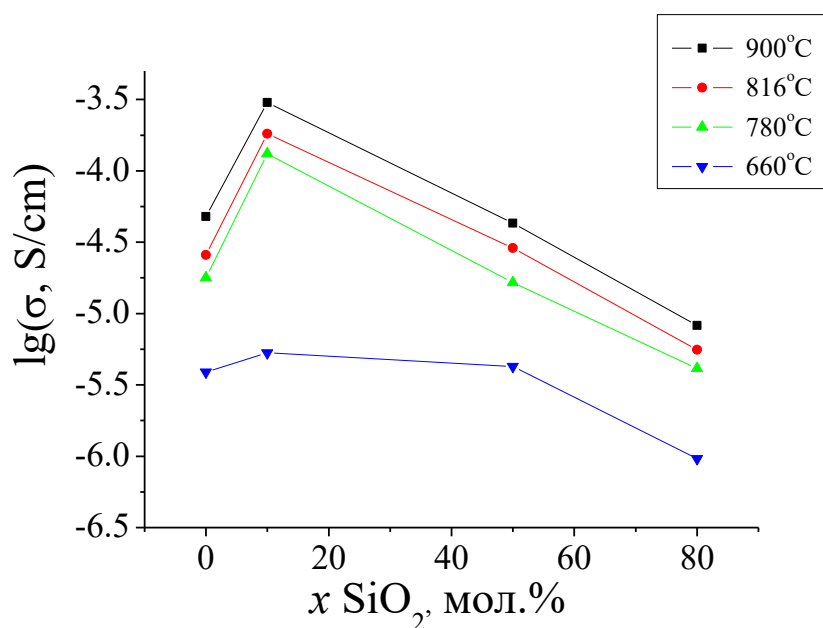


Рис. 1. Зависимость электропроводности композитов  $\text{CaWO}_4\text{-SiO}_2$  от содержания  $\text{SiO}_2$ .

*Авторы выражают благодарность м.н.с. Д.В. Короне.*

1. Нейман А.Я., Пестерева Н.Н., *Электрохимия*, 41, 6, 680-693 (2005).
2. Нейман А.Я., Карапетян А.В., Пестерева Н.Н., *Электрохимия*, 50, 1, 66-77 (2014).
3. Уваров Н. Ф., *Композиционные твердые электролиты*, СО РАН (2008).

## **ВЛИЯНИЕ АНИОННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ И ВВЕДЕНИЕ ОКСИДА КРЕМНИЯ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА**

Переверзев Д.И., Богданова Е.А. \*, Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chemi4@rambler.ru](mailto:chemi4@rambler.ru)

## **INFLUENCE OF ANION SUBSTITUTION AND THE INTRODUCTION OF SILICON OXIDE ON THE PROPERTIES OF THE COMPOSITE BASED ON HYDROXYAPATITE**

Pereverzev D.I., Bogdanova E.A. \*, Skachkov V.M., Sabirzyanov N.A.

Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian

Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The influence of the degree of substitution and/ or introduction on the mechanical properties of the synthesized powders and ceramics based on hydroxyapatite after firing was established.

Керамические материалы на основе гидроксиапатита (ГАП) используют в качестве имплантатов во многих областях медицины, но есть у такой биокерамики недостаток - низкая механическая прочность, что не предполагает ее использование для ликвидации дефектов костных тканей, испытывающих регулярные значительные механические нагрузки [1]. Поэтому разработка материалов, предназначенных для реконструкции костных тканей, является одной из актуальных проблем науки о материалах. Оптимальная биологическая совместимость имплантируемого материала обеспечивается его сходством по своим физико-химическим и структурно-морфологическим характеристикам с замещаемыми им структурами [2].

Анионное замещение в структуре ГАП оказывает существенное влияние на микроструктуру и прочностные свойства. Введение силикат-ионов в структуру ГАП позволяет повысить твердость материала. Максимальными прочностными характеристиками среди исследуемых образцов в интервале температур 25-1000°C обладает  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_5(\text{SiO}_4)(\text{OH})$ . Синтезированные образцы отвечали требованиям, предъявляемым к порошковым материалам, пригодным для получения керамики. Зависимость твердости кремнийзамещенного ГАП от фазового состава образца и температуры обжига позволит варьировать температурные режимы получения и эксплуатации керамических материалов с заданными свойствами.

Получение материала с оптимальными эксплуатационными характеристиками за счет механосинтеза кристаллического ГАП с армирующей добавкой ( $\text{SiO}_2$ ) и оценка влияния упрочняющего компонента на состав, микроструктуру и механические свойства материала в интервале температур 25-1000°C показало, что с

ростом температуры обработки твердость монотонно возрастает, за счет повышения степени кристалличности и плотности материала, добавление жидкостей (спирта, воды и др.) при формовании таблеток ГАП отрицательно сказывается на прочностных характеристиках. Введение армирующей добавки, оказывает существенное влияние на прочностные характеристики ГАП - позволяет повысить микротвердость материала в ~1.5-2 раза.

*Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН.*

1. Баринов, С.М. Биокерамика на основе фосфатов кальция / С.М. Баринов, В.С. Комлев. М.: Наука. 204 с. (2006).
2. Лясникова, А.В. Стоматологические имплантаты. Исследование, разработка, производство и клиническое применение / А.В. Лясникова, А.В. Лепилин, Н.В. Бекренев, Д.С. Дмитриенко – Саратов: СГТУ. 254 с. (2006).

## SYNTHESIS AND CATALYTIC ACTIVITY OF LANTHANUM MANGANITE DOPED WITH ALKALI METALS

Permiakova A.E., Russkikh O.V., Ostroushko A.A.\*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [alexander.ostroushko@urfu.ru](mailto:alexander.ostroushko@urfu.ru)

Atmosphere protection from technogenic impact is an urgent problem. One of the ways of its solving is the development of catalytic methods for purification of waste gases, including the creation of thermocatalytic devices. They could be designed on the basis of complex oxide materials which could become a cheaper alternative to platinum group catalysts currently used.

Complex oxides with perovskite structure  $\text{La}_{1-x}\text{M}_{0.1}\text{MnO}_{3+y}$  ( $\text{M} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$ ) were synthesized by pyrolysis of polymer-salt compositions. They were obtained as ultrafine powders and as a coat on a substrate. Nitrates of appropriate metals and polyvinyl alcohol were used as initial substances, taken in stoichiometric amount of combustion reaction. Characteristics of the pyrolysis process (temperature, composition of waste gases, thermochemical charge generation) were investigated in order to examine the impact of the synthesis conditions on the properties of the obtained materials. Foamed nickel (pore diameter 2-3 mm) was used as substrate. It was preheated at 550°C in order to obtain NiO before the formation of complex oxide on its surface. Intermediate layer provided better adhesion of complex oxide and protected the substrate from degradation.

Physico-chemical properties of obtained complex oxides were investigated. Phase composition was identified by X-ray powder diffraction (diffractometer Bruker D8 ADVANCE,  $\text{CuK}\alpha$ ), morphology – scanning electron microscope AURIGA

CrossBeam (Carl Zeiss NTS), specific surface – automatic analyzer TRISTAR 3020 (Micromeritics). Catalytic activity was investigated for the reaction of soot oxidation. Experiments were performed in open air reactor at fixed temperature (200-450°C, step 50°). The «real soot» which is formed in the conditions of incomplete combustion of fuel was taken. Tight contact between particles of soot and complex oxide (fourfold excess) was realized. The technique of applying soot over the catalytic layer was worked out to study the catalytic activity of the coated samples.

It was found that the introduction of alkali metals in the structure of  $\text{LaMnO}_{3\pm y}$  leads to the formation of solid solutions on its basis thus reflections of other phases were not detected. Catalytic activity of obtained complex oxides was higher than for undoped one. It should be noted that for dopants from Li to Cs the growth of catalytic activity correlated with that for ionic radiuses. Catalytic activity of coated samples was higher for all examined samples.

*The research results were funded by RFBR according to the research project № 19-03-00230, and were obtained in the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of Russia (project №4.6653.2017/8.9) and UrFU program of competitiveness enhancement (project code 14.594.21.0011).*

## **ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ НАНОПОРИСТОГО АНОДНОГО ОКСИДА ПОЛУЧЕННОГО ИЗ АЛЮМИНИЯ ДОПИРОВАННОГО РЗЭ**

Попов Н.А.<sup>1\*</sup>, Васин А.А.<sup>1</sup>, Юферов Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [n168@mail.ru](mailto:n168@mail.ru)

## **LUMINESCENCE OF NANOPOROUS ANODIC OXIDE OBTAINED FROM RARE EARTH DOPED ALUMINUM**

Popov N.A.<sup>1</sup>, Vasin A.A.<sup>1</sup>, Yuferov Yu.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

By anodic oxidation of Al-0.01%Ce alloy foil in a four-component electrolyte solution (a mixture of oxalic, citric, boric acids and isopropyl alcohol), nanoporous anodic aluminum oxide layers were obtained and its photoluminescence was investigated.

Фотолюминесценция пористого анодного оксида алюминия (АОА) в голубой области спектра обусловлена, по мнению многих исследователей, дефектами его аморфной структуры. Это кислородные дефекты – дырочные центры ( $\text{O}^-$ ) и одно- и двухэлектронные вакансии (F-центры) [1]. Другие связывают свечение с влиянием оптически активных углеродсодержащих продуктов, встраиваемых в

структуру оксида при анодировании в органических кислотах [2]. Особый интерес представляет влияние сильных активаторов типа ионов редкоземельных металлов (РЗ) на эти центры свечения. В данной работе допирование АОА ионами РЗ осуществлялось анодированием фольг сплавов алюминия с РЗ на примере сплава состава Al-0.01 ат.% Се. Сплав представлял собой твердый раствор церия в алюминии. Образцы перед анодированием были обработаны в растворе 5% NaOH, в течение 5 мин. при комнатной температуре. Проаноодированы, с предварительным этапом на режиме постоянного тока, 25 мА/см<sup>2</sup> в течение 10 мин., а затем при напряжении 75 В (100 мин.), в смешанном электролите при комнатной температуре. Полученный оксид имел диаметр пор порядка  $150 \pm 40$  нм, и толщину  $70 \pm 5$  мкм.

На рис. 1а,б показаны спектры люминесценции (Xe источник) нанопористых слоев АОА, полученных на сплаве Al-0.01 ат.% Се (а) и на фольге чистого алюминия (б) в одинаковых условиях анодирования. На обоих рисунках имеется несимметричная полоса в области 360-700 нм, характерная для пористого АОА. Большая ширина этой полосы объясняется тем, что аморфная структура полученного оксида подразумевает множество дефектов в подрешетках кислорода и алюминия, имеющих некоторый диапазон энергий излучения. Например, дырочные дефекты в подрешетке кислорода выполняют роль электронных ловушек. Энергетические уровни, формируемые этими дефектами расположены внутри запрещенной зоны. При релаксации электронов между энергетическими уровнями этих дефектов и основным состоянием и происходит испускание свечения в голубой области. По той же причине при различных длинах волн возбуждения 330 и 366 нм наблюдается ее сдвиг: за счет разной длины связей Al-O, дефекты имеют различный энергетический зазор.

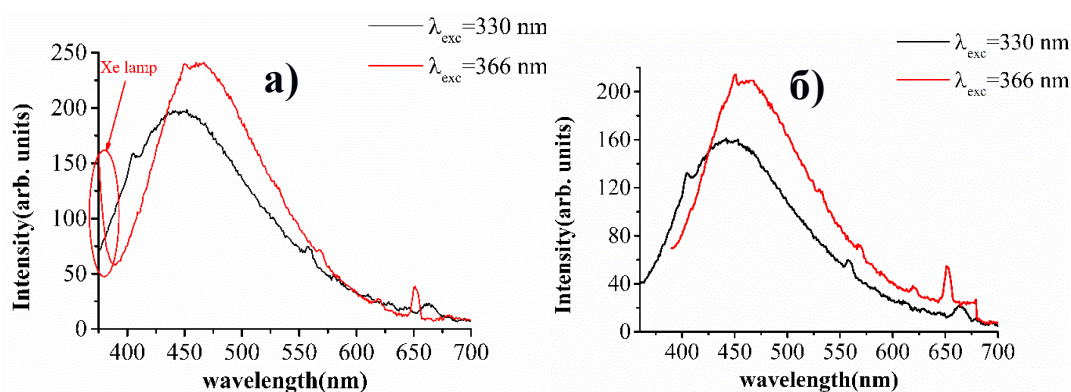


Рис. 1. Спектры люминесценции АОА полученного на: а) сплаве Al-0.01%Се б) чистом Al.

Форма спектров на рисунках совпадает, за исключением пиков в области 600-650 нм. Однако есть повышенная интенсивность свечения оксида, полученного на сплаве с Се. В работе [5], где изучалась люминесценция анодных оксидов титана, полученных на чистом Ti и сплавах Ti-РЗ, полосы свечения всех образцов отличались между собой лишь по интенсивности. Это объяснялось большим

числом связей РЗ-О-Ті, увеличивающих присутствие поверхностных или структурных дефектов в допированных образцах Ті оксида. В нашем случае, ионы церия, могут оказывать аналогичное влияние на структуру АОА.

1. Комаров Ф.Ф., Мудрый А.В. и др. Оптика и спектроскопия. 2008, 104, №2, С.272-275.
2. Врублевский И.А., Паркун В.М. и др. Доклады БГУИР. 2008, Т.5, №5, С.86-90.
3. Parnicka P., Mazierskia P. et. al. Results in Physics. 2019, V.12, P.412–423.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НАНОЧАСТИЦ В УГЛЕРОДНОЙ ОБОЛОЧКЕ Ni@C МЕТОДОМ ЯМР

Прокопьев Д.А.<sup>1,2\*</sup>, Гермов А.Ю.<sup>2</sup>, Михалёв К.Н.<sup>2</sup>, Уймин М.А.<sup>2</sup>, Ермаков А.Е.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [prokopev.dima@mail.ru](mailto:prokopev.dima@mail.ru)

## NMR STUDY OF PHASE COMPOSITION OF CARBON ENCAPSULATED Ni@C NANOPARTICLES

Prokopyev D.A.<sup>1\*</sup>, Germov A.Yu.<sup>2</sup>, Mikhalev K.N.<sup>2</sup>, Uimin M.A.<sup>2</sup>, Yermakov A.E.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The NMR, X-ray diffraction and magnetization data of Ni@C nanoparticles (d = 8 nm) in the carbon shell (2 nm) synthesized by gas-phase method have been obtained. Analysis of the Ni<sup>61</sup> NMR spectra obtained in the local field at T=4.2 K have shown that Ni@C nanoparticles contain phases of metallic Ni (12 %), solid solution Ni-C (8 %), and carbide Ni<sub>3</sub>C (1.5 %). According to C<sup>13</sup> NMR in the external field at T=300 K, the shell does not contain graphene layers.

Магнитные наночастицы представляют значительный интерес, как с фундаментальной точки зрения, так и в связи с возможностью их практического применения в спинтронике, сенсорных устройствах, суперконденсаторах [1], в качестве катализаторов химических реакций [2], а также в медицине, как контрастные агенты МРТ [3] или для адресной доставки лекарств [4].

Из-за очень малых размеров, методом рентгеновской дифракции трудно обнаружить фазы с низкой концентрацией. Нейтронная дифракция также мало эффективна из-за низкой плотности и малых линейных размеров вещества. Измерение намагниченности не позволяет достоверно отделить вклады от различных фаз, присутствующих в образце. Для частиц, размером менее 10 нм, удобной и



эффективной методикой исследования является метод ЯМР [5], который за счёт наибольшей чувствительности к сверхтонким полям позволяет выделить различные фазы.

Для медицинских целей наиболее удобно использовать наночастицы в углеродной оболочке, так как она устойчива при воздействии химических веществ и температурного фактора. В этом случае важно знать не только толщину, но и фазовый состав этого покрытия, потому что графен в углеродной оболочке, например, может повредить живые ткани [6].

В данной работе для наночастиц никеля в углеродной оболочке Ni@C, полученных газofазным методом, совместно с данными структурной и магнитной аттестации приводятся спектры ЯМР  $^{61}\text{Ni}$ ,  $^{13}\text{C}$ . Определён фазовый состав наночастиц.

Согласно полученным данным на ядре  $\text{Ni}^{61}$  в наночастицах Ni@C присутствуют фазы металлического Ni (12 %), твердого раствора Ni-C (8 %) и карбида  $\text{Ni}_3\text{C}$  (1.5 %). Анализ спектра ЯМР  $\text{C}^{13}$  показал, что оболочка состоит из стеклоподобного углерода, признаков графена и графита не обнаружено.

*Работа выполнена в рамках государственной темы «Функция» № АААА-А19-119012990095-0 и поддержана проектом РФФИ №16-02-00416.*

1. Sharoyan E.G., et al., J. of Contemporary Phys., 52, 147 (2017).
2. Erokhin A.V. et al., Russ. J. Phys. Chem. 88, 12 (2014)
3. González-Mancebo D. et al., Particle and Particle Systems Characterization, 34, 10 (2017).
4. Demin A.M. et al., Langmuir, 34, 11, 3449 (2018).
5. Mikhalev K.N. et al., Physics of the Solid State, 59, 3, 514 (2017).
6. Ou L. et al., Particle and Fibre Toxicology, 13, 57 (2016).

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЦИРКОНИЯ И ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА

Разгуляева В.М., Богданова Е.А. \*, Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chemi4@rambler.ru](mailto:chemi4@rambler.ru)

## THE EFFECT OF THE ADDITION OF METALLIC ZIRCONIUM, AND ZIRCONIA ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE COMPOSITE BASED ON HYDROXYAPATITE

Razguliaeva V.M., Bogdanova E.A. \*, Skachkov V.M., Sabirzyanov N.A.

Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian

Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The effect of the introduction of reinforcing additives of metal zirconium and its dioxide on the mechanical properties of synthesized powders and ceramics based on hydroxyapatite.

Синтез новых материалов для реконструкции костных тканей является одной из актуальных проблем науки о материалах. Керамика на основе биоактивного гидроксиапатита (ГАП) имеет невысокую прочность, ее можно повысить посредством армирования ГАП дисперсными частицами. Как правило, дисперсно-упрочненные материалы изготавливают по керамической технологии, включающей операцию высокотемпературной термической обработки для спекания порошков. Температура спекания ГАП составляет 1150-1250°C, однако ГАП, полученный осаждением из растворов, частично разлагается с образованием  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  – трикальцийфосфата (ТКФ) уже при 800°C [1-3].

Прочность полученных композиционных материалов оценивали измерением микротвердости (табл.).

Изменение микротвердости композитов составов ГАП–Zr и ГАП–ZrO<sub>2</sub> при различных температурах

Исследуемый образец	Микротвердость по Виккерсу (HV), ед. тв.					
	25°C	200°C	400°C	600°C	800°C	1000°C
10% Zr+ГАП	140	120	55	-	-	-
20% Zr+ГАП	120	125	55	-	-	-
10% ZrO <sub>2r</sub> +ГАП	90	-	80	145	420	380
20% ZrO <sub>2</sub> +ГАП	80	-	90	120	125	305

Для изучения взаимодействия в системе ГАП–Zr и ГАП–ZrO<sub>2</sub> при высоких температурах использовались: рентгенофазовый анализ (STADI-P STOE; Shimadzu XRD 700), термографическое исследование (*Thermoscan-2*; *TG-DTA-92 Setaram*, при скорости нагрева 10K/мин в тонкостенных корундовых тиглях на

навесках около 5 мг до 1573K в воздушной среде), которые позволяют установить связь между пиками на термограммах и природой фаз, образующихся в композициях.

*Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН.*

1. Баринов, С.М. Биокерамика на основе фосфатов кальция / С.М. Баринов, В.С. Комлев. М.: Наука. 204 с. (2006).
2. Богданова, Е.А. Исследование термической устойчивости кремнийзамещенного ГАП / Е.А. Богданова, Н.А. Сабирзянов // Материаловедение. №10. С.53-56. (2014).
3. Богданова, Е.А. Исследование термической устойчивости фторзамещенного ГАП / Е.А. Богданова, Н.А. Сабирзянов // Материаловедение. №1. С.52-56. (2015).

### **СИНТЕЗ ПОРОШКОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО $Y_2O_3$ И $Sc_2O_3$ , ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ**

Рождественская А.В. \*, Митюшова Ю.А., Султанова Д.Т.,  
Денисова Э.И., Карташов В.В., Белоусов Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [rozhd-bardina@yandex.ru](mailto:rozhd-bardina@yandex.ru)

### **YTTRIA AND SCANDIA STABILIZED ZIRCONIA SYNTHESIS FOR ELECTRICALLY-CONDUCTIVE CERAMICS**

Rozhdestvenskaya A.V. \*, Mityushova Y.A., Sultanova D.T.,  
Denisova E.I., Kartashov V.V., Belousov E.

Ural Federal University named after the first President of Russia

B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

Institute of High-Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Yttria (4%) and scandia (4%) stabilized zirconia powders were synthesized by co-precipitation technique with additional granulation and by glycine-nitrate pyrolytic decomposition with various amounts of fuel chemical. The tablets were compressed from the powders to investigate its electrically-conducting properties.

В настоящее время одним из перспективных керамических материалов, используемых в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) на основе плоских и трубчатых конструкций, является стабилизированный  $ZrO_2$ . Как правило, для

достижения оптимальных эксплуатационных характеристик ТОТЭ требуются высокие рабочие температуры (900–1000 °С). Снижение рабочих температур может быть достигнуто за счет снижения сопротивления электролита, что в свою очередь можно осуществить, если использовать тонкопленочные электролитные мембраны из полностью стабилизированного  $ZrO_2$ , либо использовать нанокристаллические материалы или заменить  $ZrO_2$  на другой керамический материал – электролит с более высокой проводимостью. Еще лучше, если все три подхода использовать комбинированно.

Для изучения и сравнения свойств электролита нами были получены порошки состава  $ZrO_2$ –4 мол. %  $Y_2O_3$ –4 мол. %  $Sc_2O_3$ . Первые три порошка получали соосаждением гидроксидов из солевых растворов. Далее соосажденный гидроксид  $ZrO(OH)_2$ – $Y(OH)_3$ – $Sc(OH)_3$  порошка №1 промывали, сушили при  $105 \pm 2$  °С и прокаливали при 800 °С в течение 1 часа. При получении порошков № 2 и 3 использовали дополнительные методы гранулирования: их гидроксиды сначала замораживали при  $-23 \pm 2$  °С в морозильной камере и в при  $-196$  °С в жидком азоте, соответственно. После чего сушили и прокаливали при аналогичных условиях. Вымораживание при низких температурах позволяет получать мелкодисперсные порошки, а при температурах, близких к 0 °С – порошки с развитой рыхлой поверхностью. Порошки № 4–10 получали методом глицин нитратного сжигания. Данный метод позволяет получить наноструктурированные порошковые агрегаты, обладающие повышенной активностью. При этом варьировали условия горения, а именно, соотношение  $NO_3^-:C_2H_5NO_2$  от 1:1; 1:0,9; 1:0,8; 1:0,7; 1:0,6; 1:0,5 и 1:0,4. По мере уменьшения количества топливного элемента в реакционной смеси наблюдали уменьшение объема получаемого продукта и уменьшение количества несгоревшего твердого углерода (изменение цвета от темно-серого до практически белого). Все порошки, полученные глицин-нитратным методом, прокалили при температуре 800 °С в течение 10–15 минут для удаления углерода, т.к. более длительная термообработка может привести к укрупнению размеров частиц.

Из полученных порошков были спрессованы таблетки для дальнейшего исследования электропроводящих свойств данного материала.

## ОСОБЕННОСТИ РАСПАДА $\text{LiFePO}_4$ В ПРОЦЕССЕ КРС-СПЕКТРОСКОПИИ

Рябин А.А.\*, Махмутов А. Р., Слаутин Б. С., Пелегов Д.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ryabin.alexandr.1@yandex.ru](mailto:ryabin.alexandr.1@yandex.ru)

## FEATURES OF $\text{LiFePO}_4$ DEGRADATION DURING RAMAN SPECTROSCOPY

Ryabin A.A.\*, Makhmutov A.R., Slautin B.S., Pelegov D.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Energy storage by rechargeable batteries has come to occupy a central stage in the last couple of decades, because of necessity such technology for portable electronics, transport (conversion to electric transport) and energy (stationary energy storage systems for alternative energy). The characteristics of lithium-ion batteries, which occupy a large place in this field, largely depend on the material of the electrodes, one of which is lithium iron phosphate  $\text{LiFePO}_4$  (LFP) with the olivine structure.

За последние пару десятилетий накопление энергии с помощью перезаряжаемых батарей стало намного актуальнее в силу необходимости данных разработок для портативной электроники, транспорта (переход на электрический транспорт) и энергетики (стационарные системы накопления энергии для альтернативной энергетики). Характеристики литий-ионных аккумуляторов, занимающих большое место в данной сфере, во многом зависят от материала электродов, одним из которых является железофосфат лития  $\text{LiFePO}_4$  (LFP) со структурой оливина.

Дефектность в этой структуре критична в силу нарушения процессов интеркаляции-деинтеркаляции ионов лития, которые ведут к понижению требуемых характеристик. Поэтому исследование нестехиометрии и дефектности данного материала приоритетно для задачи контроля качества при крупномасштабном производстве ультрадисперсных порошков.

Спектроскопия комбинационного рассеяния света (КРС) - отличный метод исследования структуры электродных материалов, однако используется в основном для идентификации целевой фазы. Мы предлагаем использование спектроскопии КРС для изучения дефектности LFP, как это было показано нами ранее для другого электродного материала, титаната лития ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{TO}_{12}$ ) [1].

Основной сложностью проведения структурных исследований LFP при помощи спектроскопии КРС в кислородной атмосфере является индуцированный возбуждающим лазерным излучением окислительный распад LFP с образованием оксида железа (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  по формуле:



Образованный в ходе измерений спектров КРС при частичном распаде оксид железа (III) имеет свой определённый спектр, который накладывается на спектр LFP, вследствие чего во многих работах его ошибочно предписывают к характеристическим пикам LFP.

В своей работе мы поднимаем вопросы изменения структуры LFP под действием лазерного излучения разных мощностей в процессе спектроскопии КРС. Для этого мы предлагаем использовать накопление и статистическую обработку большого числа спектров КРС.

1. Pelegov, D. V.; Slautin, B. N.; Gorshkov, V. S.; Zelenovskiy, P. S.; Kiselev, E. A.; Kholkin, A. L.; Shur, V. Y., J. Power Sources, 346, 143 (2017).

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ ВОДОРОДА В ТРУБОПРОВОДНОЙ СТАЛИ МАРКИ 10Г2 ДО И ПОСЛЕ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Саквин И.С.\* , Кудияров В.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия

\*E-mail: [sakvinis@gmail.com](mailto:sakvinis@gmail.com)

## **APPLICATION OF THE METHOD OF ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE FOR THE DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF HYDROGEN DIFFUSION IN PIPELINE STEEL MARK 10G2 BEFORE AND AFTER CORROSION TESTS**

Sakvin I.S.\*, Kudiyarov V.N.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

In this work, the method of hydrogen electrochemical permeability was used to calculate the diffusion coefficient in 10G2 steel before and after operation.

На протяжении последних десятилетий встает вопрос о защите магистральных трубопроводов от коррозионного растрескивания под напряжением в связи с тем, что это является причиной большинства известных аварий [1]. В настоящее время основным методом контроля микроповреждений и микродефектов магистрального трубопровода является ультразвуковая диагностика. Одним из важнейших минусов данного метода является малая разрешающая способность. Ультразвуковая диагностика не может обнаружить микроповреждения, в том числе: локальные изменения микроструктуры материала, наклеп, локальное накопление водорода и образование микроскопических зон усталостного разрушения. Данные задачи можно решить, применяя метод проницаемости водорода. Любые

структурные дефекты материала являются, своего рода, ловушками, задерживающими водород. Чем больше количество ловушек, тем большее время понадобится водороду, чтобы диффундировать сквозь образец. Сравнивая коэффициент диффузии в исходном материале и материале, выведенном из эксплуатации, можно качественно сказать о степени деградации материала.

В данной работе был использован разработанный отделением экспериментальной физики НИ ТПУ экспериментальный комплекс Stand for Testing Electrochemical Permeation (СТЕР) предназначенный для исследования как диффузии водорода, так и для системы металл-водород в целом [2].

Для определения коэффициента диффузии необходимо воспользоваться следующей формулой [2]:

$$D = \frac{l^2}{6t_{0.5}} \quad (1)$$

Используя описанную в статье [2] методику расчета коэффициента диффузии водорода получены следующие данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов диффузии водорода в стали марки 10Г2 до и после эксплуатации.

Параметр	Образец	
	Исходная сталь	Эксплуатируемая
Толщина образца, мкм	230	180
Время установления половины стационарного потока, мин.	14	180
Коэффициент диффузии, см <sup>2</sup> /с	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$5,3 \cdot 10^{-9}$
Литературные данные коэффициента диффузии [3], см <sup>2</sup> /с	$4,8 \cdot 10^{-7}$	–

Различие коэффициентов диффузии связано с повышением количества ловушек водорода, появившихся в процессе эксплуатации. Различие же коэффициентов диффузии в исходной стали с литературными данными связано с тем, что сравнение производится со сталью марки X70. Данная сталь выбрана по причине того, что она имеет схожий состав, а также используется в качестве материала магистрального трубопровода в России и за рубежом. Продолжением данной работы будет являться расчет количества ловушек водорода и определение их типа.

1. Карпов С. В., Ширяпов Д. И., Алихашкин А. С., Вести газовой науки, 3 (27), 143 (2016).
2. Kudiyarov V. N., Pushilina N. S., Harchenko S. Y., Advanced Materials Research, 1085, 224 (2015)
3. Olden V., Alvaro A., Akselsen O. M., International journal of hydrogen energy, 37, 11474 (2012)

## КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ОБЩЕГО СОСТАВА $Sr_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$

Савельева О.А., Хвостова Л.В., Волкова Н.Е., Черепанов В. А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [olka\\_saveleva@mail.ru](mailto:olka_saveleva@mail.ru)

## CRYSTALLINE STRUCTURE OF COMPLEX OXYDES OF GENERAL COMPOSITION $Sr_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$

Saveleva O.A., Khvostova L.V., Volkova N.E., Cherepanov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Single phase  $Sr_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$  solid solutions were obtained at 1100°C in air within the two ranges  $0.05 \leq x \leq 0.40$  (with the cubic structure, sp. gr.  $Pm\bar{3}m$ ) and  $0.6 \leq x \leq 1.0$  (with the orthorhombic structure, sp. gr.  $Pbnm$ ).

A-легированные перовскиты типа  $ABO_3$  являются перспективными материалами для применения в качестве разделительных кислородных мембран, газовых сенсоров или катализаторов [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], ионно-транспортных мембран для разделения воздуха или окисления метана, материалов электродов для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ)[**Ошибка! Источник ссылки не найден.-Ошибка! Источник ссылки не найден.**], так как данные соединения могут иметь смешанную ионную и электронную проводимость.

Исследование сложных оксидов  $Sr_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$  актуально в наше время, так как спектр их применения широк, а имеющиеся данные об их свойствах разрозненны и мало систематизированы.

Поэтому целью данной работы является определение кристаллической структуры и области гомогенности для сложных оксидов с общей формулой  $Sr_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$ .

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. Определение параметров элементарных ячеек осуществляли с использованием программы «CelRef 4.0», уточнение – методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008».

Кристаллическая структура незамещенного феррита стронция  $SrFeO_{3-\delta}$  удовлетворительно описывается в тетрагональной ячейке (пр.гр.  $I4/mmm$ ), а твердых растворов на его основе  $Sr_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$  ( $0.05 \leq x \leq 0.40$ ) - в кубической (пр. гр.  $Pm\bar{3}m$ ). Рентгенограммы образцов  $Sr_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$  ( $0.6 \leq x \leq 1.0$ ), подобно недопированному  $PrFeO_{3\delta}$ , были обработаны в рамках орторомбической ячейки (пр. гр.  $Pbnm$ ). Из рентгенографических данных рассчитаны параметры элементарной ячейки всех однофазных оксидов.



На рисунке 1 представлена рентгенограмма, обработанная по методу полно-профильного анализа Ритвелда оксида  $\text{Sr}_{0.8}\text{Pr}_{0.2}\text{FeO}_{3-\delta}$ .

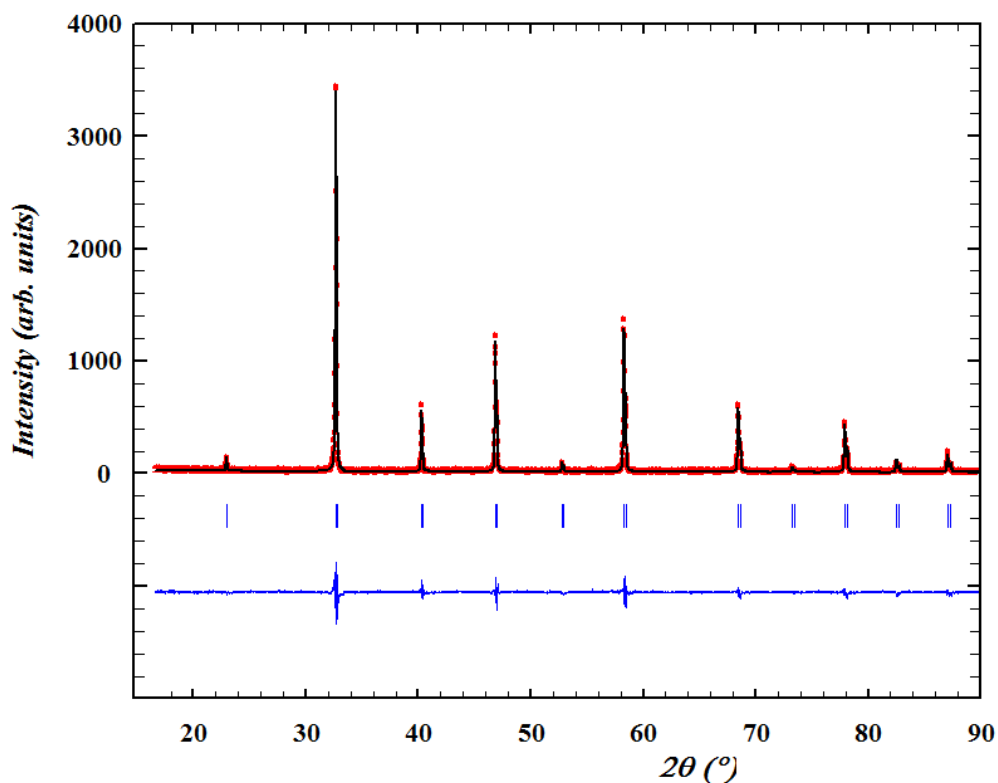


Рис. 1. Рентгенограмма  $\text{Sr}_{0.8}\text{Pr}_{0.2}\text{FeO}_{3-\delta}$ , обработанная по методу Ритвелда

По данным РФА образцы  $\text{Sr}_{1-x}\text{Pr}_x\text{FeO}_{3-\delta}$  с  $0.40 \leq x \leq 0.60$  являются многофазными и в равновесии содержат граничные твердые растворы составов  $\text{Sr}_{0.6}\text{Pr}_{0.4}\text{FeO}_{3-\delta}$  и  $\text{Sr}_{0.4}\text{Pr}_{0.6}\text{FeO}_{3-\delta}$ .

1. Aksenova T. V., Vakhromeeva A. E. et al., Journal of Solid State Chemistry, 251, 70-78 (2017)
2. Ren Ya., Kungas R. et al., Solid State Ionics, 212, 47-54 (2012)
3. Piao J., Sun K. et al., Journal of Power Sources, 172, 633-640 (2007)

## К ВОПРОСУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАРБИДА ТИТАНА С НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫМИ СТАЛЯМИ

Седухин В.В.<sup>\*</sup>, Аникеев А.Н., Чуманов И.В.

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Златоуст, Россия

\*E-mail: [wadik\\_zlat@mail.ru](mailto:wadik_zlat@mail.ru)

## TO THE QUESTION OF THE INTERACTION OF TITANIUM CARBIDE WITH LOW-CARBON STEEL

Sedukhin V.V.<sup>\*</sup>, Anikeev A.N., Chumanov I.V.

South Ural State University (national research university), Zlatoust, Russian Federation

A review of various experiments on the interaction of titanium carbide with carbon steels is presented. Based on the review, a methodology was developed and an experiment was conducted to study the nature of the interaction of titanium carbide with low-carbon steel and its results are presented.

Благодаря своим физико-химическим свойствам карбид титана обширно используется во всевозможных промышленных секторах экономики. Материал используется для изготовления всевозможных жаропрочных изделий, твердых сплавов, инструмента для обработки различных материалов, в том числе и вязких [1-3].

Однако карбид титана при высоких температурах окисляется, что обуславливает его возможность создания соединений со сталями в условиях наличия защитных атмосфер (аргон, вакуум). В различных работах проводится исследование взаимодействия TiC с различными легированными сталями. Так, в [4], исследование производится со сталями, содержащими 23 % Cr, 9 % Ni, 3,5 % Mo, а также со сталью 08X18H10 в атмосфере аргона. Во всех случаях наблюдалось растворение TiC в жидком железе и сплавах. Смачивание было в целом хорошим, величина краевого угла смачивания составляла около или ниже 40°. В работе [5] показаны результаты взаимодействия TiC с железоуглеродистыми сплавами в зависимости от способа нагрева металла и подложки – контактного либо бесконтактного. Установлено, что смачиваемость между жидким Fe и TiC улучшается в экспериментах по типу бесконтактного нагрева. Однако не имеется данных о взаимодействии TiC с низкоуглеродистыми сталями, что является достаточно актуальной темой.

Так в рамках настоящей работы был проведен эксперимент исследования взаимодействия подложки TiC с низкоуглеродистой сталью в атмосфере аргона. Нагрев подложки и металла в керамической капельнице производился до температуры 1650 °С. По достижению температуры 1650 °С из капельницы выдавливали каплю металла на подложку (метод бесконтактного нагрева). Эксперимент показал, что при выдавливаемая капля металла впитывается в подложку в

течении 3-х секунд от момента контакта с подложкой (рисунок 1). Таким образом, исследование показало, что реакция взаимодействия TiC и металла в атмосфере аргона идет по химической связи, через растворение, то есть TiC полностью смачивается расплавом на основе железа.

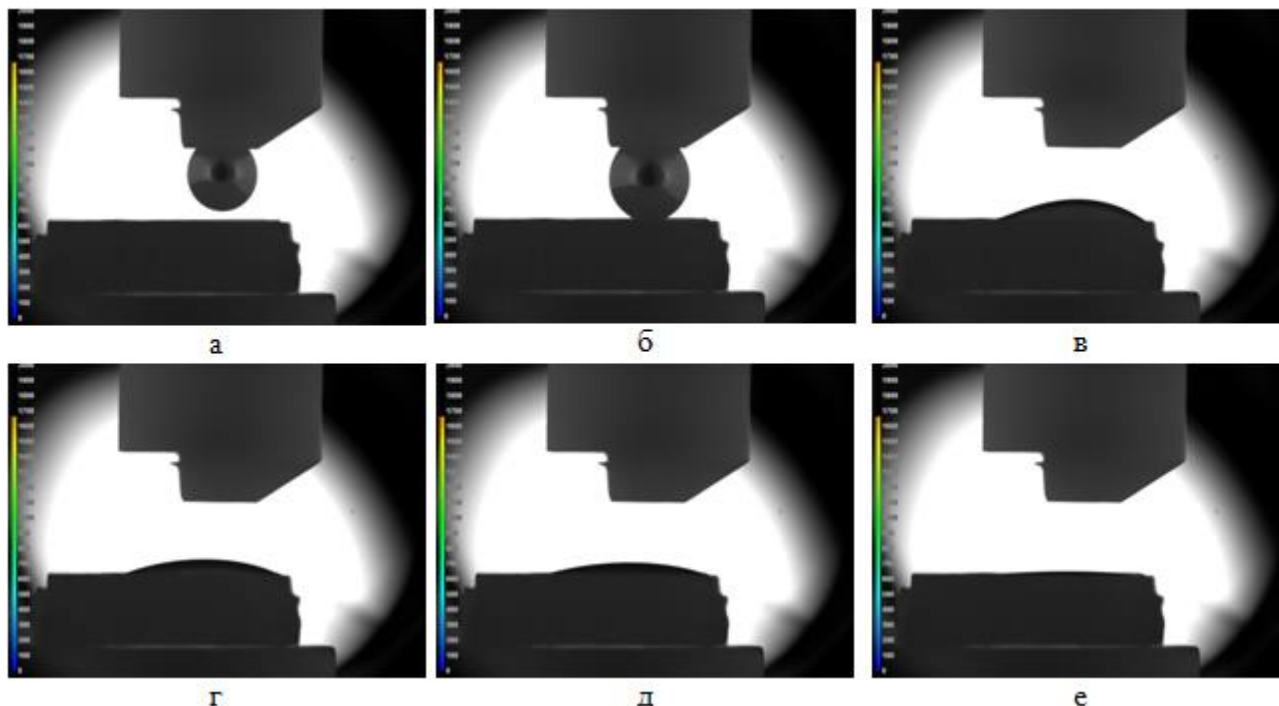


Рис. 1. Кинетика высокотемпературного взаимодействия образца стали с подложкой TiC в атмосфере аргона по методике бесконтактного нагрева: а – выдавливание капли; б – контакт капли с подложкой; в – растекание, смачивание и впитывание капли через 1 с; г – растекание, смачивание и впитывание капли через 1,5 с; д – растекание, смачивание и впитывание капли через 2 с; е – полное впитывание капли через 3 с

*Работа выполнена в рамках выполнения гранта Президента РФ по договору №14.У30.18.2874-МК.*

1. Крохалев А.В., Харламов В.О. и др., Изв. ВолГТУ, 18, 62 (2013).
2. Гуревич Ю.Г, Нарва В.К. и др., Карбидостали, Metallurgia (1988). 70.
3. Chumanov I.V., Chumanov et al., Metallurgist, 5-6, 439 (2011)
4. Kiviö M., Holappa L. et al., High Temp. Mater. Proc., 31, 645 (2012).
5. Kiviö M., Holappa L. et al., High Temp. Mater. Proc., 33, 571 (2014).

## **ВЛИЯНИЕ ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА НА ТВЕРДОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СЕЧЕНИЙ ЗАГОТОВКИ ПОЛУЧАЕМОЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА**

Аникеев А.Н., Матвеева М.А., Сергеев Д.В.\*, Чуманов И.В.

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

\*E-mail: [dazlatoust@inbox.ru](mailto:dazlatoust@inbox.ru)

## **THE EFFECT OF ROTATION OF ELECTRODE ON THE HARDNESS OF VARIOUS SECTIONS OF THE WORKPIECE OBTAINED BY THE METHOD OF ELECTROSLAG REMELTING**

Anikeev A.N., Matveeva M.A., Sergeev D.V.\*, Chumanov I.V.

South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russia

The article presents the study of the influence of the electrode rotation on the hardness of the workpiece obtained by the method of electroslag remelting. It is shown to increase the uniformity of the workpiece hardness obtained by electroslag remelting using the rotation of the electrode.

Электрошлаковый переплав (ЭШП) по сей день остается одним из ведущих способов получения заготовок обладающих высокими механическими свойствами и чистотой химического состава [1, 2]. Однако классическая технология переплава расходующего электрода, имеет недостаток, связанный с неравномерной кристаллизацией ванны жидкого металла [3, 4]. Неравномерность кристаллизации расплава приводит в свою очередь к неравномерности механических свойств по сечению заготовки, одним из таких свойств является твердость. Математическое моделирование показало положительное влияние процесса вращения электрода на качество получаемой заготовки [5]. Вращение электрода во время протекания процесса ЭШП приводит к более равномерной кристаллизации ванны жидкого расплава, а как следствие и к меньшему градиенту твердости по сечению будущей заготовки [6]. Для проведения исследования были получены два слитка на установке электрошлакового переплава А-550, первый был получен по классической технологии, второй с применением вращения переплавляемого электрода. Образцы для исследования твердости отбирались по трем сечениям заготовки, а именно: верхней части; средней части и нижней части слитка. Исследования проводились на твердомере ИТВ-1 в соответствии с ГОСТ [7]. Значения твердости определялись от центральной оси отливки до края в радиальном направлении путем 50 измерений на каждый образец с шагом 90 мкм. Измерения показали, что слиток полученный с применением вращения расходующего электрода однороднее по исследуемому параметру. Процент отклонения от среднего значения для слитка, выплавляемого с применением технологии вращения составляет 3,78%, в свою очередь данное значение для слитка выплавленного по

классической технологии составляет 6,21 %. Отклонения значений твердости по каждому сечению представлены в таблице 1.

Средние значения отклонений твердости

Показатель	Классическая технология			Технология с вращением		
	верх слитка	центр слитка	низ слитка	верх слитка	центр слитка	низ слитка
Мин. значение твердости, HV	255,7	282,0	282,0	266,9	263,3	264,7
% отклонения	6,74	3,12	3,95	3,81	3,23	4,40
Среднее значение твердости, HV	274,2	291,1	293,6	277,5	272,1	276,9
Мак. значение твердости, HV	305,6	310,2	309,7	278,5	289,9	289,0
% отклонения	11,45	6,56	5,48	0,36	6,54	4,36

*Работа выполнена в рамках выполнения гранта Президента РФ по договору №14.У30.18.2874-МК.*

1. Karimi-Sibaki, E. Proc. Int. Symp. Liquid Metal Processing & Casting, 9, 13 (2013).
2. Paar, A. Steel Research Int., 85, 570 (2014).
3. R. Tilman and I. Crainberg: Electroslag Remelting Process, 9, 99 (1987).
4. Paton В.Е. and L.B. Medovar: Steel in Translation, 38, 1028 (2008).
5. Белозеров Б.П., Чуманов И.В. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 12, 16 (1991).
6. *Chumanov V.I., Chumanov I.V. Russian metallurgy (Metally)*, 6, 515 (2011).
7. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников

## КЕРАМИЧЕСКИЕ ВЫСОКОПОРИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ $ZrO_2$ - $Y_2O_3$

Шатковский Я.А.\*, Закиров И.Ф., Обабков Н.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Shatyaroslav@mail.ru](mailto:Shatyaroslav@mail.ru)

## CERAMIC HIGH-POROUS COMPOSITE MATERIALS BASED ON $ZrO_2$ - $Y_2O_3$

Shatkovskiy Ya.A.\*, Zakirov I.F., Obabkov N.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The process of preparing a porous composite ceramic material based on partially stabilized zirconium dioxide, including synthesis of foam-cryogel with the addition of  $ZrO_2$ -7%  $Y_2O_3$ , freezing, drying and sintering was investigated.

Пористые керамические композиционные материалы на основе  $ZrO_2$ , являются перспективным направлением разработки биоматериалов для различных сфер медицины, а также могут быть использованы в качестве тепловой защиты.

К одному из способов порообразования в керамике, относится проведение непосредственно в ней химической реакции, сопровождающейся выделением газа. Вязкие растворы некоторых высокомолекулярных соединений, например, ПВС обладают свойствами ПАВ, поэтому проявляют себя хорошими стабилизаторами пены. Замораживание водного раствора ПВС и последующее его размораживание приводит к образованию упругих криогелей, а проведение аналогичного криогенного цикла со вспененным раствором способствует формированию пенокриогелей. Одним из способов упрочнения пористых материалов является армирование.

Цель настоящей работы заключалась в разработке способа получения пористой керамики. Композит получали по следующей технологии: предварительно синтезированный порошок  $ZrO_2$ -7% $Y_2O_3$  измельчали в шаровой мельнице в водной среде. Полученную суспензию смешивали с керамическим волокном, сушили при комнатной температуре. Далее в определенном соотношении вводили 10% водный раствор ПВС с добавлением вспенивателей и проводили замораживание при  $-20^\circ C$  в течение суток. После оттаивания и сушки на воздухе при  $70^\circ C$  до постоянной массы (около 5 часов) образцы материалов спекали при  $1200^\circ C$  в течение 1 часа.

Процесс вспенивания происходил в результате смешения хлорида аммония и нитрида натрия с водным раствором поливинилового спирта (ПВС) при постоянном перемешивании за счет протекания химической реакции с выделением газообразного азота:



Кратность образующейся пены  $\beta = 5$ .

Достоинства предлагаемой реакции для генерирования газов состоят в том, что она является экзотермической, а нагрев реакционной смеси способствует гомогенизации исходного раствора поливинилового спирта. Во избежание образования ликваций, порошок частично стабилизированного диоксида циркония и керамического волокна вводили непосредственно перед началом активного вспенивания раствора.

Установлено, что структура пеннокриогелей, размер и форма пор определяются температурой и продолжительностью криогенного структурирования, концентрацией полимера в исходном растворе, молекулярной массой ПВС и содержанием в его молекулах ацетильных группировок.

По результатам исследований выявили, что наиболее прочные образцы керамики получились с содержанием 35, 40, 45, 50 масс. % порошка диоксида циркония. На рисунке 1 представлен внешний вид поверхности полученного композита.

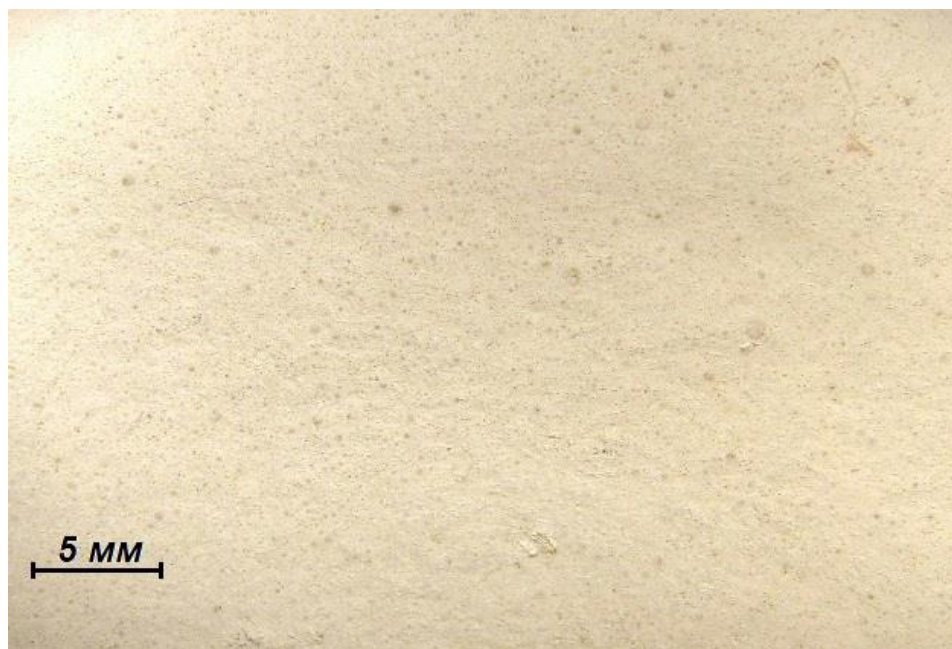


Рис.1. Поверхность пористого композита состава  $ZrO_2-7\%Y_2O_3$  – керамическое волокно

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ОРИЕНТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ РОСТА ПЛЕНОК ТВЕРДОГО РАСТВОРА Pd-Pb

Синецкая Д.А., Леденева Ю.С., Донцов А.И.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [da\\_sine@mail.ru](mailto:da_sine@mail.ru)

## STUDYING OF STRUCTURAL AND ORIENTATIONAL CHANGES IN THE PROCESS OF GROWTH OF Pd-Pb SOLID FILM FILMS

Sinetskaya D.A., Ledeneva, Yu.S., Dontsov A.I.

Voronezh State University, Voronezh, Russia

Changes in the structure, orientation, and morphology in the process of growth of thin Pd-5Pb (At.%) Solid solution films obtained by the magnetron sputtering method are established.

Одной из перспективных с точки зрения водородной проницаемости и снижения расхода Pd, является система Pd-Pb в области образования твердого раствора. Одним из подходов к повышению производительности является уменьшение толщины мембранной фольги (или селективного слоя на соответствующей подложке в случае композитной мембраны). В данной работе исследовались пленки сплава Pd-5Pb (At.%), изготовленные путем магнетронного распыления и конденсации в вакууме мишени соответствующего состава. Целью являлось установление изменений структуры, ориентации и морфологии в процессе роста тонких плёнок твёрдого раствора Pd-5Pb (At.%).

Пленки толщиной от 5 нм до 70 нм, наносили на оксидированные пластины кремния в процессе магнетронного распыления мишени состава Pd-5Pb (At.%) в среде Ar на установке Covap II Angstrom Engineering Inc. Скорость роста составляла  $4 \text{ нм} \cdot \text{с}^{-1}$ , мощность (N) магнетрона 630-650Вт. Структуру тонких пленок исследовали методом просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ Libra-120 Carl Zeiss). Для электронно-микроскопического исследования пленки отделяли от подложек в концентрированном растворе плавиковой кислоты.

Установлено, что рост пленок происходит по механизму Фольмера и Вебера: дискретное зарождение и рост островков, их коалесценция; при средней толщине около 10 нм достигается стадия лабиринтной морфологии. Из контраста в пределах островков и темнопольного анализа следует, что они в основном нанокристаллические, и состоят из зерен и субзерен размером до 20 нм. В процессе роста пленок формируется одноосная текстура  $\langle 111 \rangle$  характерная для металлов с ГЦК решеткой, что обеспечивает лимитацию поверхностной энергии пленки. Эффект второго компонента для островковой стадии твердого раствора Pd-Pb заключается в подавлении множественного двойникования, характерного для пленок Pd в процессе термического испарения и конденсации в вакууме.



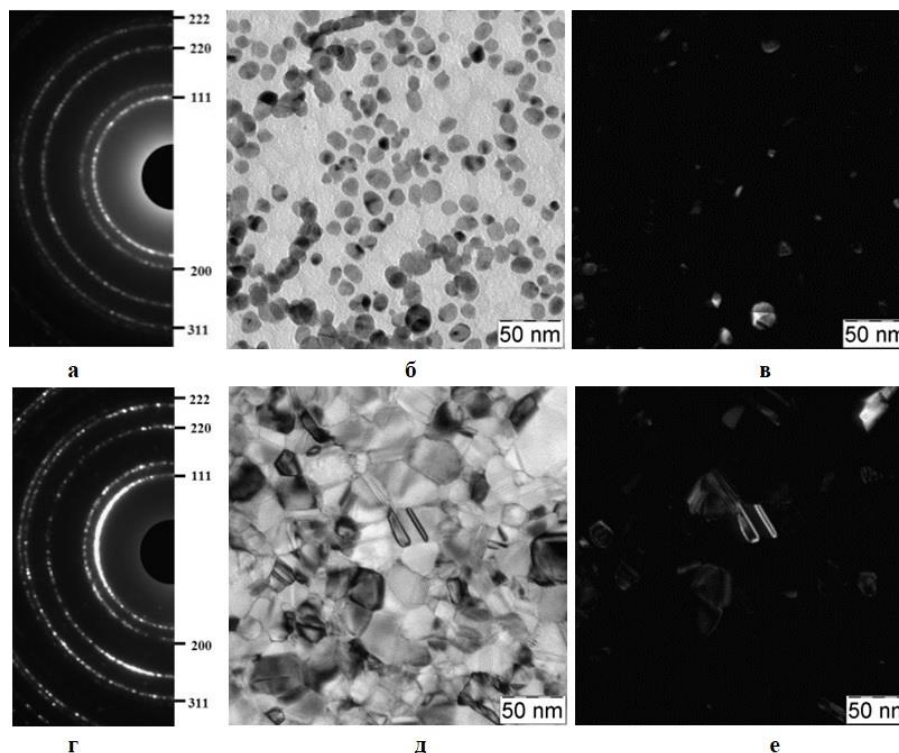


Рис. 1. Электронно-микроскопические изображения (б,д), темнопольные изображения (в,е) и фрагменты электроннограмм (а,г) плёнок Pd-5Pb (At.%) толщиной 5 и 35 нм соответственно.

При толщине пленки более 30 нм формируются сплошные беспористые структуры со средним размером зерен и субзерен от 35 до 50 нм. Таким образом, рост пленки сопровождается собирательной рекристаллизацией, но при этом существенных ориентационных изменений не происходит: формируется одноосная текстура  $\langle 111 \rangle$ .

Выводы: 1) При толщине пленок 5-10 нм системы Pd-5Pb (At.%) рост происходит по Фольмеру и Веберу. При средней толщине около 10 нм достигается стадия лабиринтной морфологии. Для данной стадии характерна одноосная текстура  $\langle 111 \rangle$ . 2) Плёнка толщиной до 20 нм в основном состоит из отдельных зерен и субзерен. При дальнейшем росте пленка приобретает нанокристаллическую структуру. 3) Сплошная беспористая структура пленки формируется при толщине более 30 нм. Рост пленки сопровождается собирательной рекристаллизацией, но при этом существенных ориентационных изменений не происходит.

*Результаты исследований получены на оборудовании ЦКПНО ВГУ.*

## ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ЖИДКОЙ СТАЛИ 110Г13Л

Синицин Н.И.\*, Чикова О.А., Вьюхин В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nikolaisinitsin1990@yandex.ru](mailto:nikolaisinitsin1990@yandex.ru)

## THE SURFACE TENSION OF LIQUID STEEL 110G13L

Sinitsin N.I.\*, Chikova, O.A. V'yukhin V.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The original experimental data on the surface tension of 110G13L liquid steel are presented. The measurement results are discussed in the framework of modern concepts of physical chemistry of metal melts on the laws of microheterogeneity evolution under temperature change.

Существующая технология изготовления литых деталей из высокомарганцевой, аустенитной, износостойкой стали 110Г13Л (сталь Гадфильда) [1] не позволяет получить стабильно высокие механические свойства. Нужно изучить структурно чувствительные свойства жидкой стали 110Г13Л (в т.ч. поверхностное натяжение) в контексте представлений о микрогетерогенности. Поверхностное натяжение жидкой стали 110Г13Л измеряли методом большой капли [2] в режиме нагрева и последующего охлаждения образца в инертной атмосфере. Профиль исследуемой капли снимали цифровой фотокамерой с копированием изображения на компьютер, геометрические размеры профиля капли определяли с помощью программы анализа изображений SIAMS 700 с точностью 0,3-0,6 градусов. Погрешность определения значений поверхностного натяжения определяющая разброс точек в ходе одного опыта, при доверительной вероятности  $p=0,95$  не превышала 1,5%. Результаты измерения поверхностного натяжения жидкой стали 110Г13Л представлены на рис. 1 и согласуются в режиме охлаждения с литературными данными для расплавов Fe-Mn [3]. Обращает внимание аномальный ход и расхождение температурных зависимостей поверхностного натяжения, полученных при нагреве и охлаждении (гистерезис) в интервале температур от 1680 до 1780К.

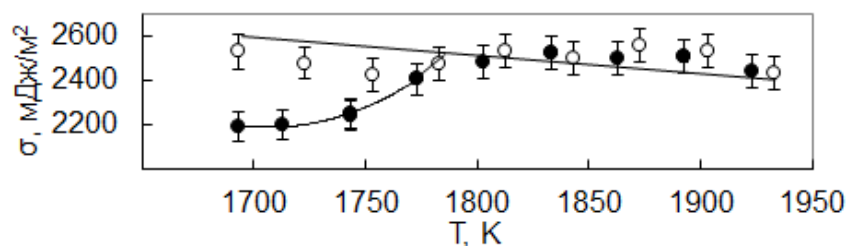


Рис. 1. Температурная зависимость поверхностного натяжения расплава стали 110Г13Л ● - нагрев, ○ - охлаждение

В интервале температур от 1680 до  $T_0=1780\text{K}$  значение температурного коэффициента поверхностного натяжения  $\frac{d\sigma}{dT} > 0$ , что является аномальным для металлических расплавов. Известно [4]:  $\frac{d\sigma}{dT} = \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1 + \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2 + \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3$ , где  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1 = \frac{1}{\omega} \sum x_i^\omega \bar{\omega}_i \frac{d\bar{\sigma}_i}{dT}$  учитывает изменение с температурой работы выхода компонентов из глубины раствора в поверхностный слой, отнесенный к единице поверхности;  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2 = \frac{1}{\omega} \sum x_i^\omega (\sigma - \bar{\sigma}_i) \frac{d\omega_i}{dT}$  – изменение парциально-молярных площадей вследствие теплового расширения;  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3 = \frac{1}{T\omega} \sum x_i^\omega \bar{\omega}_i (\sigma - \bar{\sigma}_i)$  – изменение адсорбции компонентов. Величины  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1$  и  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2$  – отрицательны, причем  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1$  вдали от критической температуры (температуры плавления) постоянна. Второй отрицательный член  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2$  сравнительно мал по абсолютной величине. Слагаемое  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3$  положительно и с понижением температуры возрастает, поэтому в общем случае для раствора имеется температура  $T_0$ , при которой  $-\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3 = \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_1 + \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_2$ . Таким образом, аномальное поведение поверхностного натяжения при нагреве образца (положительные значения  $\frac{d\sigma}{dT}$ ) объясняется положительным значением величины  $\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)_3$  и ее увеличением при снижении температуры. При охлаждении образца значение  $\frac{d\sigma}{dT} \leq 0$ . Согласно [5] величина  $-\frac{d\sigma}{dT}$  – удельная поверхностная энтропия, т.е. разность энтропии поверхностного слоя и объёмной жидкости.

1. Давыдов Н.Г. Высокомарганцевая сталь, Металлургия (1979)
2. Директор Л.Б., Зайченко В.М., Майков И.Л. Теплофизика высоких температур, 48,193-197(2010)
3. Попель С.И., Царевский Б.В., Джемилев Н.К. Физика металлов и металловедение, 18, 468-470 (1964)
4. Попель С.И. Поверхностные явления в расплавах, Металлургия(1994)
5. Сумм Б.Д. Вестник МГУ. Сер. 2. Химия, 400-405(1999)

## ВЛИЯНИЯ АНИОННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ В ГИДРОКСИАПАТИТЕ OH<sup>-</sup> НА F<sup>-</sup> НА СВОЙСТВА СУСПЕНЗИЙ

Скачкова О.В.\*, Богданова Е.А., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chem.springer@yandex.ru](mailto:chem.springer@yandex.ru)

## THE INFLUENCE OF ANIONIC SUBSTITUTION IN HYDROXYAPATITE, THE OH<sup>-</sup> BY F<sup>-</sup> ON THE PROPERTIES OF SUSPENSIONS

Skachkova O.V.\*, Bogdanova E.A., Skachkov V.M., Sabirzyanov N.A.

Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

By settling the suspension of hydroxyapatite and fluorapatite, an increase in viscosity and a corresponding increase in calcium content were achieved, a comparison of these suspensions was made.

«Мокрые» способы синтеза гидроксиапатита (ГАП) и фторапатита (ФАП), в частности осаждение из растворов, представляют большой интерес, поскольку позволяют получать порошки высокой степени дисперсности с хорошо развитой поверхностью, а также их суспензии, которые являются готовым препаратом для медицины и биологии, а также косметики (зубные пасты, гели и кремы). В медицинской практике для замены и восстановления костной ткани широко используются биоматериалы на основе фосфатов кальция, главным образом –  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (ГАП) и  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  (ФАП), которые практически идентичны по структуре и химическому составу природной костной ткани и обладают выраженным остеотропным поведением в биологических средах [1,2]. Интерес представляют биологически активные кальций-фосфорные соединения в гелеобразном и коллоидном состояниях. Биологическая активность апатитов во многом зависит от степени дисперсности и проявляется тем больше, чем меньше размер частиц.

Суспензии ГАП и ФАП были получены «мокрыми» методами в соответствии с [3,4].

Отстаивание проводилось в течение 18 дней до прекращения уплотнения суспензий, вязкость измеряли на 1-ый, 2-ой, 3-ий, 8-ой и 18-ый день. За весь период для ГАП наблюдался прирост относительной вязкости по логарифмической зависимости, а для ФАП прирост происходил экспоненциально и достигал максимума лишь на 18-ый день. В процессе отстаивания происходило увеличение содержания кальция. Для ФАП максимум прироста в процентном соотношении относительно первоначального значения наблюдается на 8-ой день (119,23%), а для ГАП – на 18-ый (153,85%). Содержание кальция во фторапатите превышает те же значения в гидроксиапатите вне зависимости от вязкости исследуемой суспензии, однако наибольший разрыв наблюдается на 3-ий день отстаивания (0,1688 моль/л

для ФАП и 0,1375 моль/л для ГАП), после чего показатели постепенно выравниваются, и на 18-ый день разница в содержании кальция становится незначительной (0,2156 моль/л и 0,2063 моль/л для ФАП и ГАП соответственно).

*Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН.*

1. Безруков В.М., Григорьян А.С. Гидроксиапатит как субстрат для костной пластики: теоретические и практические аспекты проблемы. – Стоматология (1996).
2. Богданова Е.А., Сабирзянов Н.А. Исследование термической устойчивости фторзамещенного ГАП. – Материаловедение (2015).
3. Сабирзянов Н.А., Богданова Е.А., Хонина Т.Г. Способ получения суспензии гидроксиапатита: Патент РФ № 2406693. (2010).
4. Сабирзянов Н.А., Богданова Е.А., Скачков В.М. Способ получения суспензии апатита: Патент РФ № 2652193. (2018).

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПРИПОИ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ СПЛАВОВ ГАЛЛИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ТИТАНА

Скачкова О.В.\*, Пасечник Л.А., Скачков В.М., Яценко С.П.

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chem.springer@yandex.ru](mailto:chem.springer@yandex.ru)

## COMPOSITE BRAZING ALLOYS OF LOW-MELTING ALLOYS OF GALLIUM WITH THE ADDITION OF TITANIUM

Skachkova O.V.\*, Pasechnik L.A., Skachkov V.M., Yatsenko S.P.

Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The article discusses the effect of high temperatures and the composition of the powder filler on the structure and properties of diffusion-hardening solders based on gallium to give the alloy the unique properties and expansion of applications. The influence of the powder filler – titanium composition on the structure and properties of solder of use is investigated.

Композиционные диффузионно-твердеющие припои (КДТП) позволяют решать технические вопросы соединения разнородных материалов, соединять не только металлические материалы, но и неметаллические, например, стекло, керамику, ситаллы, кварц, как между собой, так и с металлами. После низкотемпературной обработки таких припоев соединительные швы в зависимости от состава обладают высокими механическими свойствами, регулируемые коэффициентами термического расширения, устойчивостью к вибрационным нагрузкам, и могут эксплуатироваться в широком температурном диапазоне. Современное развитие техники, в том числе электронной, создание новых приборов и

аппаратов очень часто ставит перед конструкторами вопрос, как соединить разнородные с различными свойствами материалы. Вопрос можно решить, применяя КДТП, которые достаточно длительное время находятся в пастообразном состоянии, что позволяет снять целый ряд чисто технических сложностей [1]. Смачивание легкоплавким сплавом металлической составляющей и изменение объема за счет фазовых переходов влияют на форму и структуру КДТП [2]. На первой стадии затвердевания композита образуется тонкий слой легкоплавкого сплава, насыщенного медью. Менее химически активные компоненты из твердого раствора в меди или из галлиевого сплава обеспечивают протекание других реакций, например, из твердого раствора медь-индий-олово образуется  $In_3Sn$ . Для изменения свойств припоя использован твердый наполнитель - порошок титана. Исследование показало, что повторная термообработка при повышенной температуре, близкой к температуре распая, изменяет механические свойства припоя. Результаты измерения микротвердости полученных композиций в зависимости от состава и температурной обработки приведены в Таблице.

Изменение микротвердости КДТП при термообработке и введении наполнителя - порошок титана

№ п/п	Состав припоя	Температура термообработки, °С	
		150	500
		Микротвердость, МПа	
1	<i>Ga-In-Sn 30% - Cu-Sn 70%</i>	59	111
2	<i>Ga-In-Sn 30% - Cu-Sn 65% - Ti 5%</i>	42	96
3	<i>Ga-In-Sn 30% - Cu-Sn 60% - Ti 10%</i>	133	195
4	<i>Ga-In-Sn 30% - Cu-Sn 55% - Ti 15%</i>	68	140

В твердых галлиевых растворах протекает взаимодействие между титаном и медью, которые образуют между собой ИМС  $\alpha-TiCu_4$ , которое существует при температуре  $< 400$  °С, а образуется при температурах между 400 и 500 °С.

*Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН.*

1. Яценко С.П., Хаяк В.Г. Композиционные припои на основе легкоплавких сплавов. – Екатеринбург: УрО РАН (1997).
2. Скачков В.М. и др. Влияние твердой компоненты диффузионно-твердеющих припоев на свойства соединительного слоя. – Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов (2015).

## LOCAL STUDY OF LITHIATION AND DEGRADATION PATHS IN $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ BATTERY CATHODES VIA CONFOCAL RAMAN MICROSCOPY

Slautin B.N.<sup>1\*</sup>, Alikin D.O.<sup>1,2</sup>, Rosato D.<sup>3</sup>, Pelegov D.V.<sup>1</sup>, Shur V.Ya.<sup>1</sup>, Kholkin A.L.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Physics Department & CICECO – Aveiro Institute of Materials,  
University of Aveiro, Aveiro, Portugal

<sup>3)</sup> Robert Bosch GmbH, Gerlingen-Schillerhoehe, Germany

\*E-mail: [boris.slautin@urfu.ru](mailto:boris.slautin@urfu.ru)

Lithium manganese-based cathodes ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , LMO) are widely used in rechargeable batteries due to their low cost, safety, and ecological stability. Enhancement of the LMO properties is impossible to be realized without understanding of nature of the processes occurring inside the cathodes at the nanoscale. Here was studied comprehensively structural and functional transformations of the LMO electrode occurring with its lithiation using confocal Raman microscopy.

Structural study of LMO electrodes showed that cycling leads to: (1) formation of  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  phase with its further dissolution in the electrolyte; (2) qualitative change of the lithiation process in cycled LMO cathodes with formation of the significant inhomogeneous lithiation state. Spatial distribution of  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  phase was correlated with the cracks on the particles surface revealed by optics, which means that appearance of  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  phase can be responsible for the mechanical stresses in the material. The segregation of  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  phase was found as well in vicinity of the particle boundaries and thereby determine diminished electrochemical activity [1]. On contrary,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  phase was not revealed in aged cathodes, which prove that the dissolution of this phase occurs mostly at the beginning of cycling while further mechanism of capacitance fade is due to inhomogeneity of the delithiation process [2].

The final model of the material could be following: structural transformation with formation of the weak electrochemically active phase near the particle interface lead to the impeding of lithiation process and formation of inhomogeneous distribution of the ‘state of charge’. This inhomogeneity increases self-consistently during lithiation process regardless dissolution of the additional phases possibly due to impact of chemically induced stresses. The inhomogeneous lithiation is than believed to be responsible for the battery capacity fade.

*The work was financially supported by Russian Science Foundation (Grant 17-72-10144). The equipment of Ural Center for Shared Use “Modern Nanotechnology” Ural Federal University was used.*

1. C. Zhan, T. Wu, et al., Energy Environ. Sci 11, 2, 243-257 (2017).
2. B. Slautin, D. Alikin, et al., Batteries 4, 21 (2018)

## МИКРОСТРУКТУРА СПЕЧЕННЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ Co-(36,0-38,5)%Sm МАРКИ КС-37

Слинкин И.В.\*, Чикова О. А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [i.v.slinkin@yandex.ru](mailto:i.v.slinkin@yandex.ru)

## THE MICROSTRUCTURE OF SINTERED PERMANENT MAGNETS WITH Co-(36,0-38,5)%Sm GRADE KS-37

Slinkin I.V.\* , Chikova O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Investigation of the surface microstructure of sintered magnet ks37 by means of scanning electron microscopy and micro-x-ray spectral analysis (EDS-analysis) revealed the presence of dendritic structure.

Средствами растровой электронной силовой микроскопии (EDS-анализ) проведено металлографическое исследование микроструктуры спеченных редкоземельных магнитов Co – (36,0 – 38,5)%Sm марки КС-37. Полученные результаты обсуждаются с позиций современных представлений о материалах аддитивного производства.

Спеченные редкоземельные магниты Co – (36,0 – 38,5)%Sm марки КС-37 широко используются в промышленности из-за уникальных магнитных свойств: высокая температура Кюри, поля с высокой анизотропией, высокие температурные коэффициенты остаточной индукции и коэрцитивной силы. Магниты марки КС-37 содержат в своей структуре хрупкие интерметаллические соединения, которые могут трескаться как в процессе изготовления, так и при эксплуатации приборов и машин. Изучение микроструктуры, фазового состава магнитов КС-37 направлены на улучшение их механических свойств.

Металлографическое исследование микроструктуры спеченных редкоземельных магнитов Co – (36,0 – 38,5)%Sm марки КС-37 проводили с помощью аналитического автоэмиссионного растрового электронного микроскопа Merlin (CarlZeiss, Германия). Для визуализации морфологии поверхности магнитов использовали детектор вторичных электронов Эвернхарта-Торнли. Получение, обработка и анализ полученных данных проводили с помощью программного средства SmartSEM (CarlZeiss, Германия).

Исследование микроструктуры поверхности спеченного магнита марки КС37 средствами растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа (EDS-анализа) обнаружило наличие дендритной структуры (рис. 1) с ярко выраженными по контрасту тремя фазами: ветви дендритов -  $\text{SmCo}_5$  (содержание самария 16,9–17,4 ат.%), междендритные промежутки - смесь двух фаз  $\text{SmCo}_5$  и  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  (содержание самария 21,0–21,8 ат.%), отдельные зерна фазы



$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  (содержание самария 22,4–22,8 ат.%), кристаллы 1-5мкм соединения  $\text{Zr}_5\text{Co}_3\text{FeSm}$  (содержание циркония 47-50 ат.%; кобальта 26-28ат.%; железа 12-13 ат.%) и крупные глобулы 2-10 мкм оксида самария  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  .

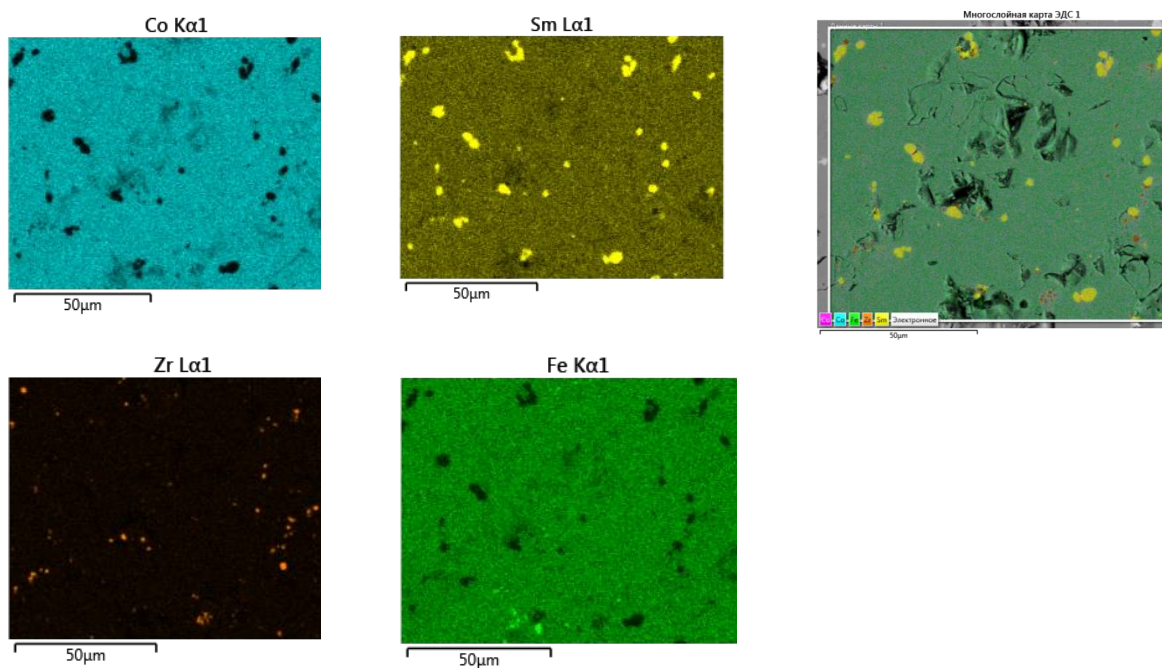


Рис. 1. Микроструктура поверхности спеченных редкоземельных магнитов Co – (36,0 – 38,5)%Sm марки КС-37. EDS-анализ в виде карт распределения элементов и идентификация фаз по химическому составу.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВБЛИЗИ ДЕФЕКТОВ ТРУБЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ ELCUT**

Смирнов Н.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: [alsm.nikita@mail.ru](mailto:alsm.nikita@mail.ru)

## **RESEARCH THE CHANGES OF MAGNETIC FIELD STRENGTH NEAR DEFECTS OF PIPELINES USING THE ELCUT PROGRAM**

Smirnov. N.A.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Non-destructive testing for quality assurance. The modulation of magnetic fields near defects of the pipeline. Remote magnetometry of the pipeline.

Во время эксплуатации газонефтепровод подвержен влиянию нагрузок, обусловленных различными факторами: циклические нагрузки, возникающие во время длительной перекачки большого объема продукта, значительные изгибающие нагрузки в результате движения или морозного пучения грунта. Такие условия приводят газонефтепровод в деформированное состояние и ускоряют стресс-коррозионные процессы.

Для диагностики состояния трубопровода используют различные методы контроля, которые позволяют выявить как наружные (наплывы, поры, прожоги и др.), так и глубинные (поры, включения и др.) дефекты. К таким методам можно отнести, например, магнитопорошковый, вихретоковый, радиационный, акустико-эмиссионный методы. Однако эти методы являются довольно дорогостоящими, поскольку часто требуют изменения режима работы трубопровода вплоть до полного прекращения транспортировки продукта, а также малоэффективны, если трубопровод находится в земле. Вопрос об адаптации дистанционной магнитометрии трубопровода, т.е. диагностики без непосредственного контакта с металлом трубопровода, является актуальным. Основная сложность данного метода заключается в большом объеме поступающей информации, которая обрабатывается по большей части вручную, а также в недостаточной чувствительности к выявлению локальных дефектов с незначительными линейными размерами. Поэтому исследование магнитного поля рассеяния вблизи дефектов позволит более качественно определять локальные дефекты, а также обеспечит постановку более достоверного диагноза технического состояния действующих газонефтепроводных систем.

В данной работе проводилось изучение магнитного поля вблизи дефектов трубы из стали 09Г2С с помощью программы Elcut, которая позволяет провести инженерный анализ и двумерное моделирование методом конечных элементов. В качестве дефектов моделировались коррозионные пятна, трещины и

включения различных размеров (Рис. 1). После анализа распределения силовых линий напряженности магнитного поля, а также значений нормальной и тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на высоте 1 м (вдоль контура, обозначенного горизонтальной линией на рис. 1), были получены характерные зависимости, по которым можно выявлять дефект.

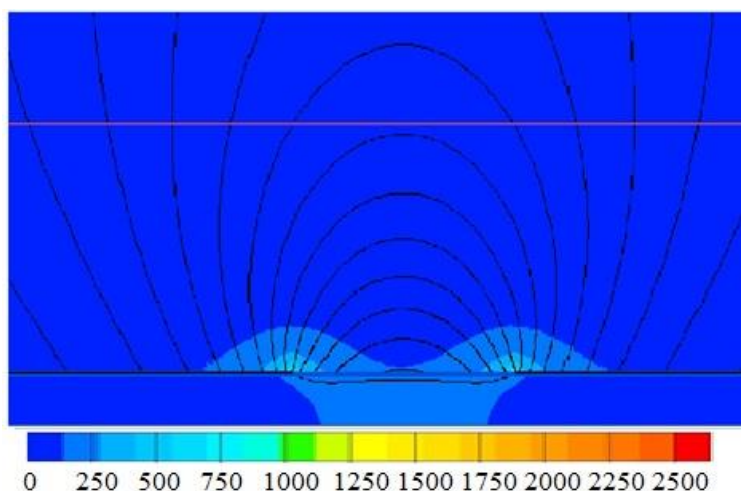


Рис. 1. Распределение силовых линий напряженности магнитного поля над коррозионным пятном шириной 1 м, глубиной 6 мм, при толщине стенки трубы из стали 09Г2С в 12 мм

Следует отметить, что характер изменения нормальной и тангенциальной составляющих не зависит от высоты измерения напряженности магнитного поля над поверхностью трубы, а также от геометрических параметров дефекта, меняется только масштаб кривой.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОУПРУГОГО ЭФФЕКТА ФЕРРОМАГНИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОЙ НАГРУЗКЕ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Смирнов Н.А.\*, Ельцова С.М., Мухаматуллин Р.З.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*E-mail: [alsm.nikita@mail.ru](mailto:alsm.nikita@mail.ru)

## RESEARCH THE MAGNETOELASTIC EFFECT OF FERROMAGNETIC DETAILS UNDER LOW-CYCLE MECHANICAL STRESSES USING WAVELET TRANSFORM

Smirnov. N.A.\*, Yeltsova S. M., Mukhamatullin R. Z.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Magnetoelastic effect in ferromagnets under low-cycle mechanical stresses. Wavelet transform as a method of increasing the sensitivity of electromagnetic control methods to changes in the physical and mechanical properties of steels.

На практике ферромагнитные детали машин, механизмов, а также металлические конструкции эксплуатируются в условиях циклических нагрузок, амплитуда которых имеет широкий диапазон, превышающий не только предел выносливости, но и предел текучести материала. Такой режим работы приводит к разрушению структуры стали, потери прочности, деформации и выходу детали из строя. Это не только существенно затрудняет изучение сопротивления усталости, прогнозирование долговечности и определение остаточного ресурса, но и требует огромного экспериментального материала. Применение методов неразрушающего контроля и исследование магнитоупругих свойств ферромагнетиков позволяет приблизиться к пониманию физической основы явления усталости материала. В работе [1] описан эксперимент, в результате которого был произведен вейвлет-анализ магнитоупруго сигнала, полученного при циклических нагрузках, образцов из стали 30Х13 с разной температурой отпуска. В ходе проведенного анализа было установлено, что построенные карты горизонтального рельефа вейвлет-коэффициентов значительно изменяются от величины механических напряжений и температуры отпуска, а также зависят от номера цикла нагрузки.

В данной работе полученные вейвлет-коэффициенты  $Z$  подвергались дальнейшей обработке, исследовалась их связь с нагрузкой и температурой отпуска. Были построены зависимости максимальных  $Z_{max}$  и минимальных  $Z_{min}$  вейвлет-коэффициентов от номера цикла  $N$  для каждой амплитуды нагрузки, а также их разности  $(Z_{max} - Z_{min})$  от номера цикла механических напряжений  $N$ :  $Z_{max} = f(N)$ ;  $Z_{min} = f(N)$ ;  $(Z_{max} - Z_{min}) = f(N)$ .

Наибольший интерес представляет зависимость  $(Z_{max} - Z_{min}) = f(N)$ , пример которой представлен на рисунке 1. Данный параметр чувствителен к

нагрузке и изменяется обратно пропорционально ей: с увеличением нагрузки разность максимального и минимального значений вейвлет-коэффициентов убывает.

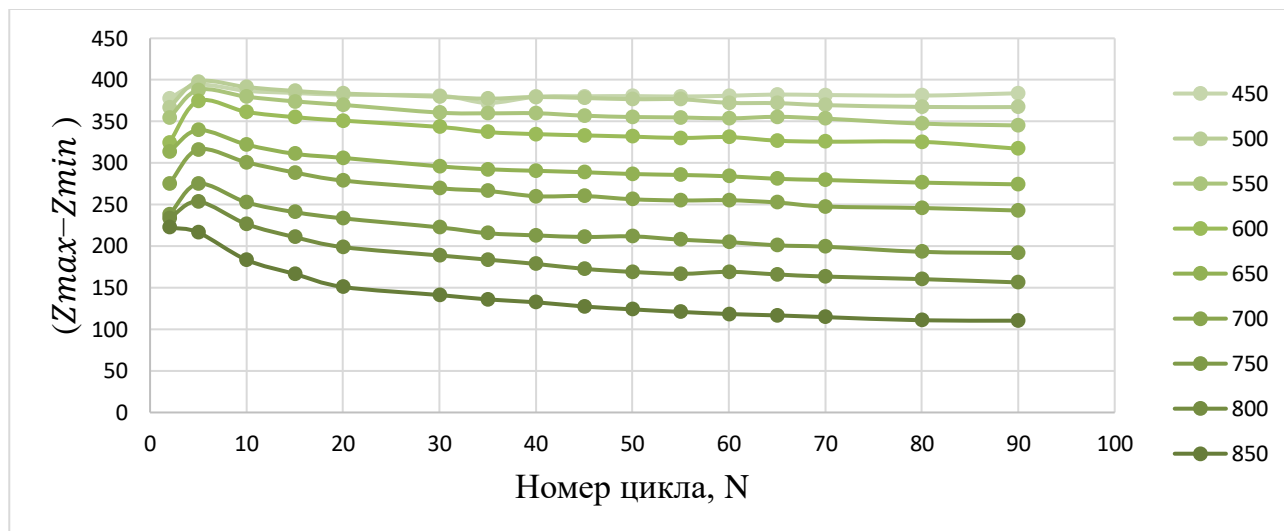


Рис. 1. Зависимость  $(Z_{max} - Z_{min}) = f(N)$  магнитоупругого сигнала образца стали 30X13, отпущенного при температуре 450 °C

Анализ зависимости максимальных и минимальных вейвлет-коэффициентов от температуры отпуска стали показал, что данные коэффициенты слабо зависят от температуры отпуска, что может быть обусловлено неправильным режимом термообработки образцов стали 30X13.

1. Смирнов Н. А., Новые технологии – нефтегазовому региону, том 3, С. 193-196 (2018)

**ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ, НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ ВТОРОГО РОДА ПРИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ**

Соколов Р.А. \*, Новиков В.Ф., Венедиктов А.Н.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

\*E-mail: [falcon.rs@mail.ru](mailto:falcon.rs@mail.ru)

**INFLUENCE OF SURFACE VOLTAGES ARISING BY THERMAL TREATMENT ON DETERMINATION OF THE VALUE OF INTERNAL VOLTAGES OF THE SECOND KIND AT X-RAY DIFFRACTOMETRY**

Sokolov R.A. \*, Novikov V.F., Venediktov A.N.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

The article presents the results of laboratory studies of the effect of quenching stresses of the surface layers on the determination of the true stresses acting between the grains in the metal.

Определение свойств стали является ответственным моментом в оценке его пригодности при использовании на опасных производственных объектах. Множество факторов влияет на свойства стали, одними из них являются внутренние напряжения искажающие кристаллическую решётку. Изучение внутренних напряжений необходимо для понимания процессов, происходящих в металле. Однако существуют некоторые факторы, мешающие определить истинную величину данного параметра, таким фактором являются поверхностные напряжения возникающие в процессе остывания металла после термического воздействия.

В данной работе рассматривается влияние поверхностных напряжений на величину внутренних напряжений второго рода, а также изучается их влияние на определение размеров зерен в поликристалле.

Исследования проводились на образцах, изготовленных из конструкционной стали 09Г2С обыкновенного качества подвергнутых различной термической обработке.

В работе изложены полученные результаты исследования. Определены величины внутренних напряжений термообработанных образцов до и после электрохимической полировки. С помощью метода рентгеновской дифрактометрии изучены структурные изменения в стали после её закалки и отпуска. Описано влияние термообработки на размеры зерна и уровень внутренних напряжений в стали. Установлено влияние поверхностных напряжений на величину определяемых напряжений второго рода.

1. Горелик, С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов / С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. – 3-е изд. доп. и перераб. – М. «МИСИС», 1994.-328 с.
2. Галимов, Э.Р. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов: учебное пособие / Э.Р. Галимов, К.В. Кормушин, З.Я. Халитов. – Казань, изд-во КГТУ, 2006. – 86 с.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТКАНОГО  
СИНТЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ  
И МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО КЛИМАТА**

Судакова А.С., Кононова В.М., Оруджова О.Н. \*, Махин В.Э.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [olga.orudzhova@yandex.ru](mailto:olga.orudzhova@yandex.ru)

**ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF BONDED  
SYNTHETIC FABRIC AIMED TO IMPROVE THE DURABILITY  
AND FROST RESISTANCE OF ROAD CONSTRUCTIONS  
UNDER ARCTIC CLIMATE**

Sudakova A.S., Kononova V. M., Orudzhova O.N. \*, Makhin V.E.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The geosynthetic material has been studied for frost resistance. The results of the study showed that this material retains its strength characteristics after repeated freezing and thawing. The geosynthetic canvas under study is frost-resistant and is recommended for use in road structures in arctic climate conditions.

Отходы целлюлозно-бумажного производства – отработавшее срок сукно бумагоделательной машины – может быть использовано вторично в качестве геосинтетического материала в дорожную конструкцию [1, 2]. Качественный и количественный анализ деформационных характеристик материала позволит осуществить оптимальный выбор в соответствии с его областью применения.

Морозостойкость геосинтетических материалов – устойчивость к воздействию низких температур – определялась при многократном замораживании и оттаивании. Для исследования материала на морозостойкость были подготовлены две группы образцов в двух взаимно перпендикулярных направлениях – продольном и поперечном.

Морозостойкость характеризует способность материала в увлажненном состоянии выдерживать многократные циклы «замораживание – оттаивание» без заметного снижения прочностных характеристик. Основной причиной

разрушения материала при низких температурах является расширение кристаллизованной воды (льда), заполняющей его поры.

По результатам испытаний прочность и деформируемость исследуемого материала в продольном и поперечном направлениях практически одинакова, поэтому данные материалы можно отнести к равнопрочным в двух направлениях, что очень важно для упрощения технологии.

По оценке сохранения прочностных характеристик при растяжении материала после проведенных испытаний, исследуемое геосинтетическое полотно является морозостойким. По результатам определения прочностных параметров полотна на растяжение после циклических температурных воздействий, его можно считать теплостойким.

Нетканый синтетический материал рекомендуется к применению в качестве прослойки в дорожные конструкции, для армирования, разделения конструктивных слоев и в качестве дополнительной изоляции от проникновения грунтовых вод в дорожном хозяйстве.

1. Оруджова О.Н., Лесной журнал, 4, 54 (2013).
2. Оруджова О.Н., Шинкарук А.А., Промышленное и гражданское строительство, 10, 30 (2012).

## **ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИАМИДНЫХ ВОЛОКОН**

Тимошина Ю.А. \*, Вознесенский Э.Ф.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань, Россия

\*E-mail: [ybuki@mail.ru](mailto:ybuki@mail.ru)

## **INFLUENCE OF PLASMA MODIFICATION ON THE MORPHOLOGY OF THE SURFACE OF POLYAMIDE FIBERS**

Timoshina Y.A. \*, Voznesensky E.F.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The results of studies of the effect of modification in argon and propane/butane plasma on the roughness parameters of polyamide fibrous materials for technical purposes are presented.

Для установления закономерностей воздействия параметров ВЧ плазмы пониженного давления на свойства полиамидных (ПА) волокон при их обработке варьировали: мощность разряда  $W_p=0,4-2,2$  кВт; время обработки  $\tau=60-600$  с; давление в рабочей камере  $P=10-30$  Па; расход плазмообразующего газа  $G=0,01-0,04$  г/с; плазмообразующие газы – аргон, аргон/пропан-бутан (70/30). Для



исследования структуры и поверхностных изменений ПА волокон до и после плазменной модификации использовали конфокальный лазерный сканирующий микроскоп Olympus OLS LEXT 4000, который обладает функциями анализа шероховатости и автоматической обработки полученного изображения.

На рисунке 1 приведены микрофотографии ПА волокон до и после плазменной модификации, а также представлены средние значения параметров, характеризующих изменение шероховатости поверхности образцов в после плазменной обработки.

По данным микроскопического анализа на поверхности исходных ПА волокон наблюдается наличие технических загрязнений и механических примесей. У образцов, модифицированных плазмой в среде аргона и аргон/пропан-бутана, поверхность волокон становится более гладкой, что также подтверждается значительным снижением значений  $R_a$  и  $R_z$  для модифицированных волокон по сравнению с исходными. Очевидно, что в результате ионной бомбардировки в процессе плазменной обработки не зависимо от используемой плазмообразующей среды происходит физическое распыление механических примесей и компонентов замасливателя, что приводит к сглаживанию поверхности волокон [1].

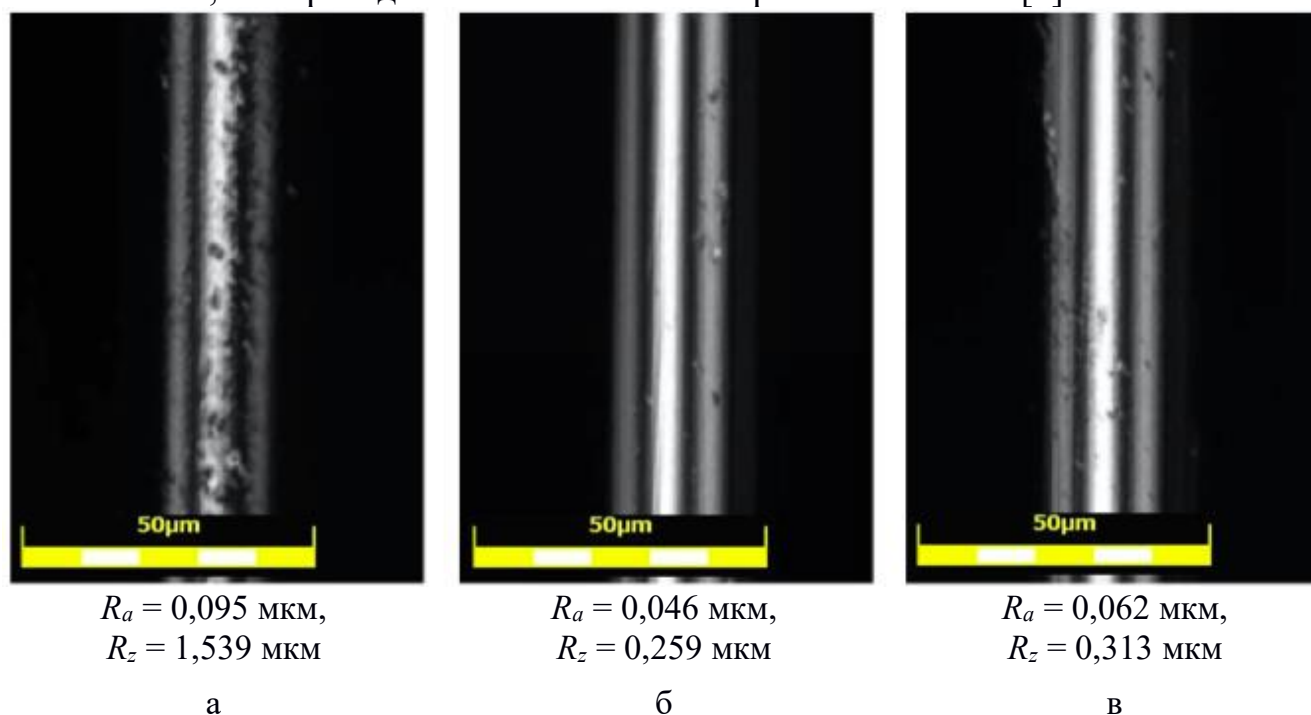


Рис. 1. Микрофотографии поверхности ПА волокна: а – исходный образец; б – образец, модифицированный в плазме аргона; в – образец, модифицированный в плазме аргон/пропан-бутана

1. Мифтахов И.С., Вознесенский Э.Ф., Абдуллин И.Ш., Вестник Казанского технологического университета, 7, 83 (2016).

## УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Ткаченко Е.И.\*, Иванов И.В.

Новосибирский Государственный Технический Университет,  
г. Новосибирск, Россия

\*E-mail: [liza1605.98@gmail.com](mailto:liza1605.98@gmail.com)

## THE HARDENING OF TITANIUM ALLOY SURFACE BY ULTRASONIC TREATMENT

Tkachenko E. I. \*, Ivanov I. V.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

The work considers the effect of surface ultrasonic treatment of titanium alloys on their structural and operational properties.

Несмотря на многочисленные преимущества свойств сплавов титана, их применение в различных механизмах и конструкциях ограничено в связи с невысоким уровнем триботехнических свойств – низкой твёрдостью и склонностью титана к схватыванию при работе в парах трения. Надёжность изделий зависит от усталостной прочности тяжело нагруженных при работе деталей. Усталостные разрушения деталей практически всегда начинаются в поверхностном слое, где обычно имеется значительное количество дефектов [1]. Наиболее эффективное решение для устранения этой проблемы – формирование высокопрочного поверхностного слоя материала.

На сегодняшний день применяется множество методов поверхностного упрочнения, однако в случае титановых сплавов целесообразно использовать лишь некоторые из них: наплавка порошковых материалов, лазерная наплавка, электронно-лучевая и ультразвуковая обработки.

В данной работе изучено влияние ультразвуковой обработки поверхности титанового сплава на его свойства. Для обработки ультразвуком использовались пластины из горячекатанного титана марки ВТ1-0. Осуществлялись две технологии обработки поверхности: при перемещении образца по прямой и по кривой линиям.

При прохождении ультразвуковых волн через призму кристалла возникает активация дислокаций. Часть дислокаций, находящаяся в поле ультразвука, становится подвижной. Такое движение дислокаций способствует локальной пластической деформации материала. Так, увеличивается сопротивление деформации, повышается твёрдость, изменяется микрогеометрия поверхности, уменьшается количество концентраторов напряжений [2]. Однако согласно оптическому анализу поверхности, структуре образца, обрабатываемого по кривой, свойственно большее количество дефектов. Это сказывается на данных микротвёрдости образцов и их рентгенограммах: при обработке пластины по кривой значения микротвёрдости на несколько десятков ниже, чем у образца с технологией

прямолинейного перемещения, а интенсивность пиков на рентгенограмме снижается, происходит уширение (рис. 1).

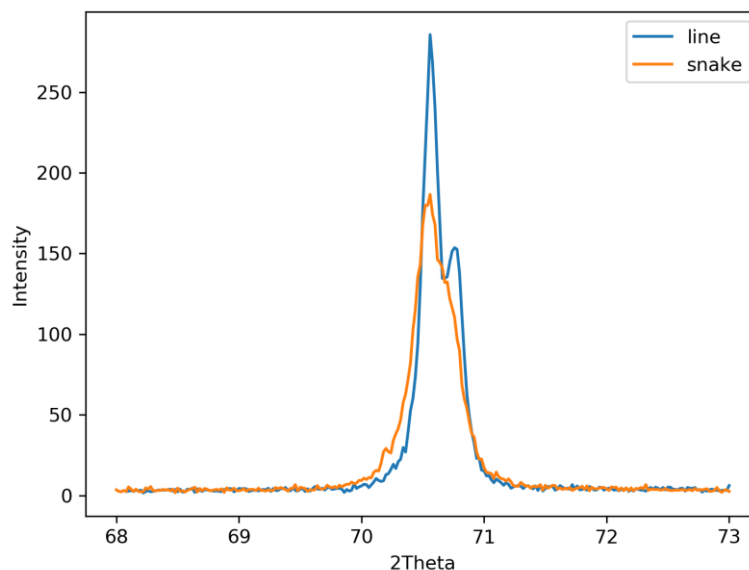


Рис. 1. Отличие рентгенограмм образцов с прямолинейной и криволинейной обработкой поверхности.

Ультразвуковое упрочнение подходит для повышения прочности деталей, имеющих сложную геометрию профиля – зубные импланты и протезы суставов. Также способ позволяет улучшить эксплуатационные характеристики поверхности: контактную жёсткость и коэффициент трения скольжения. Известно, что в организме импланты и протезы работают при переменных нагрузках и в парах трения, в среднем, они служат 10-12 лет. Благодаря перераспределению внутренних напряжений и формированию мелкозернистой структуры с высокой плотностью дислокаций в процессе ультразвуковой обработки, долговечность и срок эксплуатации изделий повысится.

1. Коновалов Д.И., Ширваньянц Г.Г., Молодой учёный, №22, 146 (2015).
2. Резников И.И., Федорова В.Н., Фаустов Е.В., Зубарев А.Р., Демидова А.К. Физические основы использования ультразвука в медицине., РНИМУ (2015).

## ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛА ГАЛЛУАЗИТА С ИММОБИЛИЗОВАННЫМ ФЕРМЕНТОМ

Тохтуева М.Д. \*, Тамбасова Д.П., Любякина П.Н.,  
Антонов Д.О., Ковалева Е.Г.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [lezhneva@icloud.com](mailto:lezhneva@icloud.com)

## ELECTROSURFACE AND CATALYTIC PROPERTIES HYBRIDE SYSTEMS BASED ON MINERAL WITH IMMIBILASED ENZYME

Tokhtueva M.D. \*, Tambasova D.P., Lyubyakina P.N.,  
Antonov D.O., Kovaleva E.G.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The electrosurface properties of halloysite nanotubes and natural halloysite mineral were studied using EPR spectroscopy of pH-sensitive NR as spin probes. It was shown that the more positively charged the surface of the studied materials, the greater the catalytic activity of the immobilized hemicellulase. The highest hemicellulase activity was demonstrated by the enzyme immobilized on halloysite surface by covalent binding with aminopropylethoxysilane (APTES).

Свойства и структура минерала галлуазита позволяет легко модифицировать его поверхность органическими и биоорганическими группировками, что в свою очередь приводит к изменению электростатических характеристик поверхности, кислотно-основных свойств модифицированных систем и напрямую влияет на их каталитическую активность и адсорбционную способность [1]. Такие материалы природного функционального назначения широко востребованы в современном мире, а природная доступность и дешевизна позволяет использовать их в широком спектре исследований и технологий.

Целью настоящего исследования является изучение электроповерхностных свойств галлуазитных нанотрубок и природного минерала галлуазита (Журавлинское месторождение, Челябинская область, Россия) методом ЭПР рН-чувствительных нитроксильных радикалов как рН-зондов, и оценка влияния этих свойств на каталитическую активность фермента гемицеллюлазы, иммобилизованного на данном алюмосиликате, в реакции гидролитического разложения ксилана.

Методом ЭПР титрования рН-чувствительного нитроксильного радикала 4-диметиламин-2-этил-5,5-диметил-2-пиридин-4-ил-2.5-дигидро-1Н имидазол-1-оксида было показано, что галлуазитные нанотрубки несут отрицательный заряд вплоть до рН внешнего раствора ( $pH^{ext}$ ), равного 3.96, в то время как природный минерал галлуазит заряжен положительно во всем диапазоне  $pH^{ext}$ . Это объясняется присутствием специфичных парамагнитных металлов в его составе.

Постоянство значений рН в фазе исследованных галлуазитных материалов ( $pH^{loc}$ ) в диапазоне  $pH^{ext}$  от 2,5 до 4 отражает титрование функциональных групп смешанной фазы Al-O-Si в обоих изученных алюмосиликатах.

Модификация поверхности галлуазитных нанотрубок сшивающим агентом аминопропилэтоксисилан (АПТЭС) приводит к изменению поверхностного заряда с отрицательного на положительный, очень близкого по значению к такому для мезопористого гамма-оксида алюминия [2].

Было найдено, что исследованные галлуазитные материалы имеют собственную активность (около 112 и 350 единиц активности/г порошка для галлуазитных нанотрубок и природного минерала галлуазита, соответственно)[3]. Более высокую активность проявил природный минерал галлуазит по сравнению с галлуазитными нанотрубками, что обусловлено присутствием в его составе каталитически активных металлов.

Чем больше положительный заряд поверхности, тем выше активность иммобилизованного фермента и собственная каталитическая активность галлуазитных материалов. Максимальная гемицеллюлозная активность была продемонстрирована ферментом, иммобилизованным на поверхности галлуазита ковалентным пришиванием через АПТЭС.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 18-29-12129, 17-03-00641 и Минобрнауки РФ в рамках базовой части государственного задания, проект №4.9514.2017/8.9.*

1. Mutilab M.A., Losic D.N., Voelcky H. Progress in Material Science, 2013, 58, 636.
2. E.G. Kovaleva, L.S. Molochnikov, D.P. Stepanova, A.V. Pestov, D.G. Trofimov, I. A. Kiriluyuk and A. I. Smirnov, Cell Biochemistry and Biophysics 75(2), 159-170 (2017).
3. Препараты ферментные, Методы определения ферментативной активности ксиланазы, ГОСТ 31488-2012, Москва, Стандартинформ, 2012.

## СИНТЕЗ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$ ( $M=Ca, Ba$ )

Толстыкина А.А.\*, Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tolstykina2014@mail.ru](mailto:tolstykina2014@mail.ru)

### SYNTHESIS AND TRANSPORT PROPERTIES OF

### $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$ ( $M=Ca, Ba$ )

Tolstykina A.A., Galisheva A.O., Tarasova N.A., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides  $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$  ( $M=Ba, Ca$ ) were synthesized using the solid state method. The possibility of water uptake was proved by thermogravimetry measurements. The conductivity was measured at T and  $pH_2O$  variation.

Интерес к высокотемпературным ионным проводникам на основе сложных оксидов (твердые электролиты с высокой кислород-ионной и протонной проводимостью) не ослабевает уже в течение длительного времени. Внимание исследователей привлекают практически важные электролитические свойства этих материалов, которые могут быть использованы в первую очередь для разнообразных электрохимических приложений, включающих высокотемпературные топливные элементы (ТЭ), ион-проводящие мембраны, газовые сенсоры. На настоящий момент, работы в области разработки ТЭ являются приоритетными, при этом наиболее перспективны работы по созданию среднетемпературных ТОТЭ (500–700°C).

Перспективными проводниками для диапазона средних температур (<700°C) являются протонные электролиты на основе сложных оксидов, что обусловлено низкой энергией активации протонного переноса (~0.5эВ) и высокой подвижностью носителя. Большинство известных среднетемпературных протонных проводников – это сложные оксиды со структурой перовскита или производной от нее. Однако в последние годы появились работы, показывающие возможность ионного транспорта в сложных оксидах на основе  $BaNdInO_4$ , характеризующегося структурой Раддлсдена-Поппера.

В настоящей работе впервые получены сложные оксиды  $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$  ( $M=Ca, Ba$ ), исследованы их структура и транспортные свойства.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект 19-79-30020)*

## FORECASTING THE MAGNITUDE OF THE ABRASIVE WEAR OF THE HELICAL SURFACE OF THE PART

Zhachkin S.Yu.<sup>1,2</sup>, Trifonov G.I.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Military Educational Scientific Center Air force «Air force Academy named after Professor  
N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh, Russia

<sup>2</sup>«Voronezh state technical University», Voronezh, Russia

E-mail: [trifonov\\_gi@mail.ru](mailto:trifonov_gi@mail.ru)

The problem of friction and wear is currently one of the most important in the operation of machines. However, more than 80% of all failures of machinery is associated with wear parts in friction [1].

The purpose of this work is to improve the calculation equations of the abrasive wear value, as well as the calculation of wear during micro-cutting of abrasive particles with plasma coating of the part surface.

To carry out research on the improvement of the calculated equations for predicting wear, a screw was selected, which is used in a screw conveyor. In a detailed analysis of the working conditions of the screw, the main types of wear were determined: abrasive.

In general, the amount of wear is determined by:  $U = I_h \times L \times 10^{-6}$ , where  $L$  – friction way, ( $mkm$ );  $I_h$  - the intensity of abrasive wear. It should be taken into account that the determination of the intensity of abrasive wear of the screw surface of the part is described by the authors in the work [2].

There are several assumptions that with increasing sliding speed the wear rate decreases rapidly, the wear depends on sliding speed, but only from the way of friction.

The friction path can be defined as  $L = L_1 \times N_c$ , where  $L_1$  – the path of friction in one revolution of the screw ( $mkm$ ), herewith  $L_1 = \frac{\pi d}{\cos \psi}$ , where  $N_c$  – number of cycles per run;  $\psi$  – the inclination of the helical surface;  $d$  – the inner diameter of the screw ( $mkm$ ).

The number of cycles during operation is determined by [3]  $N_c = 60 \times n \times t_h \times K_E$ , where  $n$  – the frequency of rotation of the screw ( $rpm$ );  $t_h$  – operating time ( $min$ );  $K_E$  – equivalence ratio.

As a result, given the work [2], as well as the given scientific analysis, we make equations for calculating the wear value at elastic and plastic contact of abrasive particles with the surface, as well as wear at micro-cutting, we obtain:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \frac{120 \times h^2 \times (r - \frac{1}{3}) n_a \times n \times t_h \times K_E}{m \times a \times n_p \times \left[ R \sqrt{R^2 + h_1^2} + h_1^2 \ln \frac{R + \sqrt{R^2 + h_1^2}}{h_1} \right]} \times 10^{-6} \\
 U_2 &= \frac{60 \times h \times k \times n_a \times n \times t_h \times K_E}{m \times \pi \left[ R \sqrt{R^2 + h_1^2} + h_1^2 \ln \frac{R + \sqrt{R^2 + h_1^2}}{h_1} \right]} \times 10^{-6}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

where  $U_1$  – the wear value of the working surface of the screw, which is based on the fatigue nature of the destruction of the friction surface ( $mkm$ );  $U_2$  – micro-cutting wear value ( $mkm$ );  $h$  – the depth of penetration of the particles ( $mkm$ );  $r$  – the averaged bulk particle radius ( $mkm$ );  $R$  – the external radius of the helical surface ( $mkm$ );  $n_a$  – number of particles in the friction zone;  $a$  – the radius of the contact spot ( $mkm$ );  $n_p$  – cycle number;  $m$  – the number of turns of the screw;  $h_1$  – helix pitch.

1. Zhachkin S.Yu., Penkov N.A., Trifonov G.I. Journal « Science in the central Russia», №4 (28), 132 (2017).
2. Ikramov U.A. Computational methods for the evaluation of abrasive wear, M.: Mechanical Engineering (1987).
3. Zotov B.N. Machines and plants: design, development and operation. Electronic journal, № 03, 35 (2015).



## МИКРОСТРУКТУРА И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТРУБ ИЗ СПЛАВА ХН60ВТ С НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКА ПВ-НХ16ЮБИТ

Вальцев Н.В.<sup>\*</sup>, Рыжков А.Ф., Чикова О.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nvaltsev@mail.ru](mailto:nvaltsev@mail.ru)

## MICROSTRUCTURE AND CRYSTAL STRUCTURE OF THE PIPES FROM THE CRNI60WTI ALLOY WITH SPRAY COATING PV-NICR16AL6Y

Valtsev N.V.<sup>\*</sup>, Ryzhkov A.F., Chikova O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A metallographic study of the microstructure and crystal structure of samples of pipes from CrNi60WTi alloy with spray coating PV-NiCr16Al6Y by means of EBSD analysis is carried out. Pipes are used as elements of the heat exchanger in the environment of coal combustion products. The coating formed by gas-plasma spraying using a mixture of nitrogen and argon is applied to protect against wear by ash particles and from corrosion. The results obtained are discussed from the standpoint of modern ideas about the physics, chemistry, and mechanics of superalloys.

Сплав ХН60ВТ согласно ГОСТ 5632-2014 имеет химический состав: 23,5-26,5% Cr, 13-16% W, 0,3-0,7% Ti,  $\leq 4\%$  Fe,  $\leq 1,5\%$  Mo,  $\leq 0,8\%$  Si,  $\leq 0,5\%$  Mn,  $\leq 0,5\%$  Al,  $\leq 0,1\%$  C, остальное Ni, и применяется для изготовления деталей турбин, работающих при температурах до 1000°C [1]. Химические, физические и механические характеристики суперсплавов на основе никеля типа ХН60ВТ активно исследуются. Обсуждается роль добавок углерода для стабильности микроструктуры [2]. Установлено, что небольшое количество карбида MC, образующегося во время затвердевания, и продукт его разложения  $M_{23}C_6$ , отрицательно влияют на механические свойства, которые вместе с микропорами приводят к возникновению трещин и к окончательному разрушению детали [3]. Корреляция между разориентацией межзеренных границ и осаждением карбидов  $M_{23}C_6$  в межзеренном пространстве в деформированном суперсплаве Ni-Cr-W была исследована с использованием метода EBSD-анализа. Было отмечено, что границы зерен с углом разориентации менее 20°, а также все специальные границы (CSL) не подвержены осаждению карбидов  $M_{23}C_6$ ; напротив, случайные высокоугловые границы с углом разориентации 20-40° обеспечивают преимущество для осаждения карбидов  $M_{23}C_6$  [4-5].

Методом газоплазменного напыления металлического порошка ПВ-НХ16ЮБИТ в защитной среде из смеси азота с аргоном с помощью плазмотрона ПП-25 на трубы из сплава ХН60ВТ наносилось защитное покрытие. Порошок ПВ-НХ16ЮБИТ содержит 16% Cr, 6% Al,  $\leq 1\%$  Y, остальное – никель.

Металлографическое исследование образцов проводили с помощью с помощью сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss AURIGA CrossBeam,

оборудованного аналитическими системами для исследования элементного состава поверхности методом рентгеноспектрального микроанализа (EDS) и исследования кристаллической структуры поверхности методом дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD). Исследование поверхности поперечного сечения образца обнаружило наличие зеренной структуры (рис. 1) с ярко выраженными сегрегациями углерода, кислорода, алюминия, хрома, кремния и железа на границе напыленного слоя и основного металла.

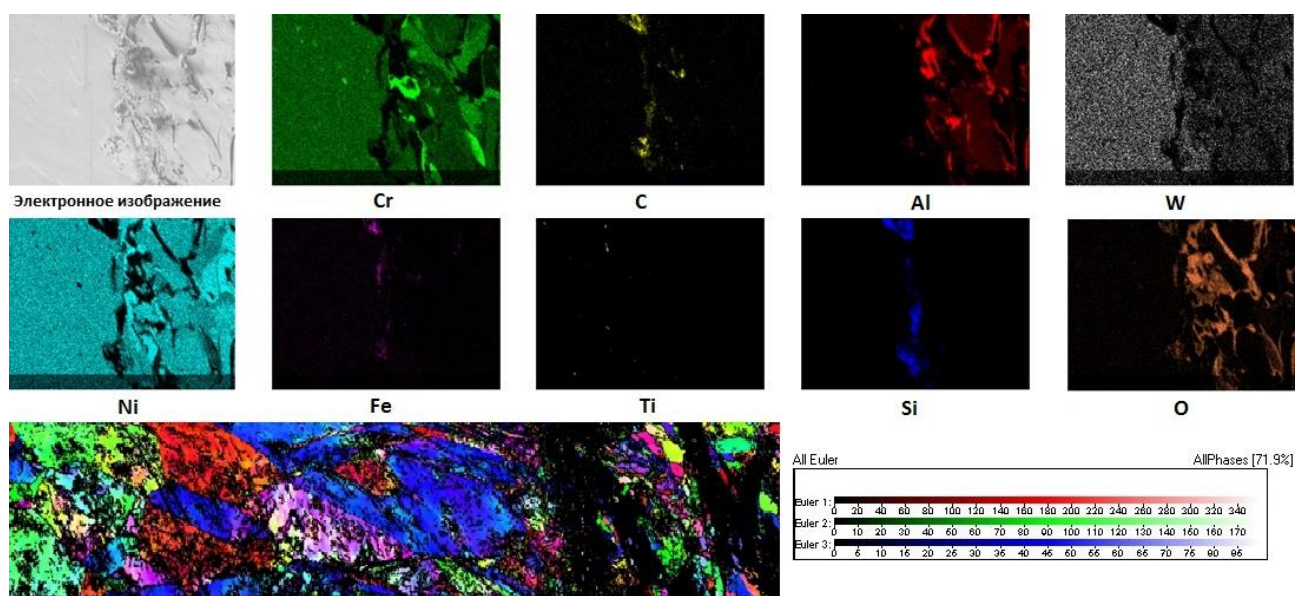


Рис. 1. Микроструктура поверхности поперечного сечения трубы из сплава ХН60ВТ с напылением порошка ПВ-НХ16Ю6Ит: EDS-анализ в виде карт распределения элементов и EBSD-анализ в формализме углов Эйлера.

1. Масленков С.Б., Жаропрочные стали и сплавы, Металлургия (1983).
2. Pollock T., Tin S., Journal of Propulsion and Power, 22, 361 (2006).
3. Ou M., Hao, X. et. al., Journal of Alloys and Compounds, 732, 107 (2018).
4. Tang B., Jiang L. et. al., Materials Characterization, 78, 144 (2013).
5. Alabbad B., Li L., Tin S., Journal of Alloys and Compounds, 775, 931 (2019).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СВЕЖЕОСАЖДЁННОГО ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Верещагин А.О. \*, Машковцев М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Vereshchagin.A.O@yandex.ru](mailto:Vereshchagin.A.O@yandex.ru)

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PRECIPITATION CONDITIONS ON THE SORPTION PROPERTIES OF FRESHLY- PRECIPITATED HYDRATED ZIRCONIUM OXIDE

Vereshchagin A.O. \*, Mashkovtsev M.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The influence of precipitation conditions on the sorption properties of freshly-precipitated hydrated zirconium oxide was studied. The experimental data was analyzed by utilizing the Langmuir and Freundlich model isotherms. It was found that the hydrated zirconium oxide synthesized at pH 5 has better sorption properties.

Гидратированный оксид циркония широко используется как сорбционный материал благодаря его высокой сорбционной ёмкости и селективности по отношению к тяжёлым металлам [1]. Известно, что условия осаждения оказывают сильное влияние на свойства получаемого сорбента. Целью работы являлось исследование влияния условий осаждения на сорбционные свойства свежесозданного гидратированного оксида циркония.

Сорбенты были получены методом осаждения при постоянном значении pH из азотнокислого раствора циркония с концентрацией 12,3 г/л при помощи 10% р-ра аммиака при постоянном pH 5 (далее Z1) и 8 (далее Z2).

Исследование сорбционных свойств вели в статическом режиме, в качестве сорбата был использован барий. Расчётная целевая концентрация бария в пробах составляла: 0,007; 0,02; 0,07; 0,2; 0,7; 2 мг/л. Равновесную концентрацию бария в пробах определяли при помощи масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Форма и размер частиц гидратированного оксида были исследованы при помощи методов лазерной дифракции и оптической микроскопии.

На рисунке 1 представлены изотермы сорбции в координатах линейных уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха ( $q_e$  (мг/г) – количество абсорбированного бария на 1 г сорбента при равновесии;  $C_e$  (мг/л) – равновесная концентрация бария в растворе). При анализе изотермы Ленгмюра были определены максимальная сорбционная ёмкость  $Q_0$  (мг/г) и константа Ленгмюра, связанная с энергией абсорбции  $b$  (л/мг): для Z1  $Q_0 = 135,14$  мг/г,  $b = 14,8$  л/мг и Z2  $Q_0 = 71,94$  мг/г,  $b = 6,95$  л/мг. При анализе изотермы Фрейндлиха были определены константа

равновесия уравнения Фрэйндлиха, связанная со степенью адсорбции (чем выше значение, тем выше сродство сорбента с сорбатом)  $K_f$  ( $\text{мг/г}(\text{л/мг})^{1/n}$ ) и константа  $n$ , характеризующая интенсивность сорбции (значение  $n > 1$  указывает на то что сорбция протекает при благоприятных условиях): для Z1  $K_f = 17,63$ ;  $n = 1,58$  и Z2  $K_f = 11,62$ ;  $n = 1,574$ . Дополнительно был выполнен расчёт корреляционных коэффициентов для изотермы Ленгмюра ( $R^2 = 0,99$ ) и Фрэйндлиха ( $R^2 = 0,98$ ) из чего можно сделать вывод, что обе изотермы хорошо согласуются с экспериментальными данными.

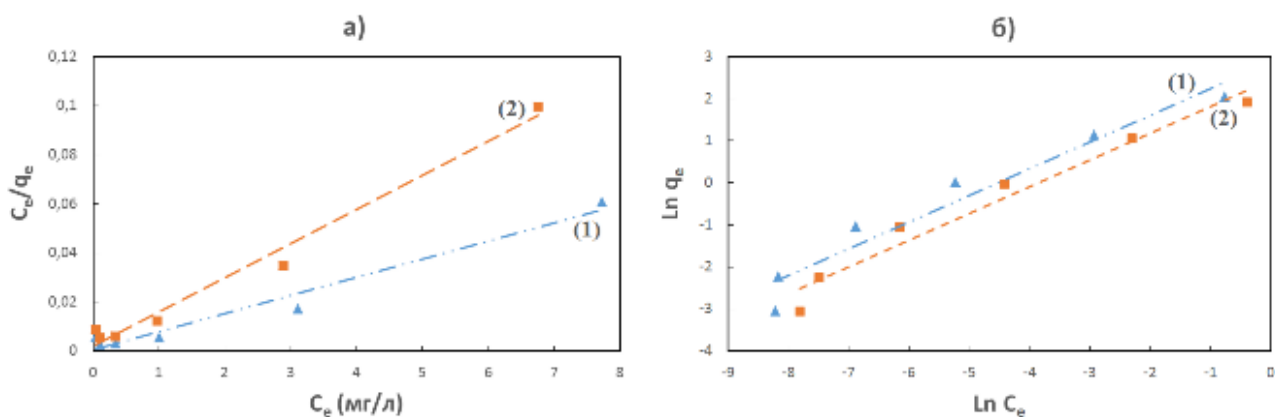


Рис. 1. Изотермы сорбции Ленгмюра (а) и Фрэйндлиха (б) для Z1 (1) и Z2 (2)

По результатам лазерной дифракции и оптической микроскопии было установлено что: частицы образца Z1 имеют форму крупных агломератов со средним размером 23,8 мкм; образец Z2 представляет собой мицелярный гель, состоящий из мелкодисперсных частиц со средним размером агломератов 13,7 мкм.

По полученным результатам видно, что образец, осаждённый при рН 5 имеет не только большую сорбционную ёмкость, но и большую степень сродства к баррию, чем образец, осаждённый при рН 8. Это может быть объяснено тем что по теории электрокинетической стабилизации частиц частицы Z2 более стабильны чем Z1 за счёт более высокого потенциала ДЭС при осаждении [2]. В результате этого они имеют меньше доступных поверхностных центров, которые могут участвовать в процессе сорбции бария.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии №14.581.21.0028 от 23 октября 2017 г. (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы”.*

1. Wong W., Wong H. Y., et al., Nanotechnology 28, 42001 (2017).
2. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы : учебник для вузов, Альянс (2004).

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОКСИДОВ ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТИТА ИТТРИЯ СОСТАВА $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$

Визнер А.С.\*, Брюзгина А.В., Урусова А.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nastyavizner1998@gmail.com](mailto:nastyavizner1998@gmail.com)

## STRUCTURE AND PROPERTIES OF OXIDES FORMED ON THE BASIS COBALTITE YTTERIUM OF $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$

Vizner A.S.\*, Bryuzgina A.V., Urusova A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The objects of the present study are yttrium  $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$  doped on the A sublattice of cobaltite. At present, it has been established that at 900°C in all studied oxides of composition  $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$  in the range of compositions  $0.0 \leq x \leq 0.2$  with a step of 0.05 in the temperature range of 400–900° C in air, the phase of yttrium cobaltite is formed as the main one. The content of impurity phases in the sample of composition  $Y_{0.8}Ca_{0.2}CoO_3$  does not exceed 10%.

Кобальтит иттрия  $YCoO_{3-\delta}$  и твердые растворы на его основе характеризуются удовлетворительной чувствительностью, селективностью, скоростью протекания реакции и стабильностью по отношению к CO и NO<sub>x</sub> [1].

На данный момент известно, что введение щелочноземельного металла в подрешетку иттрия в кобальтите иттрия  $YCoO_{3-\delta}$  приводит к образованию сложных оксидов с общей формулой  $Y_{1-x}Me_xCoO_{3-\delta}$ , где Me = Ca, Sr, Ba.

Но поскольку данные о описанных в литературе составах противоречивы, то уточнение информации об оптимальных методах синтеза, кристаллической структуры, физико-химических свойствах и их взаимосвязи является актуальной задачей. Объектами настоящего исследования являются кобальтиты иттрия, допированные по А-подрешетке кальцием.

Для определения возможности замещения иттрия на кальций с образованием твердого раствора была приготовлена серия образцов  $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$ , в интервале составов  $0.0 \leq x \leq 0.2$  с шагом 0.05. Отжиг образцов проводили при температуре 400–900°С на воздухе.

Исследуемые образцы были синтезированы по глицерин-нитратной технологии. Для синтеза использовали оксид иттрия  $Y_2O_3$  (ИтО-В), карбонат кальция  $CaCO_3$  (ос.ч.) и металлический кобальт. Растворение образцов проводили в азотной кислоте HNO<sub>3</sub> (квалификация ч.д.а.) с использованием лимонной кислоты (квалификация ч.д.а.) в качестве органического прекурсора. Металлический кобальт получали восстановлением из его оксида при 650°С в токе водорода.

Определение фазового состава образцов проводили при комнатной температуре с использованием дифрактометра Shimadzu XRD -7000 в  $Cu_{K\alpha}$ -излучении.

Структурные параметры были уточнены профильным методом Rietveld с использованием пакета Fullprof.

На данный момент установлено, что при 900°C во всех исследуемых оксидах состава  $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$  с  $0 \leq x \leq 0.2$  фаза кобальтита иттрия образуется как основная. Содержание примесных фаз в образце состава  $Y_{0.8}Ca_{0.2}CoO_3$  не превышает 10 %.

Дифрактограммы однофазных образцов полученных при 900°C  $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$  с  $0 \leq x < 0.15$  были проиндексированы в рамках орторомбической ячейки, пространственной группы *Pbnt*.

При введении кальция в подрешетку иттрия в  $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$  наблюдается монотонное увеличение параметров и объема ячеек твердых растворов  $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3-\delta}$ , что объясняется размерным эффектом [2].

1. Addabbo T. , Bertocci F. et al., Proc. Engineer. 87, 1095–1098 (2014).
2. Shannon R.D. Acta Crystallographica. 32, 751–767 (1976).

## ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

Владимиров А.А.<sup>1\*</sup>, Заяц С.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vladimirov.uncharted@gmail.com](mailto:vladimirov.uncharted@gmail.com)

## FUNCTIONAL-GRADIENT MATERIALS OBTAINED BY A MAGNETIC IMPULSE METHOD

Vladimirov A.A.<sup>1\*</sup>, Zayats S.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics, Urals Division of Russian Academy of sciences, Yekaterinburg, Russia

In the present work by using the method of magnetic pulsed compaction received compacts of aluminum, copper and FGM based on them. The voltage on the pulse current generator was in the range of 1,2-2,0 kV. The densities of the samples at room temperature amounted: 2,67 g/cm<sup>3</sup> – Al, 7,2 g/cm<sup>3</sup> – Cu, 5,94 g/cm<sup>3</sup> and 6,09 g/cm<sup>3</sup> – FGM.

Функционально-градиентные материалы (ФГМ) представляют собой материалы, свойства которых изменяются по объему. ФГМ обладают комбинацией свойств, которые отличаются от свойств исходных элементов структуры, и позволяют адаптировать материал для условий применения. Типы ФГМ разделяются по градиенту: фазового состава, пористости и гранулометрического состава. Это можно использовать для различных применений в промышленности [1].

Ранее в Институте электрофизики были получены металломатричные композиты на основе окисленных нанопорошков алюминия и меди с помощью горячего магнитно-импульсного прессования (МИП) [2]. При совместном прессовании таких порошков были получены многослойные материалы. Образцы прессовались при неизменных давлении и температуре, поэтому следует изучить процесс уплотнения таких структур в разных условиях.

Цель данной работы состояла в исследовании влияния импульсного давления на свойства ФГМ на основе Al и Cu. В качестве исходных порошков использовались нанопорошки Cu и Al, полученные методом электрического взрыва. Частицы порошка представляли собой сферы с металлическим ядром, покрытым оксидом соответствующего металла. Диаметр частиц составлял 100-150 нм. Предварительно было проведено МИП каждого порошка в отдельности, чтобы определить степень уплотняемости порошка.

Навески порошков были выбраны так, чтобы при максимальной плотности образца слой алюминия был 1 мм, а меди 3 мм и составили: 0,13 г и 1,1 г, соответственно. Порошки послойно засыпались в пресс-форму диаметром 8 мм.

Дегазация и прессование проводились при комнатной температуре в вакууме с остаточным давлением  $\sim 10$  Па. Изменение давления прессования проводилось варьированием зарядного напряжения емкостного накопителя. В данной работе напряжение составляло 1,2-2,0 кВ с шагом 0,2 кВ. Максимальное давление прессования составляло  $\sim 1,5$  ГПа.

В результате обнаружено, что при напряжении до 1,8 кВ слои различных материалов не обладают достаточной связью, и образец разваливается на два слоя, которые сохраняют свою форму и не разрушаются. При более высоких давлениях наблюдается устойчивое сохранение формы ФГМ. Уплотнение композита происходило до абсолютных плотностей от  $5,94$  г/см<sup>3</sup> до  $6,09$  г/см<sup>3</sup>.

1. А.А. Качаев, М.Л. Ваганова, Д.В. Гращенков, Ю.Е. Лебедева, Керамические функционально-градиентные материалы (обзор), Перспективные материалы 2016 №9 (2016).
2. С.В. Заяц, В.В. Иванов, С.-К. Rhee и др., Получение наноструктурных компактов меди и алюминия магнитно-импульсным прессованием порошков, Проблемы нанокристаллических материалов (Сб. научных трудов), 528-536 (2002).



## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННОГО ТАМПОНАЖНОГО РАСТВОРА ДЛЯ СКВАЖИН С ДОБАВКОЙ ИЗ ПЛАНАРНЫХ НАНОЧАСТИЦ, ПОВЫШАЮЩЕЙ ПРОЧНОСТНЫЕ АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА.**

Воронин В.В.<sup>1\*</sup>, Пахаруков Ю.В., Шабиев Ф.К.<sup>1,2</sup>, Сафаргалиев Р.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Тюменский Государственный Университет, Тюмень, Россия

<sup>2)</sup> Тюменский Индустриальный Университет, Тюмень, Россия

\*E-mail: [vladislavalbus@gmail.com](mailto:vladislavalbus@gmail.com)

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF LIGHTWEIGHT CEMENT SLURRY FOR WELLS WITH THE ADDITION OF PLANAR NANOPARTICLES IMPROVE STRENGTH OF THE ADHESIVE PROPERTIES OF CONCRETE.**

Voronin V.V.<sup>1\*</sup>, Pakharukov Yu V, Shabiev F.K., Safargaliev R.F.

<sup>1)</sup> University of Tyumen, Tyumen, Russia

<sup>2)</sup> Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia

In the development of oil fields located in the area of permafrost, the process of fastening wells is a complex technical task. For high-quality well cementing cement must have a low density and sufficient strength to reliably separate the layers and seal the annulus.

Для крепления скважин в криолитозоне широко используется облегченный тампонажный раствор. Наибольшее распространение в практике цементирования скважин получило применение тампонажных портландцементов с добавлением облегчающих материалов с размером от 10 до 500 мкм. [1,2] Тампонажные смеси, содержащие традиционные облегчающие добавки, не всегда справляются с решением требуемой задачи по качественному креплению, так как повышенное давление в скважине приводит к разрушению облегчающих наполнителей, плотность раствора резко возрастает, и он становится непрокачиваемым.

Цементный камень с микросферами не является однородной структурой. Это гетерогенная структура вследствие чего каждая фаза отделена друг от друга поверхностью раздела, при переходе через границу раздела наблюдается резкий скачек физико-химических свойств. В этом случае наночастицы оказывающиеся на границе раздела способны значительно снизить скачек физико-химических свойств и снизить риск образования трещин.

Для приготовления тампонажного раствора была использована суспензия из углеродных наночастиц [3]. После чего были произведены механические испытания цементного камня, которые показали рост прочности раствора с наночастицами на 19% по сравнению с «чистым» и пластичности на 15%.

Таким образом можно сделать вывод о перспективности разработки технологии приготовления, облегченного тампонажного раствора с добавкой из планарных наночастиц.

1. М. Ю. Мерзляков, А. А. Яковлев Применение тампонажных растворов с включением полых микросфер при креплении скважин в криолитозоне, Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015 – №5 – С. 370-376.
2. В.П. Детков, А.Р. Хисматулин Физико-химическая механика – основа для разработки технологии цементирования скважин в условиях крайнего севера, Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море 2003 – №7 – С. 31-37. 1 – С. 50-53.
3. Y.V. Pakharukov, F.K. Shabiev R.F. Safargaliev Oil Displacement from a Porous Medium with the Aid of a Graphite Suspension/ //Technical Physics Letters 2018 vol. 44 p 130-132

## **СИНТЕЗ ТОНКИХ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК Ag-Sn-Sb-S СТАБИЛЬНЫХ ПРИ ОТЖИГЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ**

Мельникова Н.В., Колосов В.Ю., Юшков А.А.\*, Зарубин В.Ю.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yushkov.anton@urfu.ru](mailto:yushkov.anton@urfu.ru)

## **SYNTHESIS OF THIN AMORPHOUS FILMS Ag-Sn-Sb-S STABLE FOR ELECTRON-BEAM ANNEALING**

Melnikova N.V., Kolosov V.Yu., Yushkov A.A., Zarubin V.Yu.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Thin homogeneous amorphous films of bulk crystalline material  $\text{AgSnSbS}_3$  are obtained that are stable under irradiation by focused electron beam in TEM column.

В последнее время акцент исследований материалов для фото- и термоэлектрических устройств направлен на многокомпонентные халькогениды систем  $\text{Ag}-(\text{X},\text{Y})-\text{Sn}-\text{S}$  и  $\text{Cu}-(\text{X},\text{Y})-\text{Sn}-\text{S}$ , X, Y – элементы V группы и другие лиганды [1-5]. Соединения на основе Ag отличаются шириной запрещенной зоны порядка 1.5 эВ и высоким оптическим коэффициентом поглощения. Цель работы – изучение возможности синтеза тонких аморфных плёнок из объемного материала  $\text{AgSnSbS}_3$ , исследование их микроструктуры и оценка устойчивости к воздействию электронного пучка в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) с ускоряющим напряжением 200 Кв.

Синтез образцов осуществляли сплавлением исходных компонент в кварцевых контейнерах при температуре до 800°C. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы показали, что материал представляет собой смесь кристаллических фаз  $\text{AgSbS}_2$  и SnS в соотношении 1:1. Плёнки синтезировали вакуумным напылением через двойную маску на слюду с тонким подслоем углерода.

Толщина пленок ~10-20 нм. По используемой геометрии напыления в них реализовывали градиент толщины, от которой обычно зависит стабильность аморфной плёнки. Выполнены съемки в просвечивающем скан-режиме, в режиме дифракции и ПЭМ в светлом поле, проведен рентгеновский микроанализ.

Внешний вид плёнки представлен на рис. 1. Сплошная однородная плёнка аморфна, на картинах электронной дифракции наблюдается гало. Микроанализ показал равномерное распределение элементов в плёнке. Атомные доли массы: 29% S, 19% Sn, 14-15% Sb, 4-5% O, 4-5% Ag, 28% Cu (Cu – материал предметной сетки ПЭМ).

Исследовано воздействие сфокусированным и сканирующим электронным пучком (локальная T до 300°C), аморфное состояние пленки устойчиво во всех диапазонах толщин.

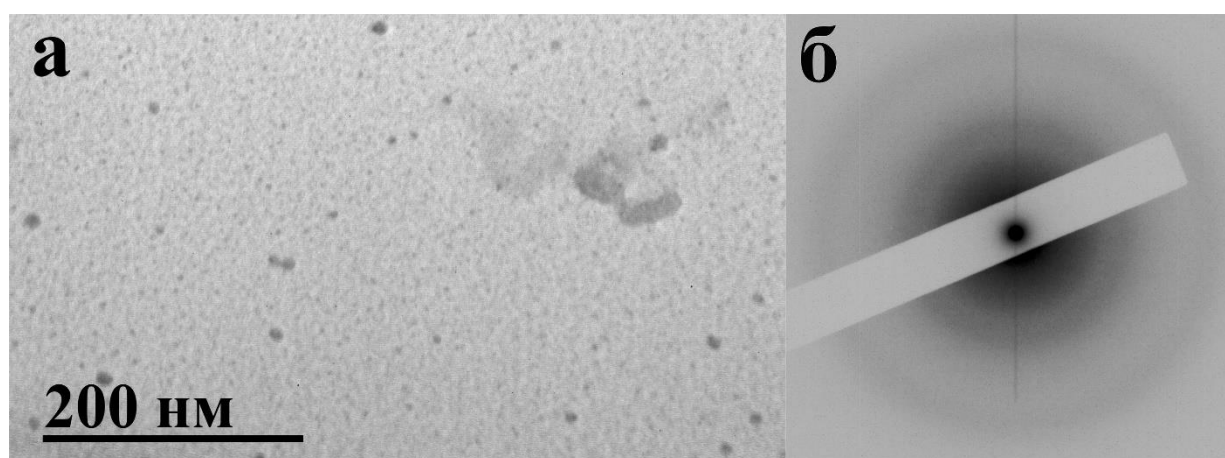


Рис. 1. а – ПЭМ-снимок участка аморфной пленки; б – дифракция (аморфное гало)

*Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 16-02-00857-а, проекта Минобрнауки (№3.6121.2017/8.9), Постановления №211 Правительства РФ (№ 02.А03.21.0006).*

1. Galdámez A., López-Vergara F. et al. J Solid State Electrochem. 16, 697 (2012).
2. Xiong W.-W., Miao J. et al. Cryst. Eng. Comm. 16, 5989 (2014).
3. Frumar M., Wagner T. et al NATO Science for Peace and 4. Security Series C: Environmental Security 139, 151 (2015).
4. Зобов Е.М., А.Ю. Моллаев, и др. ФТТ 58, 2369 (2016).
5. Faghaninia A., Yu G., et al. Phys. Chem. Chem. Phys. 19, 6743 (2017).

## ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТОЛЩИНЫ СОСТАВА $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ -КЕРАМИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО

Закиров И.Ф.<sup>\*</sup>, Пашков Л.С., Обабков Н.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zif-89@mail.ru](mailto:zif-89@mail.ru)

## $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ -CERAMIC FIBER THERMAL PROTECTIVE COATINGS OF INCREASED THICKNESS

Zakirov I.F.<sup>\*</sup>, Pashkov L.S., Obabkov N.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The technology is proposed for producing heat-insulating ceramic coatings up to 3 mm thick with the composition  $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ -ceramic fiber by pneumatic spraying of a slip, which includes the reinforcement of metal substrates using nichrome coils and the application of a sublayer of a mixture of nickel and aluminum powders.

Покрытия на основе диоксида циркония обладают низкой теплопроводностью, достаточной механической прочностью и хорошо противостоят циклическим воздействиям высоких температур. В настоящее время диоксид циркония, частично стабилизированный оксидом иттрия, находит применение в качестве теплозащитных покрытий, наносимых плазменным напылением. Однако, практически невозможным становится получение плазменных теплозащитных покрытий толщиной более 1 мм, поскольку на границе «металлическая основа – покрытие» возникают значительные по величине остаточные напряжения, приводящие к разрушению и отслоению керамического слоя.

Нами исследована возможность получения керамических слоев на основе  $ZrO_2$ - $Y_2O_3$  толщиной до 3 мм. Для обеспечения необходимой адгезии толстых слоев керамики была разработана технология армирования металлической поверхности. Для этого на поверхности металлической подложки в определенном порядке раскладываются спирали из металлической проволоки (нихрома). Далее пайкой с помощью высокотемпературного припоя ВПр-11-40Н их прикрепляют к поверхности подложки. Затем разрезают верхние гребни спиралей и правят образующиеся «усы» с ориентировкой в направлении перпендикулярном поверхности подложки.

На подготовленную таким образом подложку наносят подслоем шликера из смеси порошков Ni и Al, взятых в мольном отношении соответственно 3:1. Шликер состава  $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ -керамическое волокно с пластификатором напыляли пневматической форсункой на армированную металлическую подложку. Далее напыленное покрытие сушили, проводили его подпрессовку и обжиг при температуре 1200°C в вакууме. Внешний вид готового образца после спекания представлен на рисунке 1.

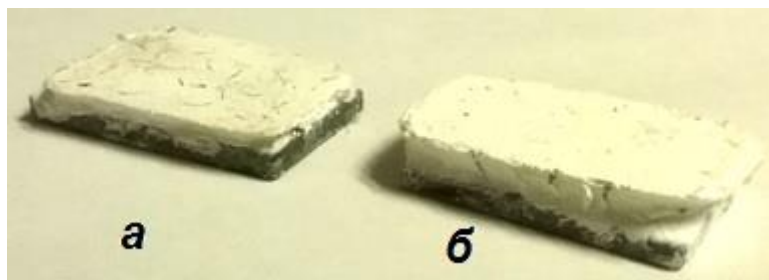


Рис. 1. Внешний вид образцов с покрытиями  $ZrO_2$ - $Y_2O_3$ -керамическое волокно:  
а – давление подпрессовки 5; б - давление подпрессовки 3

В процессе вакуумного отжига при температуре  $1200^\circ\text{C}$  в подслое за счет экзотермической реакции взаимодействия Ni и Al происходит образование алюминид никеля -  $Ni_3Al$ , и частично на границе с подложкой алюминидов железа. Это способствует повышению адгезионной прочности керамического слоя с металлической подложкой.

По разработанной технологии были проведены испытания керамических покрытий  $ZrO_2$ -7% $Y_2O_3$ -10% керамическое волокно толщиной 3 мм на нержавеющей стали 12X18H10T в условиях термоциклирования: нагрев - струей газа  $300\text{K} \rightarrow 2200\text{K}$  в течение 5 сек, охлаждение - обдув воздухом  $2200\text{K} \rightarrow 300\text{K}$  в течение 15 сек. Результаты испытаний показали, что покрытия выдержали более 10 термоциклов без видимых нарушений.

## ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $BaLaIn_{0.9}M_{0.1}O_{4.05}$ ( $M=Ti, Zr$ ) СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА

Западнава Е.А.\*, Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zapadnovalena@mail.ru](mailto:zapadnovalena@mail.ru)

## IONIC CONDUCTIVITY OF COMPLEX OXIDES $BaLaIn_{0.9}M_{0.1}O_{4.05}$ ( $M=Ti, Zr$ ) WITH RUDDLESDEN-POPPER STRUCTURE

Zapadnova E.A., Galisheva A.O., Tarasova N.A., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides  $BaLaIn_{0.9}M_{0.1}O_4$  ( $M=Ti, Zr$ ) were synthesized using the solid state method. The possibility of water uptake was proved by thermogravimetry measurements. The conductivity was measured at T and  $pH_2O$  variation.

На настоящий момент в рамках развития концепции водородной энергетики приоритетными являются работы по созданию топливных элементов (ТЭ),

которые позволяют использовать водород для получения электрической энергии. Хотя во второй половине XX столетия ученые и технологи достаточно далеко продвинулись в направлении разработки практически работающих устройств, но их широкомасштабное использование до сих пор не реализовано. Это, в первую очередь, связано с тем, что используемые материалы не позволяют создать долговременно работающее устройство. Основная проблема состоит в подборе технологичного и недорогого твердого электролита с высокой ионной проводимостью, стабильного как в окислительной, так и восстановительной атмосферах, надежно сопрягаемого по обширнейшему комплексу физико-химических, механических и функциональных характеристик с электродами и интерконнекторами.

В настоящее время мировым трендом являются разработки по созданию среднетемпературных ТЭ (500–700°C). Большинство известных среднетемпературных протонных проводников – это сложные оксиды со структурой перовскита или производной от нее. Однако в последние годы появились работы, показывающие возможность ионного транспорта в сложных оксидах на основе  $\text{BaNdInO}_4$ , характеризующегося структурой Раддлесдена-Поппера.

В настоящей работе впервые получены сложные оксиды  $\text{BaLaIn}_{0.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{4.05}$  ( $\text{M}=\text{Ti}, \text{Zr}$ ), исследованы их структура и транспортные свойства.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-79-30020)*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОУДАРЕНИЯ ПРИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОМ УСКОРЕНИИ ОБОЛОЧКИ

Зайцев Е.Ю.<sup>1</sup>, Крутиков В.И.<sup>2</sup>, Спиринов А.В.<sup>2</sup>, Паранин С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [jzaizew@gmail.com](mailto:jzaizew@gmail.com)

## EXPERIMENTAL REGISTRATION OF TUBULAR PARTS COLLISION UNDER MAGNETIC PULSE ACCELERATION

Zaytsev E.Y.<sup>1</sup>, Krutikov V.I.<sup>2</sup>, Spirin A.V.<sup>2</sup>, Paraniin S.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Contact front velocity, one of the key parameters of an impact joining, was determined by registration of electrical contact between colliding tubular parts. Velocity values for four different specimen configurations were experimentally obtained.

Магнитно-импульсная сварка (МИС) – метод ударной сварки, в котором одна из сталкивающихся частей ускоряется сильным импульсным магнитным полем. МИС эффективна для соединения трудносвариваемых и разнородных материалов, с сохранением их микроструктуры вблизи шва. Основными параметрами, которые определяют успешность получения сварного соединения в цилиндрической геометрии данным методом, являются радиальная скорость стенки метаемой трубы и скорость контактного пятна. Целью данной работы было экспериментальное определение контактной скорости при магнитно-импульсном методе соединения двух стальных труб.

В эксперименте использовали генератор импульсных токов емкостью накопителя 425 мкФ со стальным одновитковым индуктором с рабочей областью диаметром 29 мм и длиной 12 мм. Импульс тока в эксперименте был в форме затухающей синусоиды с пиковым значением в 800 кА и полупериодом 14 мкс, при этом в соленоиде генерировалось магнитное поле с максимумом около 40 Тл.

Ускоряемая магнитным полем стальная труба (рис. 1) сталкивалась с контактным датчиком, представляющим собой набор проводящих колец. Замыкание колец с трубой включало ток в РС цепях каждого кольца, который регистрировался цифровыми осциллографами. Времена зарядки (1 с) и разряда конденсаторов (25 мкс) были подобраны так, чтобы минимизировать взаимное влияние токов в цепях за время столкновения (1-10 мкс). Полученные данные были приведены в соответствие с результатами по МИС аналогичных деталей.

По полученным значениям времени столкновений была рассчитана скорость  $V_c$  контактного пятна при столкновении метаемой трубы и датчика:

$V_c = h/\Delta t$ , где  $h$  – расстояние между соседними кольцами,  $\Delta t$  – время между замыканиями двух соседних колец;

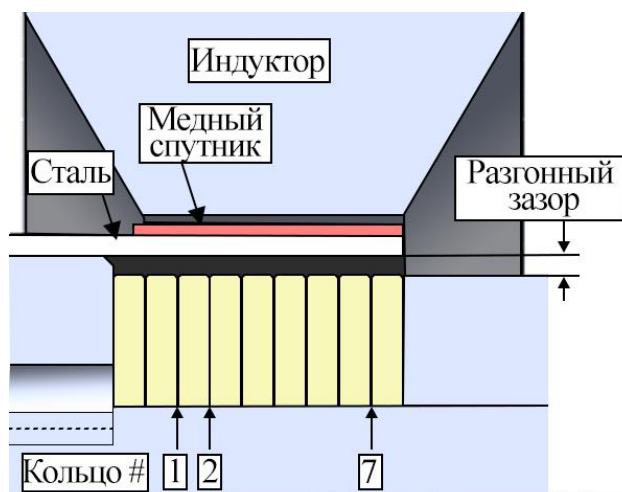


Рис. 1. Схема эксперимента

Были исследованы три конфигурации контактного датчика с одинаковой ускоряемой трубой.

1. Цилиндрический датчик с разгонным зазором в 1 мм. Использовался с целью изучить положение стенки метаемой детали в момент перед столкновением. Получены значения скоростей контактного пятна 5 – 250 км/с. При таких скоростях сварного соединения не было.

2. Конусный датчик с начальным зазором в 1 мм и углом к оси  $4,7^\circ$ . Получены скорости 4,1 – 36 км/с, при этом сварной шов наблюдался для участка, где скорость пятна была 4,1 – 6,5 км/с.

3. Цилиндрические датчики с зазором в 1,33 и 1,48 мм, у которых торец ускоряемой трубы был «утоплен» до середины индуктора. Скорости, соответствующие области сварного соединения, составили 0,6 – 4,9 км/с.



## THE STUDY OF TIM POLYMER COMPOSITE MATERIALS THERMAL CONDUCTIVITY

Zemlyanskaya A.P.\*, Shishkin R.A., Kudyakova V.S.,  
Yuferov Y.V., Zykov F.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [zemlyanskaia@mail.ru](mailto:zemlyanskaia@mail.ru)

Recently the main trend in technology is an increase in power and a decrease in overall dimensions, weight in electronic devices. In order to improve the heat transfer between the heating elements and the radiator, thermal interfaces or TIM is applied [1-2].

One of the most widely used TIMs is a thermal paste, due to their industrial availability. The thermally conductive paste must fill all the airspace that forms, between the central processor and the base of the radiator, and thus ensure the heat exchange between them[3].

Currently, the development of thermal grease, providing good thermal conductivity and acceptable technical and economic parameters.

The aim of the work was to study the effect of the dependence of the thermal conductivity of thermal grease on the physicochemical properties of the filler.

Samples were obtained by mechanical mixing of the PMS-1000 binder and the filler in the alumina mortar. Mixing was carried out until the mechanical properties of the pastes were maintained. The study was carried out on the IT- $\lambda$ -400 thermal conductivity meter; the results are presented in table 1.

Table-1 Data and results of measurements of samples

№	Filler	Mass fraction, %	Volume fraction, %	Average particle size d <sub>3,4</sub> um	The thermal conductivity of the filler, Watt/(m·K)	Thermal conductivity, Watt/(m·K)
1	SiC	79,56	54,08	26,90	360	1,37
2	AlN	77,34	50,41	3,20	285	1,09
3	SiO <sub>2</sub>	73,26	50,09	31,20	1,5	0,93
4	Graphite	63,86	43,48	179,80	130,3 and ⊥ 104,7	2,85
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72,94	39,85	27,40	38,5	0,73
6	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60,40	27,27	62,70	38,5	0,62
7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58,81	25,98	13,10	38,5	0,62
8	Cu	76,25	25,86	43,50	393,00	0,97
9	BN	41,99	25,08	6,40	600 and ⊥ 30	0,85
10	MgO	52,88	23,34	2,20	59,00	0,6
11	Ni	73,20	22,94	0,70	93,00	0,80
12	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	52,03	21,05	53,40	38,5	0,50
13	Al	37,02	18,58	36,00	228,00	1,20

1. Thermal conductivity significantly increases with a high volume fraction. The highest fraction values are observed for samples with silicon carbide, aluminum nitride, silicon oxide, and graphite fillers.
2. The average particle size of the filler does not significantly affect the value of thermal conductivity.
3. Sample № 13, where the filler is aluminum powder, has a percolation effect, expressed in a sharp increase in thermal conductivity of thermal paste.
4. It is revealed that the most promising materials for further research and development of the optimal composition of thermal paste are silicon carbide, silicon oxide, aluminum nitride, and graphite.

*Support by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation is gratefully acknowledged: calculation results (chapter 3.1) were obtained under research project # 3.6064.2017/8.9 and experimental results (chapter 3.2) - under project # 3.10704.2018/11.12.*

1. Chung D.D.L., Applied Thermal Engineering, 21, 1593-1605 (2001).
2. McNamara A.J. et al., International Journal of Thermal Sciences, 62, 2-11 (2012) 2.
3. Due J. et al., Applied Thermal Engineering, 50, 455-463 (2013).

## **ПЕРЕРАБОТКА ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕРНОКИСЛОГО ЭЛЕКТРОЛИТА**

Жилина Е.М., Красиков С.А., Гордеева А.С., Русских А.С.

Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии наук,  
Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ezhilina@bk.ru](mailto:ezhilina@bk.ru)

## **PROCESSING OF HEAT-RESISTANT NICKEL ALLOYS USING SULFURIC ACID ELECTROLITE**

Zhilina E.M., Krasikov S.A., Gordeeva A.S., Russkih A.S.

Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The paper shows the experimental possibility of obtaining sludge saturated with refractory metals during the electrochemical processing of waste nickel-based superalloys. It is shown that the concentration of sulphate electrolyte has a significant effect on the intensity of the process and contributes to the release of tungsten and tantalum in the resulting slurry

Проблема переработки отходов жаропрочных никелевых сплавов [1] представляет важную исследовательскую задачу, так как связана с извлечением ценных редких элементов в продукты, пригодные для дальнейшего использования.

Целью данной работы являлось изучение влияния нагрева и концентрации электролита на интенсивность электрохимического (анодного) растворения сплавов и возможность получения порошка, богатого такими тугоплавкими металлами, как тантал, ниобий, вольфрам, молибден.

Влияние условий электрохимического растворения порошков тугоплавких элементов исследовали на отходах лопаток авиационных газотурбинных двигателей с содержанием, масс. %: 5.0 *Cr*, 9.3 *Co*, 1.1 *Mo*, 8.5 *W*, 6.0 *Al*, 4.0 *Ta*, 1.6 *Nb*, 4.0 *Re*, 57.4 *Ni*. При проведении опытов менялись следующие параметры: концентрация электролита и его температура.

1 опыт – концентрация  $H_2SO_4$  100г/л, при комнатной температуре растворилось 2.5 г.;

2 опыт – концентрация  $H_2SO_4$  150г/л, при комнатной температуре растворилось 6.4 г.;

3 опыт – концентрация  $H_2SO_4$  50г/л, при комнатной температуре растворилось 1.5 г.;

4 опыт – концентрация  $H_2SO_4$  50г/л, температура 50 °С, растворилось 4.5 г.;

5 опыт – концентрация  $H_2SO_4$  50г/л, температура 100 °С, растворилось 1.2 г.

В таблице представлены результаты химического анализа компонентов шлама. В первых трех опытах рассматривали влияние концентрации  $H_2SO_4$  при комнатной температуре. Как видно из таблицы, наилучшие условия для извлечения тантала, ниобия и вольфрама в образующийся шлам обеспечивались в опыте 2. При этом концентрация молибдена и кобальта изменяется не значительно. Согласно приведенным результатам большее количество порошка шлама (см. выше), а значит и более интенсивное протекание процесса наблюдалось в опыте 2 (получено 6.4 г. шлама) при концентрации кислоты 150 г/л.

Таблица - Результаты химического анализа (масс. %) образцов шлама

№ опытов	Ni	W	Ta	Nb	Mo	Co
1	53.1	12.93	4.32	2.61	0.93	4.72
2	52.8	13.71	4.82	2.76	0.88	4.8
3	56.7	12.27	4.22	2.43	0.98	5.48
4	51.0	12.4	4.1	2.71	1.24	4.97
5	51.2	12.26	4.27	2.81	1.21	4.69

Влияние температуры на интенсивность процесса (опыты 4 и 5) было менее существенным.

Таким образом, в представленных опытах установлено, что наиболее высокая интенсивность процесса электрохимического растворения жаропрочного тугоплавкого сплава и извлечение в шлам вольфрама, тантала и ниобия наблюдаются при комнатной температуре и концентрации серной кислоты 150 г/л.

Работа выполнена при финансовой поддержке УрО РАН по проекту № 18-5-3-37 Комплексной программы Уральского отделения РАН

1. Жилина Е.М., Красиков С.А., Гордеева А.С. и др., Бутлеровские сообщения, 55, 9, 82 - 85 (2018).

## **РАЗРАБОТКА МАГНИТНОГО КЛИНА ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.**

Зыков Ф.М.\*, Юферов Ю.В., Шишкин Р.А., Кудякова В.С., Конев С.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zykov.fm@yahoo.com](mailto:zykov.fm@yahoo.com)

## **THE DEVELOPMENT OF MAGNETIC WEDGES FOR SPECIAL-PURPOSE ELECTRIC MOTORS**

Zykov F.M.\*, Yuferov Yu.V., Shishkin R.A., Kudyakova V.S., Konev S.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The thesis discusses the use of interlocking wedges of magnetic composite non organic materials for achieving higher level power of induction motors.

Электрические машины применяются практически повсеместно, поэтому встают вопросы о повышении их энергоэффективности и увеличения срок эксплуатации. Одним из путей решения данных проблем: энергоэффективности и надежности машин (асинхронных электродвигателей) переменного тока – использование в пазах статора клиньев из магнитомягких материалов – «магнитных клиньев» вместо клиньев классического исполнения из немагнитных материалов, например, из стеклотекстолита. Известны патенты для создания магнитных клиньев на основе органического связующего [1].

При более детальном рассмотрении проблемы повышения энергоэффективности, возник вопрос об электродвигателях, в строении которых не должны присутствовать органические элементы. Для решения данной задачи начались исследования в области неорганических связующих, в качестве основы взяты разработки по изготовлению клиньев на основе органического связующего, с некоторыми изменениями, а именно, алюмофосфатное связующее. Выбор обусловлен его термическими характеристиками, а именно устойчивостью при температурах выше 200оС. Были изготовлены экспериментальные образцы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение магнитной проницаемости образцов органического и неорганического связующих, относительно исходного порошка  $Fe_3O_4$

№	Образец	$\chi$ -макс	$\chi$ -/ $\chi$ магнетит
1	АФС + $Fe_3O_4$ (70 мкм) 2 к 1 t - 400°C	0-50	0,01
2	АФС + $Fe_3O_4$ 70 мкм 2 к 1	3600	0,72
3	$Fe_3O_4$ 70 мкм	5000	1
4	$Fe_3O_4$ 30 мкм + эпоксидная смола	4050	0,81
5	$Fe_3O_4$ ( $\omega$ -30% 20 мкм) +эпоксидная смола	2800	0,56
6	$Fe_3O_4$ ( $\omega$ ~ 20%) + эпоксидная смола	2400	0,48

Показатели магнитной проницаемости, которые отвечают за качество распределения магнитного поля выше у образцов с эпоксидной смолой, однако, в случае с неорганическим связующим, наполнитель был взят большей крупности, что может играть свою роль в распределении магнитного поля.

Дальнейшие исследования будут направлены на поиск оптимальных размеров частиц наполнителя и поиска подходящего связующего, с возможностью изготавливать подходящие клинья для разных типов электродвигателей.

1. Пат. № 2548868 RU. Способ изготовления материала для получения магнитного клина / Шустов И.И., Бекетов А.Р., Баранов М.В., Пластун А.Т., Денисенко В.И., Недзельский В.Е., Зыков П.Г. №2014144999; заявл. от 09.10.2013; опубл. 20.04.15, Бюл.№11

**СЕКЦИЯ 5**  
**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ  
ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯМИ РАКЕТНО-  
КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

Булдакова А.А., Князев Р.О., Журавлев А.В., Шашмулин И.В.

АО «Научно-производственное объединение автоматики  
им. академика Н.А. Семихатова», г. Екатеринбург, Россия

E-mail: avt@npoa.ru

**UNIT TESTING APPLICATION IN SOFTWARE DEVELOPMENT OF  
REQUIREMENTS FORMATION FOR CONTROL SYSTEM OF  
AEROSPACE PRODUCT**

Buldakova A.A., Knyazev R.O., Zhuravlev A.V., Shashmurin I.V.

Scientific and Production Association of automatics named  
after academician N.A. Semikhatov, Yekaterinburg, Russia

Annotation. It is proposed to create a requirements formation program for automating the process of aerospace product development. It is considered the features of the unit testing use in the program development. It is presented the results of unit tests introduction.

На сегодняшний день одним из наиболее значимых этапов в процессе создания аппаратуры и программ систем управления ракетно-космической техники (СУ РКТ) является контроль их соответствия предъявленным требованиям.

Модульное тестирование позволяет проверить на корректность единицы исходного кода с помощью различных вариаций тестовых наборов, проконтролировать модульную структуру кода проекта, уменьшить время на последующее тестирование при доработке программы.

В целях повышения автоматизации процесса разработки и отработки выпускаемых изделий на НПОА создано программное обеспечение (ПО) для формирования требований в виде, пригодном для компьютерной обработки [1].

Для повышения качества проекта, в частности кодовой базы (язык программирования Python, среда разработки графического интерфейса Qt5), внедрены методы модульного тестирования и статического анализа кода.

Особенностью использования в данном проекте модульного тестирования является то, что для графических приложений, как правило, его не используют, так как модульное тестирование графических компонентов требует подготовки большого числа аргументов, часть которых нельзя идентифицировать заранее, для классов с графическими компонентами целесообразнее проводить функциональное, нагрузочные или интеграционное тестирование.

Для внедрения модульных тестов в данный проект проведена оценка кода на возможность его покрытия модульными тестами, все методы проекта разделены

на две функциональные группы: методы, связанные с отображением графических объектов, и методы, выполняющие обработку данных. Модульные тесты применены только к тем методам, классы которых не содержат графические компоненты. Для каждого такого метода написан свой набор тестовых данных с использованием встроенной библиотеки unittest. По мере написания тестов, частично переработана структура кода программы в части упрощения функций. Оценка покрытия кода модульными тестами проводилась с помощью встроенной библиотеки coverage и составила 32% от общего объема.

Внедрение модульного тестирования в код программного обеспечения формирования требований позволило обнаружить и исправить в коде условные блоки, имеющие неопределённый выход, выявить недостатки структуры проекта (сильно связанные классы, дублирование функционала в разных функциях), сократить время на проверку кода при его изменении более чем в три раза, повысить читаемость кода. На следующем этапе планируется внедрение функционального тестирования графических интерфейсов и увеличение покрытия тестами имеющегося функционала.

1. Мугинова С.Р., Журавлев А.В., Шашмулин И.В., «Сборник научных трудов всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения», 89, 248 (2013).



## АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ВОЗБУДИМОСТИ В МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

Абрамова Е.П.\* , Рязанова Т.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ekaterina.abramova@urfu.ru](mailto:ekaterina.abramova@urfu.ru)

## ANALYSIS OF STOCHASTIC EXCITABILITY IN THE POPULATION DYNAMICS MODEL

Abramova E.P., Ryazanova T.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper discusses Bazykin population model with intraspecific competition of each population and predator saturation factors. The parametric zones of mono- and multistability are analyzed. For the case of environmental impact, described by parametric noise, transitions of random trajectories between basins of attraction are studied. The phenomena of stochastic excitability and generation of stochastic oscillations of mixed modes are described by the confidence domain method.

В данной работе рассматривается популяционная модель Базыкина [1], сочетающая стабилизирующий фактор внутривидовой конкуренции каждой популяции и дестабилизирующий фактор насыщения хищника:

$$\begin{cases} \dot{x} = ax - \frac{xy}{1 + \alpha x} - \varepsilon x^2, \\ \dot{y} = -\gamma y + \frac{xy}{1 + \alpha x} - \delta y^2. \end{cases} \quad (1)$$

Целью данного исследования является анализ параметрических зон моно- и мультистабильности, связанных с равновесиями и циклами. Для случая воздействия окружающей среды, описываемой параметрическими шумами ( $a \rightarrow a + \sigma \dot{w}_1$ ,  $\gamma \rightarrow \gamma + \sigma \dot{w}_2$ ), изучаются переходы случайных траекторий между бассейнами притяжения аттракторов. Феномены стохастической возбудимости и генерации стохастических осцилляций смешанных мод описаны средствами техники функции стохастической чувствительности и метода доверительных областей [2].

1. Базыкин А.Д., Нелинейная динамика взаимодействующих популяций, Институт компьютерных исследований (2003).
2. Bashkirtseva I., Ryashko L., *Front. Life Sci.*, 5, 141 (2011).

## РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЛЯ ФРАНЦИЯ

Андреева Я.А., Лаврентьева О.В., Гаркушин И.К.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

E-mail: [andreevayaa2505@gmail.com](mailto:andreevayaa2505@gmail.com)

## CALCULATION OF CRITICAL PROPERTIES FOR FRANCIUM

Andreeva Yana.A., Lavrentyeva O.V., Garkushin I.K.

Samara State Technical University, Samara, Russia

The use of semi-empirical and empirical dependencies in many cases allows us to solve problems associated with great experimental difficulties. Analytical and graphical dependencies of the critical properties (pressure, volume, temperature and density) of alkali metals on their order numbers are considered. The dependencies obtained are used to calculate these properties for francium. Karapetyan's comparative methods and Mendeleev's method were applied for the description.

Важное значение в современных условиях уделяется методам расчета, прогнозирования и моделирования свойств элементов, простых веществ, соединений и смесей соединений в однотипных рядах, а также взаимосвязь элементов, простых веществ и соединений между собой. Применение полуэмпирических и эмпирических зависимостей во многих случаях позволяет решить задачи, связанные с большими экспериментальными трудностями, обусловленными нестойкостью, токсичностью, агрессивностью и так далее исследуемых веществ. Приближенные соотношения позволяют расширить базу данных по свойствам различных веществ и выявить новые зависимости, что способствует развитию теории, позволяя глубже проникнуть в теорию строения вещества, в сущность химических превращений.

Рассмотрены аналитические и графические зависимости критических свойств (давления, объема, температуры и плотности) щелочных металлов от их порядковых номеров с помощью пакетов программ Table Curve 2D производства фирмы Jandel scientific<sup>TM</sup> и Microsoft Excel для Windows 98 производства фирмы Microsoft Corporation<sup>TM</sup>. По полученным зависимостям выполнен расчет этих свойств для франция. Кроме указанных вариантов, рассчитаны критические свойства по методу Д.И. Менделеева.

В результате проведенного исследования построены полулогарифмические зависимости с максимальным коэффициентом корреляции и минимальным значением среднеквадратичного отклонения. Пример такой зависимости приведен на рис. 1 [1].

По зависимостям «свойство – порядковый номер  $s^1$ -элемента» минимальному среднеквадратичному отклонению и максимальному коэффициенту корреляции удовлетворяют числовые значения свойств для франция:  $P_{кр} = 9,12$  МПа;  $T_{кр} = 2009$  К;  $V_{кр} = 3.375 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>·моль<sup>-1</sup>;  $\rho_{кр} = 531$  кг·м<sup>-3</sup>.

По уравнениям взаимосвязи «свойство 1 – свойство 2» минимальному среднеквадратичному отклонению и максимальному коэффициенту корреляции удовлетворяют числовые значения свойств для франция:

$$P_{кр} = 10,34 \text{ МПа}; V_{кр} = 3,296 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}.$$

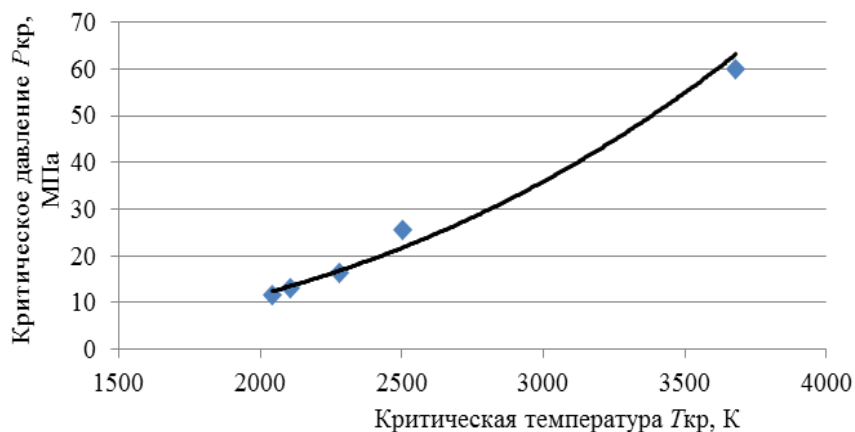


Рис. 1. Графическая взаимосвязь  $P_{кр}$ – $T_{кр}$  щелочных металлов.

По методу Д.И. Менделеева для франция получены следующие числовые значения:  $P_{кр} = 10.2 \text{ МПа}$ ;  $T_{кр} = 1098 \text{ К}$ ;  $V_{кр} = 3.72 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$ ;  $\rho_{кр} = 513 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ .

1. Гаркушин И.К., Лаврентьева О.В., Андреева Я. А., Бутлеровские сообщения, 58, 4 (2017).

## **МЕХ64-ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ В СРЕДЕ MATLAB**

Архандеев И.А. \*, Вардугина С.Ю. \*, Огородников И.Н.

Уральский Федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [igor.arhandeev@gmail.com](mailto:igor.arhandeev@gmail.com)

\*E-mail: [snejana-wardugina@mail.ru](mailto:snejana-wardugina@mail.ru)

### **A MEX64-INTERFACE FOR SOLVING INVERSE PROBLEMS IN MATLAB**

Arhandeev I.A. \*, Vardugina.S.Yu. \*, Ogorodnikov I.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work contains consideration of the possibilities of implementing a complex of 64-bit programs for solving spectroscopy and spectrometry problems. It also shows algorithms for the creation of MEX64 interface for connection with computer software environment MatLab64.

Решение обратных задач имеет огромную важность. Прежде всего это связано с тем, что обратные задачи могут быть поставлены корректно и некорректно. Решение некорректно поставленных задач классическими методами может привести к потере устойчивости и непрерывности решения в области определения, что в конечном итоге приведет к непригодности как решения, так и самого метода решения задачи.

Для преодоления этих проблем были разработаны специальные методы – методы математической регуляризации, например регуляризация методом обобщенной невязки Тихонова или регуляризация на компактных множествах методом условного градиента [1]. В то же время использование методов регуляризации требуют мощное математическое программное обеспечение.

В качестве такого ПО можно использовать MatLab. Для этого есть множество предпосылок: огромная область применения, в том числе и экспериментальная ядерная физика и оптическая спектрометрия; прекрасные инструменты визуализации результатов; поддержка как 32-, так и 64-разрядных архитектур; встроенный инструмент для интегрирования C/C++/Fortran-программ с помощью МЕХ-интерфейса.

МЕХ-интерфейс является ресурсной DLL (Dynamic Link Library), а потому сохраняет ее особенности и преимущества использования: уменьшения дублированного кода, затрат памяти, модульность архитектуры и изолированность от остального кода проекта.

Для использования Fortran-программ в проекте существует несколько причин: унаследованный код и скорость выполнения кода. Первая причина сложилась исторически: Fortran – первый высокоуровневый язык программирования и в течение десятилетий именно на Fortran было написано огромное количество

библиотек, которые используются в настоящее время. Вторая причина является очень важной с точки зрения расчетов: скорость выполнения Fortran-программ намного больше, чем другие языки программирования. Такие результаты занесены в многие современные проекты, наиболее признанным из которых является “The Computer Language Benchmarks Game”.

Целью данной работы является исследование возможности реализации комплекса 64-битных программ для решения обратных задач спектроскопии и спектрометрии [2, 3], состоящих из 64-битного вычислителя (симплекс-метод, регуляризация на компактных множествах, тихоновская регуляризация по методу обобщенной невязки) и MEX64-интерфейса (Matlab Executable) для связи вычислителя с программной средой Matlab64.

В рамках поставленной цели были созданы MEX64-интерфейсы, написанные на m-языке (язык среды MatLab), реализующие следующие методы: симплекс-метод, метод обобщенной невязки Тихонова и метод условного градиента на компактных множествах. Также был реализован MEX64-интерфейс, программа которого была написана на Fortran: анализ спектров отражения диэлектриков по методу Крамерс-Кронига.

1. Тихонов А.Н., Леонов А.С., Ягола А.Г. Нелинейные некорректные задачи (1995).
2. Огородников И.Н. Введение в обратные задачи физической диагностики: специальные главы высшей математики для технологов. (2017).
3. Огородников И.Н. Введение в обратные задачи физической диагностики. Модельный расчеты в МАТЛАБ (2017).

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГРАНИЦЫ ДВИЖУЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ БЛИЗКИХ ВЯЗКОСТЕЙ

Бандо Р.Д.<sup>\*</sup>, Червонцева Е.А., Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [romanbando@gmail.com](mailto:romanbando@gmail.com)

## NUMERICAL INVESTIGATION OF MORPHOLOGICAL STABILITY OF MOVING INTERFACE OF FLUIDS WITH CLOSE VISCOSITIES

Bando R.D., Chervontseva E.A. Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Results of numerical calculations of morphological stability of round fluid-fluid interface in Xele-Shaw cell under initial harmonic perturbations are presented.

Проводится численное исследование морфологической устойчивости границы раздела при вытеснении маловязкой жидкостью другой более вязкой (отношение вязкостей,  $U$ ) в ячейке Хеле-Шоу. Математическая постановка подобна работе [1]. Возмущения границы гармонические с произвольной амплитудой  $\delta$  и модой  $k$ . Средствами пакетов MATLAB и COMSOL Multiphysics была написана программа для вычисления критического размера границы от амплитуды при постоянном расходе. Результатом вычислений являются значения бинодали  $R_{min}$  - минимальный размер, начиная с которого возможна потеря устойчивости границы при наличии возмущений произвольной амплитуды и спинодали  $R_c$  - размер при котором устойчивость формы теряется при наличии бесконечно малых возмущений.

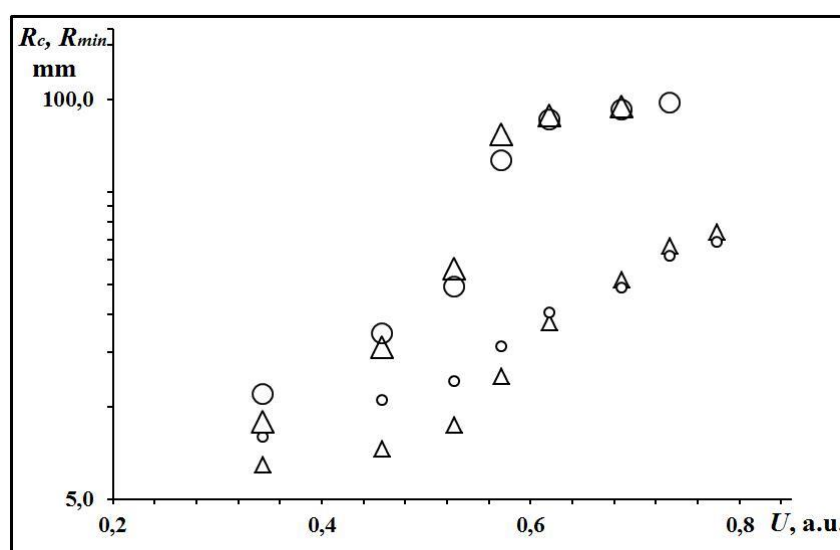


Рис. 1. Зависимость размеров спинодали  $R_c$  (большие символы) и бинодали  $R_{min}$  (малые символы) от отношения вязкостей  $U$  при моде возмущения  $k=4$  (треугольники) и  $k=5$  (круги)

В результате численных исследований было получено, что при увеличении скорости вытеснения критические размеры уменьшаются, а при увеличении отношения вязкостей  $U$  критические размеры увеличиваются.

Обнаружено, что при малом отношении  $U < 0.1$  критические размеры границы выстраиваются в порядке возрастания моды возмущения  $k$  (сначала идут  $R_{min}$  и  $R_c$  для  $k=2$ , выше них для  $k=3$  и тд). Однако для более высоких отношений вязкостей наблюдается изменения порядка потери устойчивости относительно моды возмущения (сначала для спинодали  $U < 0.45$ , а затем и для бинодали  $U < 0.7$  (рис. 1)).

1. Martyushev L.M., Bando R.D., Chervontseva E.A., JETP Letters, Vol. 108, No. 1, pp. 38–43 (2018)

## **О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ КОЛЛЕКТИВОМ РОБОТОВ**

Банников И.К.\*, Ворманов И.А., Евсегнеев О.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ilya.bannikov@urfu.ru](mailto:ilya.bannikov@urfu.ru)

## **INCREASE THE RELIABILITY OF DECISION-MAKING BY THE ROBOTS SWARM**

Bannikov I.K.\*, Vormanov I.A., Evsegneeov O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Due to the presence of many random factors affecting the behavior of a team of robots, the use of this approach is not applicable to solving critical problems, such as traffic control along the route network, due to the high probability of systematic errors during operation.

В настоящее время распределенные системы, в том числе, коллективов роботов, находят широкое применение в связи с развитием таких технологий, как интернет вещей (ИОТ). Увеличение эффективности достигается благодаря так называемому синергетическому эффекту [1].

Из-за наличия множества случайных факторов, влияющих на поведение коллектива роботов, использование данного подхода не применимо для решения ответственных задач, например регулирования движения по маршрутной сети, из-за большой вероятности появления систематических ошибок в процессе эксплуатации [2].

Для парирования этого недостатка предлагается применить один из подходов теории надежности, который заключается в следующем: в принятии решения

участвуют несколько однотипных особей, реализация решения зависит от того, выберет ли большинство особей, участвующих в процессе, одинаковый способ решения. Для этого коллектив на этапе инициализации разбивается на неделимые в последствии группы, внутри которых располагаются эти однотипные особи.

1. Банников И.К., Ворманов И.А., Евсегнеев О.А., Пепелев А.М. Алгоритм управления распределенным коллективом роботов // V Международная молодежная научная конференция, посвященная памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортова Физика. Технологии. Инновации. с.50 (2018)
2. Юрков Н. К., Затылкин А. В., Полесский С. Н., Иванов И. А., Лысенко А. В. Пенза: Изд-во ПГУ, с. 100 (2012)

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СОБЫТИЙ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Белёва Е.А.<sup>1\*</sup>, Кругликов Н.А.<sup>2</sup>, Разумов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nick@imp.uran.ru](mailto:nick@imp.uran.ru)

## **NEAR-EARTH SPACE EVENTS DETECTION SOFTWARE DEVELOPMENT**

Beleva E.A.<sup>1\*</sup>, Kruglikov N. A.<sup>2</sup>, Razumov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

This work aims to enhance current fireball and meteor detection methods by developing a software based on computer vision and neural network. This software will be run on cloud server or local computers, which acquire data from fireball network.

Болидные сети – сети фото и видео камер, регистрирующих события в атмосфере Земли, достаточно давно используются для определения области падения метеоритов по их траектории [1] в России удастся использовать этот подход для сбора внеземного вещества, но его использование связано с анализом больших данных - данных обработка которых в ручном режиме невозможна.

Для накопления поступающих данных при использовании фотометода был разработан облачный сервис, который позволяет получать снимки с камер, зарегистрированных в болидной сети [2,3]. Кроме того, были разработаны



соответствующие решения для организации пунктов наблюдения и программное обеспечение на языке Python [4]. Использование видеометода при таком способе накопления данных без их предварительного анализа и фильтрации чрезвычайно затратно, поскольку, требует существенных вычислительных ресурсов, значительного дискового пространства и постоянного использования быстродействующих каналов связи.

Обработка снимков должна происходить в режиме реального времени, обладать высокой точностью (необходимо минимизировать ложные срабатывания, связанные с регистрацией событий техногенной характера и условий сильной облачности) и максимальной производительностью.

В статье [5] описывается разработка программного обеспечения (ПО), позволяющего решить аналогичную задачу путём модификации операции порогового преобразования. Данный подход, хоть и показывает хорошие результаты по детектированию метеоров, но всё же не до конца исключает ложные срабатывания, особенно в условиях сильной облачности.

Целью данного исследования является разработка программного обеспечения для регистрации событий в околоземном пространстве.

В данной работе исследуются два алгоритма для автоматической обработки снимков - алгоритм на основе метода blob detection и сверточная нейронная сеть.

Использование нейронной сети позволяет повысить точность детектирования, а алгоритмы компьютерного зрения позволяют использовать низкопроизводительные процессоры одноплатных компьютеров.

Программное обеспечение разработано на языке C++, так как этот язык позволяет достигнуть максимальной производительности.

1. Gritsevich M., et al., Proceedings of IMC, 162, (2014).
2. Панькив А.П., Кругликов Н.А. Физика Космоса: труды 46-й Международной студенческой научной конференции, 188 (2017).
3. Кругликов Н.А., Крушинский В.В., Гроховский В.И. Физика Космоса: труды 47-й Международной студенческой научной конференции, 203 (2018).
4. Kruglikov N.A., et al, Meteoritics & Planetary Science, 6361 (2018).
5. Denis Vidal., et al, Proceedings of the IMC, 307, (2016).

## О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА МНОЖЕСТВ ДОСТИЖИМОСТИ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Белоусов А.Н.<sup>1</sup>, Матвийчук А.Р.<sup>1,2\*</sup>, Зимовец А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [matv@uran.ru](mailto:matv@uran.ru)

## ABOUT IMPLEMENTATION OF CLOUD COMPUTING FOR REACHABLE SETS CALCULATION FOR CONTROL SYSTEMS

Belousov A.N.<sup>1</sup>, Matviychuk A.R.<sup>1,2\*</sup>, Zimovets A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics of UrB RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The presented work is devoted to the study of the effectiveness of using cloud computing in a corporate cloud of UrB RAS on the example of calculating reachable sets of control systems. The results of the experiments made it possible to evaluate the effectiveness of cloud computing compared with alternative technologies used for calculations, as applied to the tasks of reachable sets calculation.

В настоящее время существует широкий спектр математических задач для решения которых требуется большой объем вычислительных ресурсов. К таким ресурсам относятся как процессорные мощности ЭВМ, так и память, требуемая для хранения расчетных данных. В ряде случаев с целью ускорения вычислений исследователи при разработке алгоритмов решения и их реализации в виде программ используют технологию параллельных вычислений. Одной из таких ресурсоемких задач, имеющих хороший потенциал распараллеливания, является задача приближенного вычисления множеств достижимости управляемых систем. Известно, что наилучшим инструментом, позволяющим максимально эффективно реализовать потенциал параллельных вычислений, является супервычислитель. К сожалению, не все исследователи, занимающиеся решением ресурсоемких задач, имеют доступ к ресурсам супервычислителя. В связи с этим возникла необходимость в альтернативных инструментах, которые доступны широкому кругу пользователей и при этом имеют существенно большие вычислительные мощности, чем персональная ЭВМ. Одним из таких инструментов являются облачные вычисления.

Представленная работа продолжает исследования эффективности использования облачных вычислений в корпоративном облаке УрО РАН на примере расчета множеств достижимости управляемых систем [1, 2]. Ранее проведенные исследования продемонстрировали высокую эффективность применения технологии параллельных вычислений в виртуальной среде. При этом была выявлена

зависимость скорости вычислений от конфигурации виртуального сервера. В рамках исследования были проведены численные эксперименты с использованием программы на языке C++, которая базируется на технологии параллельных вычислений OpenMP. Результаты экспериментов позволили оценить эффективность облачных вычислений в сравнении с альтернативными технологиями, используемых для расчетов, применительно к задачам вычисления множеств достижимости.

1. Matviychuk A.R., Zimovets A.A., Belousov A.N., Grigoriev A.M. AIP Conf. Proc., 2025, 110004, (2018).
2. Grigoryev A.M., Khokhlov I.A., Matviychuk A.R., Belousov A.N. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 9-10 (2015).

## МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ СПАЙКОВ В КУСОЧНО-ГЛАДКОЙ МОДЕЛИ РУЛЬКОВА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ШУМА

Беляев А.В.<sup>\*</sup>, Рязанова Т.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [belyaev.alexander1337@yandex.ru](mailto:belyaev.alexander1337@yandex.ru)

## MECHANISMS OF GENERATION OF SPIKES IN PIECEWISE RULKOV MODEL UNDER A PARAMETRIC NOISE

Belyaev A.V.<sup>\*</sup>, Ryazanova T.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this paper a piecewise Rulkov model of neural activity is considered. We study the mechanisms of spike generation caused by the random behavior of one of the parameters. Using the confidence interval method, two main mechanisms for spike generation are described. The main statistical characteristics of interspike intervals are calculated depending on the noise intensity.

В данной работе рассматривается модель нейронной активности Рутькова [1], заданная кусочно-гладким отображением с учетом случайного характера поведения параметра  $\beta$ :

$$x_{t+1} = f(x_t) = \begin{cases} \frac{\alpha}{1-x_t} + \beta + \varepsilon \xi_t, & x_t \leq 0, \\ \alpha + \beta + \varepsilon \xi_t, & 0 < x_t < \alpha + \beta + \varepsilon \xi_t, \\ -1, & \alpha + \beta + \varepsilon \xi_t \leq x_t, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – параметры системы,  $\varepsilon$  – интенсивность шума,  $\xi_t$  – случайная величина, распределенная по нормальному закону с параметрами  $(0, 1)$ .

Целью данного исследования является анализ генерации спайков (большеамплитудных всплесков, описывающих возбуждение нейрона), вызванных случайным воздействием. С помощью метода доверительных интервалов [2] описываются два основных механизма их генерации и дается теоретическая оценка величины интенсивности шума, необходимой для возникновения всплесков. Вычисляются основные статистических характеристик межспайковых интервалов в зависимости от интенсивности шума: математическое ожидание, дисперсия и коэффициент вариации.

1. Shilnikov A.L., Rulkov N. F., Int. J. of Bif. & Ch., 13(11), 3325-3340 (2003).
2. Bashkirtseva I., Ryashko L., Phys. Lett. A, 381(37), 3203-3210 (2017).

## МЕХАНИЗМ ЦИФРОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА БЮДЖЕТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА

Брюханов В.М.\*, Гольдштейн С.Л., Ишутин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [bruvladi@yandex.ru](mailto:bruvladi@yandex.ru)

## MECHANISM OF DIGITAL EVALUATION OF QUALITY BUDGETING GAS TRANSPORTATION

Briukhanov V.M.\*, Goldshtein S.L., Ishutin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The proposed improvement of the mechanism of digital assessment of the quality of gas transportation budgeting.

При создании механизма цифровой оценки качества бюджетирования транспортировки газа (МЦОКБ ТГ) возникает задача взаимодействия с уже функционирующей системой предприятия и ее пользователями. На данный момент предприятие имеет систему ключевых показателей эффективности, которые позволяют оценить качество работы отдела только по выполнению плановых значений, что некорректно отражает качество бюджетирования.

Мы предлагаем, помимо создания механизма для оценки деятельности отдела бюджетирования, по компилятивному прототипу [1], внедрить в механизм модуль обратной связи, включающий в себя систему вариативности бюджета [2]. Это позволит оценить качество бюджетирования и возможности прогнозирования экономических показателей при заданных параметрах и желаемой

вариативности. На рисунке 1 представлена алгоритмическая модель функционирования механизма цифровой оценки качества бюджетирования.

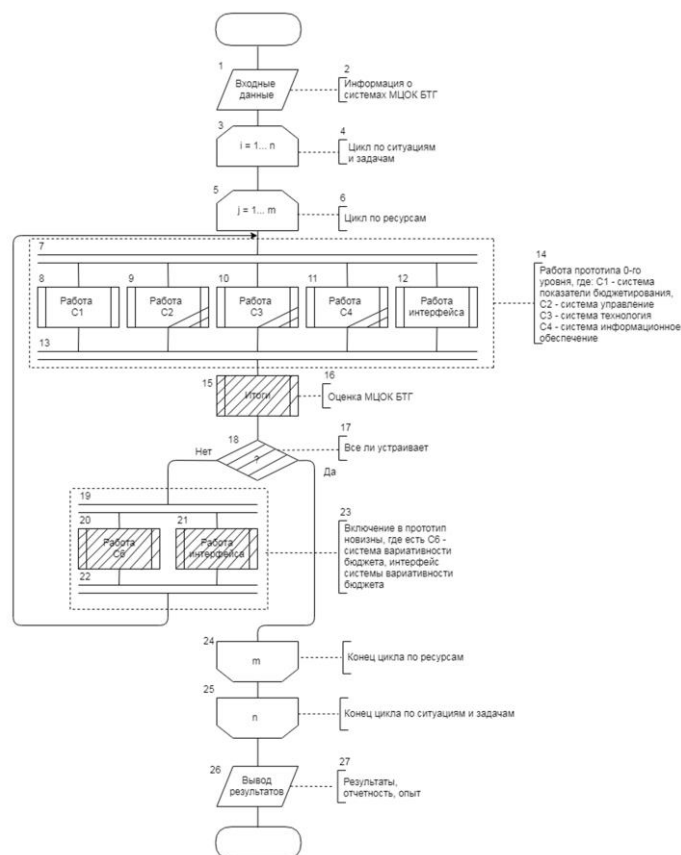


Рис. 1. Алгоритмическая модель функционирования МЦОКБ ТГ по корпоративному прототипу и предлагаемому решению

Данное решение улучшит качество использования бюджета предприятия, что в свою очередь повысит эффективность отдела бюджетирования и гибкость бюджета в целом.

1. Брюханов В.М., Гольдштейн С.Л., Ишутин А.В., Научное и образовательное пространство: перспективы развития. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, 143-148 (2018).
2. Егорова С.Е. Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономика. Право. Управление. Вып. 5., 145-148 (2017).

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПУЗЫРЯ В ЖИДКОСТИ. ДВУМЕРНЫЙ СЛУЧАЙ

Черноскутов А.С.\* , Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [san4ya123@mail.ru](mailto:san4ya123@mail.ru)

## MORPHOLOGICAL STABILITY OF THE BUBBLE IN A FLUID. THE TWO-DIMENSIONAL CASE.

Chernoskutov A.S.\* , Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, we consider morphological stability of dynamic growth regime of two-dimensional vapor bubble. Analytical solution for this model is obtained.

В работе рассматривается морфологическая устойчивость парового пузырька в перегретой жидкости в динамическом режиме роста [1]. Ранее данная задача была решена в трехмерном случае. Двумерный случай (рост круглого пузырька в квазидвумерной ячейке) является интересным с теоретической точки зрения, но в литературе рассмотрен не был. Целью работы стало аналитическое решение этой задачи.

Круглый паровой пузырь радиуса  $\mathcal{R}$  находится в перегретой жидкости. Плотность жидкости  $\rho_2$  значительно выше плотности пара. Рассматриваемая жидкость считается несжимаемая и ее вязкостью пренебрегают. Начало координат лежит в центре пузыря. Давление  $p_0$  внутри пузырька считается постоянным. Давление в жидкости на большом расстоянии от пузырька считается постоянным и равным  $p_\infty$ . В некоторый момент времени на границу раздела фаз воздействуют малым гармоническим возмущением с модой  $n$ .

Математическая постановка задачи, основанная на решении уравнений Навье-Стокса и непрерывности, полностью соответствует работе [1]. Видоизменение граничных условий связано лишь с новой геометрией задачи. Применяя теорию возмущений, в линейном порядке по амплитуде возмущения было получено уравнение в безразмерных координатах:

$$\ddot{a} + 2\dot{a}\frac{\dot{R}}{R} - a\left(\frac{\dot{R}}{R}(n-1) - \frac{(n^2-1)n}{R^3}\right) = 0, \quad (1)$$

где  $R$  - радиус пузырька,  $a$  - амплитуда возмущения.  $R = \frac{\mathcal{R}}{R_c}$ ,  $t = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_2 R_c^3}}\tau$ , где  $R_c$  -

критический радиус зародыша,  $R_\infty$  - радиус сосуда,  $\sigma$  - коэффициент поверхностного натяжения. В нулевом порядке было получено уравнение:

$$\ln\left(\frac{R_\infty}{R}\right)\left(\dot{R}^2 + R\ddot{R}\right) - \frac{1}{2}\dot{R}^2 = p_0 - p_\infty - \frac{1}{R} \quad (2)$$

Важным результатом совместного численного решения (1) и (2), является то, что существует критический радиус при котором пузырь теряет свою морфологическую устойчивость, т.е. амплитуда возмущения, начиная с некоторого момента времени, увеличивается в размере, а не затухает (как известно, в трехмерном случае пузырь всегда морфологически устойчив).

1. Plesset M.S., J. Appl. Phys. 25(1), 96 (1954).

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА КЛАССИФИКАЦИИ СПОСОБНОСТИ К ОБУЧЕНИЮ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИЧНОСТИ

Ташкинова А.П.<sup>1</sup>, Петренко А.А.<sup>1</sup>, Помосова А.А.<sup>1</sup>, Долганов А.Ю.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anton.dolganov@urfu.ru](mailto:anton.dolganov@urfu.ru)

## DEVELOPMENT OF THE LEARNING ABILITY CLASSIFICATION METHOD BASED ON PERSONALITY QUALITIES

Tashkinova A.P.<sup>1</sup>, Petrenko A.A.<sup>1</sup>, Pomosova A.A.<sup>1</sup> and Dolganov A.Yu.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The developed classification function makes it possible to determine high or low learning ability of practically healthy people using personal qualities. The learning in the study is characterized by an assessment of working memory and attention. The accuracy of the classification function was 85%.

Проблема обучаемости людей в наше время является актуальной, так как обучаемость влияет на поведение человека и его социальную адаптацию. Отсутствие данной способности может отрицательно повлиять на мышление, мотивацию, работоспособность и в целом на развитие человеческого потенциала [1].

**Задача исследования** состоит в изучении взаимосвязи между личностными качествами и обучаемостью практически здоровых людей. В исследовании приняло участие 56 испытуемых (от 20 до 25 лет, 37 женского пола и 19 мужского). Для оценки личностных характеристик испытуемых был использован Пятифакторный опросник личности (Big Five) [2], состоящий из 25 биполярных первичных факторов, сгруппированных, в свою очередь, в 5 обобщенных факторов.

Для оценки обучаемости использовалась методика N-back (а именно, Dual 2-back). N-back является современным и высокоэффективным способом оценки и тренировки рабочей памяти и внимания, которые являются основными

параметрами обучаемости [3]. Испытуемому представляются последовательности из визуальных и аудиальных стимулов, с заданным интервалом времени в 3 секунды. Испытуемый должен дать ответ, если текущий стимул совпадает с элементом, представленным 2 интервала назад. По результатам N-back испытуемые с помощью кластерного анализа были разделены на 2 группы по общей оценке выполнения задачи. К первой группе относятся испытуемые с низкой оценкой, ко второй – с высокой оценкой.

Для создания метода классификации использовался линейный дискриминантный анализ, реализованный в программе «STATISTICA 10.0». В качестве параметров применялись первичные факторы теста Big Five. В качестве меток классов использовались вышеупомянутые группы.

В результате применения машинного обучения была получена дискриминантная функция в основу которой вошли 8 первичных факторов теста Big Five: импульсивность/самоконтроль поведения; ригидность/пластичность; неаккуратность/аккуратность; самодостаточность/самокритика; консерватизм/любопытство; безответственность/ответственность; нечувствительность/сензитивность; непонимание/понимание.

Дискриминантная функция позволяет предсказывать оценку выполнения задачи N-back (низкая оценка или высокая). Точность полученной дискриминантной функции составила 85%.

Полученная дискриминантная функция позволяет при использовании теста Big Five сократить более, чем на 50% время отбора новых испытуемых с низкими параметрами рабочей памяти и внимания.

В дальнейшем разработанный метод будет использоваться при развитии методики ускорения темпов и повышение эффективности обучения посредством применения нейроэлектростимуляции периферической нервной системы [4].

1. Карпенко М.П., Телеобучение, Москва: СГА (2008).
2. Хромов А. Б., Пятифакторный опросник личности, Курган: КГУ (2000).
3. Hoskinson J., Toomim J., Brain Workshop (2008).
4. Kublanov V., Petrenko A., Nabiullina, A., Correction of Attention in a Learning Ability Task with using Non-invasive Neurostimulation of Peripheral Nervous System. Proceedings - BIOSTEC 2017, 4, 269-275 (2017).



## ОДНОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТА

Донцов О.Г.<sup>1\*</sup>, Гольдштейн С.Л.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум», г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [oleg.dontsov@urfu.ru](mailto:oleg.dontsov@urfu.ru)

## ONE-FACTOR ANALYSIS OF THE MODEL OF IT SPECIALIST PRODUCTION

Dontsov O.G.<sup>1\*</sup>, Goldshtein S.L.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> GAUZ SO MKMC Bonum, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article describes a computerized one-factor analysis of the production of an IT specialist with the definition of dimensions and the physical justification of each factor.

На основе дифференциального уравнения, описывающего производительность ИТ-специалиста [1,2]:

$$\frac{dx}{dt} = k_1 * x + k_2 * U + k_3 * E \quad (1)$$

где  $x$  – продукт исполнителя,  $t$  – время, коэффициенты настройки:  $k_1$  – на продукт,  $k_2$  – на самоуправление при расчете изменения продукта,  $k_3$  – на самомотивацию;  $U$  – самоуправление исполнителя, при расчете изменения продукта,  $E$  – самомотивация исполнителя. Требуется физически обосновать размерности, провести компьютерный однофакторный эксперимент с целью оценить влияние каждого фактора.

Размерности величин:  $x$  – шт/ Дж,  $U \sim E$  – Дж/ шт,  $k_1$  – 1/ час,  $k_2 \sim k_3$  – шт<sup>2</sup>/ Дж<sup>2</sup>/ час.

Для анализа построены графики  $x(t)$  при  $t \in \{0;1\}$ . Производство продукции идет по нисходящему графику, для производства всей продукции необходимо достичь значения  $x \rightarrow 0$ . На 1 этапе отражена ситуация обновления среды программирования при  $t=0,2$ , что привело к ускорению темпа производства продукта. При  $k_1 < 0$  и  $t=0,2$  на графике (рис. 1) виден излом. Второе и третье слагаемые уравнения (1) приняты за 0.

На 2 этапе добавили самоуправление, то есть  $U$  и  $k_2 \neq 0$ . При этом результаты 1 этапа сохраняются до  $t=0,2$ . На 2 этапе эксперимента была отражена ситуация: при работе ИТ-специалиста произошло появление самоуправления исполнителя при  $t=0,3$ , что привело к ускорению производства продукта, затем управление было увеличено при  $t=0,6$ . Для формирования нисходящего графика были взяты отрицательное значение коэффициента  $k_2$  и положительные значения  $U$ , при  $t=0,6$  виден излом графика. Третье слагаемое уравнения (1) принято за 0.

На 3 этапе значения результатов 1 и 2 этапа сохраняются до  $t=0.8$ , отражена ситуация смены уровня влияния самоуправления при  $t=0.8$ , что привело к замедлению производства продукта. Для формирования нисходящего графика при  $t=0.8$  значение коэффициента  $k_2$  было увеличено со значения  $-1$ , что отразилось в изломе графика. Третье слагаемое уравнения (1) принято за  $0$ .

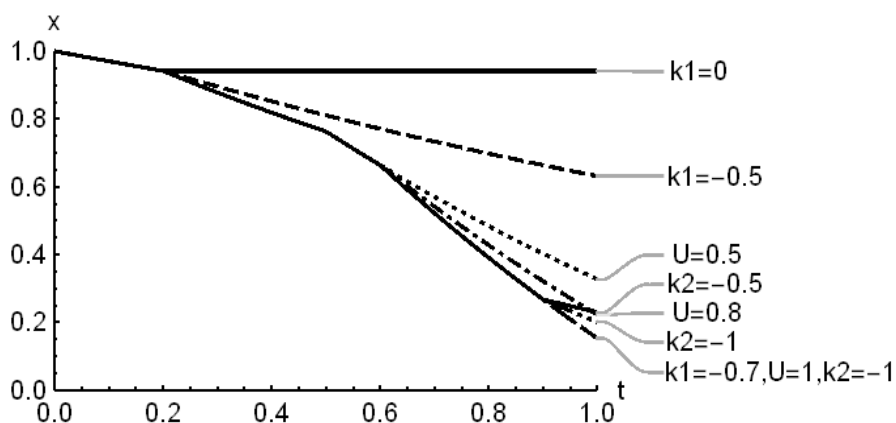


Рис. 1. Графики  $x(t)$  однофакторного эксперимента.

Для  $E$  и  $k_3$  наблюдаем аналогичную ситуацию как при  $U$  и  $k_2$  соответственно. В результате работы были определены размерности величин и рассмотрено влияние переменных на производство продукции.

1. Печеркин, С.С., Гольдштейн, С.Л., Кабанова, С.В., Короткий, А.И., Материалы III международного НПС «Интеллектуальные информационные технологии в управленческой деятельности», ИПК УГТУ-УПИ, 244-253 (2001)
2. Донцов О.Г., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М., Дугина Е.А., Системная интеграция в здравоохранении, 41, 5-15 (2018)

## О ЛОГИКЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСЛЯТОРА ТЕКСТОВ ИЗ ФИЗИКИ В МЕДИЦИНУ

Ермаков А.И.<sup>1\*</sup>, Гольдштейн С.Л.<sup>1</sup>, Грицюк Е.М.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> ГАУЗ СО МКМЦ "Бонум", Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ae.ermakov995@gmail.com](mailto:ae.ermakov995@gmail.com)

## ABOUT THE LOGIC OF THE FUNCTIONING OF PHYSICS TEXTS TRANSMITTER IN MEDICINE

Ermakov A.I.<sup>1</sup>, Goldshtein S.L.<sup>1</sup>, Gritsyuk E.M.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> State autonomous Health Institution of the Sverdlovsk region "Multi-profile Clinical Medical Center "Bonum", Ekaterinburg, Russia

Annotation. The logic of translation of texts from physics to medicine is presented, giving hope for computer translation of such quality that will ensure the interest of the medical institution in using the results of physical research.

Задача донести информацию от специалиста одной предметной области до специалиста другой сегодня весьма актуальна, прежде всего, с появлением понятия «трансляционная медицина» [1], требующая разработки транслятора текстов, учитывающих эту специфику, например, при переводе из физики в медицину.

Логика работы транслятора может быть представлена следующей схемой в соответствии с прототипом [2] по шагам:

1. Специалист-физик получил новое знание (представленное как результаты и выводы научной статьи);
2. На основе нового знания предлагает техническое решение, желательно в виде патента;
3. Создает идеальный образ – представление о технологии реализации технического решения, так называемый «идеал»;
4. Преобразует «идеал» в маркетинговую «иллюзию» [3], привлекательную для инвестора, в частности, специалиста в области медицины;
5. Медик реагирует на предложение;
6. При положительной реакции медика физик реализует свое решение, иначе медик отказывается от услуг физика или «просит» другую «иллюзию».

Исходя из этой схемы место разрабатываемого транслятора в четвертом шаге - замена (полная или частичная) услуг маркетолога.

Таким образом, транслятор из физики в медицину призван обеспечить преобразование текста о физических результатах (законы, постулаты, понятия, модели), которые были бы понятными, представляющими интерес для медика и, возможно, полезными для улучшения его профессиональной деятельности.

Благодаря логике работы транслятора из физики в медицину разработаны прежде всего его экранные формы.

В качестве примера учебной версии транслятора рассмотрены модели простейшей механики, которые могут представлять организационно-методический интерес для совершенствования управленческой деятельности медицинской организации. Специфика транслятора при этом в том, что в рамках одного и того же естественного языка должен быть адекватно использован узко профессиональный диалект.

1. Трансляционная медицина [Электронный ресурс] // [сайт]. Режим доступа: <http://transmed.almazovcentre.ru/jour>.
2. Карлсон Б., Никола Тесла. Изобретатель будущего, Эксмо (2018).
3. Алгоритм формирования маркетинговой стратегии коммерциализации инновации [Электронный ресурс] // [сайт]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26015003>.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ И ПОДБОР АНАЛОГОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ В МИНИСТЕРСТВЕ СОЦИАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Филиппова М.А.\*, Аверьянова А.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Maria.Filippova1878@gmail.com](mailto:Maria.Filippova1878@gmail.com)

## **IDENTIFYING MAIN REQUIREMENTS, SEARCHING FOR ANALOGUES OF INCIDENT MANAGEMENT SYSTEM IN MINISTRY OF SOCIAL POLICY OF THE SVERDLOVSK REGION**

Filippova M.A., Averianova A.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The work of the technical department of the Ministry of Social Policy of the Sverdlovsk Region (as MSP of SR) was analyzed, as a result the she incident management system was introduced. The main requirements from MSP were identified, which were used to search for analogues, to do a comparison and analyze them, and the main analogue was selected, which will be introduced by MSP and refined.

По мере работы технического отдела Министерства социальной политики Свердловской области (Далее - МСП СО) были выявлены проблемы:

1. Заявки подаются неоднократно, разным специалистам одновременно, обрабатываются несвоевременно или теряются;
2. Сложность контроля, управления техническим отделом, ведения статистики.

Они провоцируют потерю рабочего времени и сил, конфликты и неверные решения проблем сотрудников МСП СО. Внедрение call-центра в МСП СО невозможно, потому что нет возможности расширения штата и это нерационально, так как Call-центр решает лишь часть задач.

Таким образом, без внедрения системы проблему взаимодействия технического отдела с пользователем никак не удастся разрешить.

Предприятием были поставлены требования:

1. Наличие веб-интерфейса и его поддержка любым браузером;
2. Возможность гибкой настройки и редактирования кода системы;
3. Минимальные денежные затраты;
4. Легкость внедрения.

Для решения проблемы были рассмотрены 4 системы:

1. Vmp'online;
2. NAUMEN;
3. OTRS;
4. Omnitacker.

Таблица сравнения аналогов

Название аналога	Критерии				Оценка
	а	б	в	Г	
Врm`online Service	1	0	1	0	2
NAUMEN	1	0	0	0	2
<b>OTRS</b>	1	1	0	1	<b>3</b>
OmniTracker	1	0	0	1	2

Символами обозначены критерии:

а – наличие веб-интерфейса (0 – есть, 1 – нет);

б – стоимость (0 – высокая, 1 – низкая);

в – внедрение (0 – требует высококвалифицированных специалистов, 1 – простая настройка);

г – открытый код (0 – нет, 1 – да).

В результате были выявлены проблемы МСП СО и ими были поставлены требования к системе. Найдены и проанализированы аналоги, по результатам чего была выбрана подходящая по требованиям система – OTRS. В будущем система будет введена в МСП СО и доработана.

1. Сравнение IT-систем [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: [https://m.habr.com/company/icl\\_services/blog/352196/](https://m.habr.com/company/icl_services/blog/352196/)
2. Врm`online studio [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: <https://www.terasoft.ru/studio>
3. Naumen Service Desk [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: [https://www.naumen.ru/products/service\\_desk/](https://www.naumen.ru/products/service_desk/)
4. Official site of OTRS [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: <https://otrs.com>
5. OMNINET [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: <https://www.omnitacker.com/ru/>

## ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОЖЕСТВА ПАРЕТО ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ ПРОДВИЖЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТА В РЕЙТИНГЕ

Генералов А.А.\*, Рогович В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anatoly.generalov@gmail.com](mailto:anatoly.generalov@gmail.com)

## PROBLEMS OF APPLICATION OF PARETO SET FOR CHOOSING OPTIMAL STRATEGIES OF UNIVERSITY DEVELOPMENT

Generalov A.A.\*, Rogovich V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Growth of university in world university rankings can be presented as a multi-objective problem. According to Edgeworth-Pareto principle, the best solution to this problem should be found in Pareto set, which consists of optimal nondominated vectors. This article discusses some problems raised during the computational experiment.

**Введение.** Ранее была рассмотрена возможность использования множества Парето для нахождения оптимальной стратегии продвижения университета в рейтинге [1]. Для проведения вычислительного эксперимента был выбран алгоритм нахождения множества Парето, предложенный В.Д. Ногиним [2].

**Проблемы реализации.** Если строго следовать приведенному выше алгоритму, необходимо перебрать все возможные варианты  $6$  метрик QS, каждая из которых принимает значение от  $0$  до  $100$ , в итоге получится около  $100^6$  векторов. В Java наиболее подходящий примитив под метрику – byte (8 бит). Соответственно, все множество векторов займет около  $6$  терабайт памяти. Необходимо оптимизировать алгоритм для уменьшения памяти. Возьмем некий эталонный вектор с минимальными параметрами, изначально будем считать его оптимальным. Далее будем сравнивать его со всеми остальными векторами и удалять доминируемые. Если найдется вектор, доминирующий текущий оптимальный вектор, то его следует взять за оптимальный, а предыдущий – удалить.

Кроме того, результатом вычислительного эксперимента по предложенной схеме [1] предсказуемо оказывалась пара векторов, итоговый показатель Score которых был максимальным во всем множестве, а сами они различались лишь двумя показателями, имеющими равный вес (International Student и International Faculty).

Это привело к переосмыслению подхода к решению поставленной задачи. Изначально данные для решения задачи были выбраны некорректно: в качестве элементов множества необходимо брать не все возможные комбинации метрик рейтинга, а некоторые конкурирующие стратегии развития университета. Затем эти стратегии необходимо оценить по некоторым критериям. На основе полученной

таблицы критериев можно будет построить множество возможных решений, из которого уже и можно будет найти парето-оптимальное множество.

1. Выбор оптимальных стратегий развития университета с помощью множества Парето: сб. тез V междунар. науч. конф., Екатеринбург, 14-18 мая 2018 г. / ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина». – Екатеринбург : УрФУ, 2018. – 17 с.
2. Ногин В. Д. Принятие решений при многих критериях / В. Д. Ногин. – Санкт-Петербург : Ютас, 2007. – 103 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ**

Гец В.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*E-mail: [nika.gets@mail.ru](mailto:nika.gets@mail.ru)

## **USING THE PHENOMENOLOGICAL MODEL OF THE HYSTERESIS LOOP FOR MODELING THE MAGNETIC PROPERTIES OF STEEL**

Gets V.A.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Testing the applicability of a mathematical model based on the Takagi's theory for modeling hysteresis loops, conducting an experiment to remove hysteresis loops, creating a program using Takagi's theory.

При производстве генераторов, электрических моторов, электроизмерительных приборов и звукозаписывающих аппаратов используют ферромагнетики. В процессе использования ферромагнитные материалы подвергаются воздействию механических нагрузок, для изучения этих нагрузок используют проведение реальных опытов, которые являются трудоемким и дорогостоящим процессом. Упростить эту задачу можно с помощью математического моделирования. Проанализировав, существующие модели петли гистерезиса выбрана модель за основу, которой взяты выражения из теории Такаги. Для проверки модели взяты образцы разных марок стали, таких как: сталь 20, 09Г2С, 30ХГСА, 40Х. Проведен эксперимент по снятию петель гистерезиса у данных образцов с использованием магнитного структуроскопа КРМ-Ц-К2М. Для увеличения точности полученных измерений проводились по три измерения для каждой марки стали. При наложении трех петель на один график петли совпали, что свидетельствует о достоверности полученных данных



На основе использованной модели была составлена компьютерная программа в среде Borland Delphi 7, позволяющая моделировать петли гистерезиса. Изменяя нормированные параметры пропорциональные напряженности магнитного поля ( $H$ ), коэрцитивной силе ( $H_c$ ), механическим нагрузкам ( $\delta$ ), магнитной проницаемости ( $\mu$ ) изменяем форму петли Гистерезиса. Получены результаты для каждого образца. Пример для стали 09Г2С изображен на рис. 1.

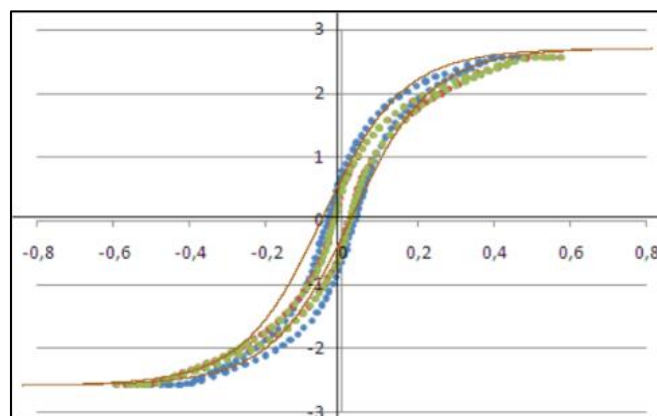


Рис. 1. График экспериментальных и моделируемых петель для стали 09Г2С.

По результатам работы наибольшее совпадение теоретических и экспериментальных петель было для образцов марки: сталь 20, 09Г2С, а наименьшее совпадение было у образцов марки: 30ХГСА, и 40Х. Стали: сталь 20, 09Г2С, относятся к магнитомягким сталям. Магнитомягкие стали обладают невысокой коэрцитивной силой и высокой индукцией насыщения. Изделия из таких материалов подвергают отжигу для достижения равновесной структуры. Характерной чертой для магнитомягких материалов является гомогенная структура и крупное зерно. Стали: 30ХГСА, 40Х, относятся к магнитотвердым сталям. Магнитотвердые стали характеризуются высокими значениями коэрцитивной силы. Для получения высоких магнитных свойств стали подвергают термической обработке, закалка на мартенсит обеспечивает высокое значение коэрцитивной силы вследствие больших закалочных напряжений.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что программа, составленная по модели Такаги, подходит для моделирования петель гистерезиса магнитомягких сталей. Моделирование, представленное в данной работе, может стать альтернативой экспериментальным и дорогостоящим измерениям.

1. Проботюк В.В., Математическая модель магнитоупругого преобразователя и его гармоническое представление: диссертация к.т.н: 05.13.18 / Проботюк Владимир Викторович. - Тюмень, 2005. - 112с.

## **АППАРАТНО ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТА НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ**

Гладков Д.А., Вайнштейн В.И., Евсегнеев О.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [dmitriygladkov@gmail.com](mailto:dmitriygladkov@gmail.com)

## **HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF REMOTE HEALTH MONITORING OF THE PATIENT ON THE EXAMPLE OF ELECTROCARDIOGRAPHY**

Gladkov D.A., Weinshtein V.I., Evsegneev O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

During the work a hardware-software complex of remote monitoring based on the technology of the Internet of things with the possibility of using artificial intelligence has been developed for monitoring of patient data (electrocardiography) and providing the continuous feedback to the doctor. The complex allows the early diagnosis diseases of the cardiovascular system.

В современном мире основную опасность для населения представляют сложно диагностируемые заболевания сердечно-сосудистой системы (ССЗ), рак и различные вирусные инфекции. Согласно официальным статистическим данным Федеральной службы государственной статистики России за 2016 год, основными причинами естественной смерти населения России являются новообразования и болезни системы кровообращения [1]. Высокая летальность больных обосновывает чрезвычайную актуальность этой проблемы и необходимость решения вопросов профилактики, выявления и коррекции факторов риска, лечения и реабилитации больных [2].

Специфичность данных заболеваний требует ранней диагностики до появления первых симптомов, что осложняется несознательным отношением пациентов к своему здоровью. Особенное внимание следует обратить на пациентов, находящихся в группах риска по наследственности, экологической обстановке, месту работы и виду деятельности.

Целью проводимой работы является разработка аппаратно-программного комплекса удаленного мониторинга, позволяющего считывать и анализировать данные, с использованием технологии интернет вещей, а также автоматическое формирование базы данных из показателей длительного наблюдения за пациентом, позволяющих выявить динамику заболевания и своевременно назначить курс лечения. Комплекс разработан на примере электрокардиограммы (ЭКГ) как наиболее часто используемого неинвазивного способа диагностики. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. разработка структуры системы удаленного мониторинга, обеспечивающей длительный непрерывный мониторинг состояния здоровья больного ССЗ с возможностью использования искусственного интеллекта (ИИ) для предупреждения кризисных ситуаций;

2. автоматическое формирование базы данных показателей ЭКГ и обучение ИИ анализировать данные о здоровье пациентов по средствам интернет вещей, формирование обратной связи;

3. разработка модели диагностики ЭКГ по комплексу диагностически значимых показателей;

4. разработка структуры медицинских данных ЭКГ длительных медицинских наблюдений, используемых врачами для выявления динамики заболевания.

Комплекс содержит два основных модуля: модуль пациента (МП) и модуль базы данных (МБД).

МП предназначен для контроля текущего состояния пациента и передачи данных в МБД. Модуль состоит из переносного устройства, предназначенного для регистрации сигналов, и передачи информации в МБД.

МБД предназначен для хранения и обучения ИИ, построения графиков ЭКГ, передачи данных лечащему врачу на html страницу или в мобильное приложение.

Таким образом, разрабатываемый аппаратно-программный комплекс на основе интернет вещей позволит ИИ предупреждать кризисные ситуации, проводить анализ данных здоровья пациентов, основываясь на геопозиции, наследственности, вредных факторах, а также самообучаться и осуществлять связь с врачом.

1. Оксенойт Г.К., Никитина С.Ю. Демографический ежегодник России, 263 (2017).
2. Юлдашев З.М., Садыкова Е.В. Медицинская техника, № 5, 44-47 (2018).

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ И КЛИНИКИ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ДМС ДЛЯ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ**

Головачева П.А.<sup>1\*</sup>, Аверьянова А.Н.<sup>1</sup>, Стафеев М.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> АО «ПФ «СКБ Контур», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [p.gol.98@yandex.ru](mailto:p.gol.98@yandex.ru)

## **IDENTIFICATION OF PROBLEMS OF INTERACTION BETWEEN INSURANCE COMPANY AND CLINIC, TASK DEFINITION FOR THE ORGANIZATION OF ELECTRONIC DOCUMENTS VMI FOR LEGAL ENTITIES**

Golovacheva P.A.<sup>1\*</sup>, Averianova A.N.<sup>1</sup>, Stafeev M.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> The Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> SKB Kontur, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [p.gol.98@yandex.ru](mailto:p.gol.98@yandex.ru)

Annotation. Description of the scheme of interaction between policyholder, insurance company and clinic, identification of risks of exchange of paper documents and task definition for document flow automation.

Электронный документооборот используется в сфере здравоохранения для эффективного управления документами и ресурсами. Дополнительное медицинское страхование (ДМС) для юридических лиц обладает рядом выявленных рисков: ошибки при ручном вводе данных; дублирование и потери бумажных документов; возможности мошеннических схем; высокие трудозатраты на поиск документов и предоставление их в контролирующие органы; неудобные схемы согласования времени, приёма с врачами и разбора жалоб; высокие затраты на обработку и хранение бумажных документов; несоблюдение 152-ФЗ [1]. Вышеперечисленные причины приводят к репутационным рискам и недополученной прибыли.

На базе существующего продукта компании СКБ «Контур» Контур.EDI [2] реализуется продукт в новой отрасли — Контур.Страхование, который автоматизирует движение документов в сфере ДМС для юридических лиц. В процессе взаимодействия (рис. 1) страхователь выбирает и подает заявку на ДМС в страховую компанию (СК), заключает договор, отправляет списки застрахованных. Когда пациенту необходима медицинская услуга, он лично или клиника запрашивает у СК гарантийное письмо. Страховая имеет право отказать в запросе. В конце периода клиника отправляет закрывающие документы. Реестр становится

основанием для оплаты услуг. Отчетность перед контролирующими органами происходит автоматически через Интернет.



Рис.1. Схема взаимодействия на основе электронного документооборота.

В исследовании электронной системы взаимодействия, в частности, её интерфейсов и интеграции решаются проблемы, выявленные выше. Выделен ряд задач, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели:

- проанализировать и смоделировать процесс обмена бумажными документами;
- рассмотреть существующие аналоги проектируемой системы;
- изучить особенности принятых норм проектирования интерфейсов в компании «СКБ Контур»;
- проанализировать оптимальные алгоритмы поиска и фильтрации информации и способы их экранной реализации;
- разработать методы оценки данных для эффективной интеграции;
- исследовать прогнозы на основе существующих в компании средств разработки и возможностей, ограничений, сроков;
- рассмотреть возможность интеграции с внешними сетями.

На текущий момент найдены аналоги системы, выбран прототип и строятся различные модели взаимодействий.

1. О персональных данных: федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 31.12.2017).
2. «Контур.EDI» [Электронный ресурс] // Официальный сайт продукта компании СКБ «Контур» — URL: <https://kontur.ru/edi>

## РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ АСИНХРОННЫХ ЗАДАЧ В C++

Грибанов А.Д.<sup>\*</sup>, Кузнецов М.А., Неудачин И.Г.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [remnant217@yandex.ru](mailto:remnant217@yandex.ru)

## THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF ASYNCHRONOUS TASKS IN C++

Gribanov A.D.<sup>\*</sup>, Kuznetsov M.A., Neudachin I.G.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The C++ standard already has tools for working with asynchronous tasks. These are the `promise`, `future` and `packaged_task` classes, which are included in the C++11 standard and implement the widely used "futures and promises" approach [1]. The authors of this paper propose to make a number of improvements to this approach by adding an event-driven model of interaction with tasks, the ability to form chains of consecutive or parallel tasks, automatic calculation of the percentage of such chains.

В стандарте языка C++ уже есть средства для работы с асинхронными задачами. Это классы `promise`, `future` и `packaged_task`, которые вошли в стандарт C++11 [2] и реализуют широко используемый подход "futures and promises". Авторы данной работы предлагают внести ряд усовершенствований в этот подход, добавив в него событийную модель взаимодействия с задачами, возможности по формированию цепочек последовательно или параллельно выполняемых задач, автоматическое вычисление процента выполнения таких цепочек.

Идея новой библиотеки состоит в том, чтобы расширить концепцию «futures and promises» [3]. Акцент делается на возможностях группировки задач, связывании их с графическими интерфейсами и автоматическом вычислении процента выполнения.

Новая библиотека работы с задачами была разработана на языке C++ в рамках фреймворка Qt. Для связывания задач с элементами графического интерфейса используется модель событий Qt на основе сигналов и слотов.

Отличия нашей разработки от стандартной библиотеки C++:

- возможность автоматического вычисления процента выполнения задачи;
- наличие событий, позволяющее связать объект задачи с элементами графического интерфейса;
- возможность отменять задачу, ставить её на паузу и возобновлять;
- возможность группировать задачи последовательно и параллельно;
- возможность объединения задач в деревья;
- средства для вывода стека ошибок в дереве задач.

1. Friedman D., The Impact of Applicative Programming on Multiprocessing, International Conference on Parallel Processing, pp. 263-272 (1976).
2. Philipp Haller, Aleksandar Prokopec, Heather Miller, Viktor Klang, Roland Kuhn, and Vojin Jovanovic, SIP-14 - Futures and Promises (2014).
3. C++ International Standard – open-std, <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/docs/papers/2013/n3690.pdf>

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЯХ С УЧЕТОМ ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ**

Григорьев А.М.<sup>1\*</sup>, Ташлыков О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> ИММ УрО РАН, Екатеринбург

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург

\*E-mail: [ag@uran.ru](mailto:ag@uran.ru)

## **ROUTE OPTIMIZATION DURING WORKS IN NON-STATIONARY RADIATION FIELDS WITH OBSTACLES**

Grigoryev A.M.<sup>1\*</sup>, Tashlykov O.L.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> N.N. Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The importance of route optimization of personnel movement in performing work in non-stationary radiation fields for minimizing exposure doses is substantiated.

Для повышения уровня радиационной защиты персонала на АЭС в АО «Концерн Росэнергоатом» была принята Программа оптимизации радиационной защиты персонала на АЭС (2015-2019 гг.). Одним из основных направлений работ данной Программы является сокращение времени пребывания персонала в полях ионизирующего излучения.

Оптимизация маршрута перемещений при проведении работ в нестационарных радиационных полях является эффективным способом сокращения дозовых затрат персонала воздействием на фактор времени (в ряде случаев и радиационный параметр), не требующим значительных материальных затрат [1-2].

Исследуемая постановка имеет своим прототипом труднорешаемую задачу коммивояжера (ЗК), но осложнена некоторыми ограничениями качественного характера (условия предшествования, функции стоимости, учитывающие обход препятствий). Многочисленные варианты постановок ЗК вызывают интерес к развитию методов эффективного решения задачи, в частности параллельного [3-4].

В работе рассмотрена реализация построения функций стоимостей, учитывающих возможность обхода препятствий в условиях максимально приближенных

к реальным. Для этого применяется метод Дейкстры для нахождения кратчайшего пути в графе. Для его использования предлагается задание сетки на плоскости и построение связанного графа из которого удаляются все ребра и вершины, попадающие в область препятствий. Полагается, что радиационное поле неоднородно, поэтому ребра графа могут иметь существенно различный вес. Для нахождения значений весов ребер в графе используется интерполяция известных значений в некоторых вершинах графа, полученных из заранее измеренных дозиметристами результатов. В зависимости от необходимой точности, используются три способа интерполяции: линейная, бикубическая и сплайны.

Разработанный алгоритм актуален для оптимизации маршрута перемещения специалистов АСФ при радиационной аварии, а при нормальной эксплуатации – для проведения измерений дозиметристами в заданных точках помещений.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 17-08-01385, 18-07-00637).*

1. Ремез В.П., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Иошин А.А., Кузнецов С.Б. Повышение Эффективности локализации радионуклидов кобальт-60 и цезий-137 из жидких радиоактивных отходов в решении проблемы обеспечения радиационной безопасности АЭС // Ядерная физика и инжиниринг. 2016, том 7, № 2, с. 129–137.
2. Коробкин В.В., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Ченцов А.Г. Методы маршрутизации и их приложения в задачах повышения безопасности и эффективности эксплуатации атомных станций. М.: Новые технологии. 2012
3. Grigoryev A. M., and Tashlykov O. L. Solving a routing optimization of works in radiation fields with using a supercomputer: AIP Conference Proceedings 2015, 020028 (2018)
4. Chentsov, A.G., Grigoryev A.M. Dynamic programming method in the route problem: the scheme of independent calculations. Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie, 17(12), 834(2016)



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АНАЛОГИЧНОЙ ИЗУЧЕННОЙ Р. ЛЕНСКИ

Гусев А.О., Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [XPbIM3@gmail.com](mailto:XPbIM3@gmail.com)

## MODELLING A SIMPLE BIOLOGICAL SYSTEM SIMILAR TO R. LENSKI EXPERIMENT

Gusev A.O., Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. A computer simulation of simple biological system relying mostly on physics of heat and thermodynamic laws. The idea is to mimic a R. Lenski long-term experiment, observe an evolution of population, mutations accumulation over time.

Принципы по которым происходит эволюция биологических существ окончательно не поняты и крайне важны для теоретической биологии. Совершенствование экспериментальных методов последнего времени позволяет ставить новые интересные эксперименты. Одним из них является эксперимент Р. Ленски [1, 2]. Его суть: несколько колоний бактерий независимо развиваются в питательной среде. Цель: проследить процесс накопления мутаций адаптации к среде и узнать придут ли они к одному и тому же “полностью адаптированному” результату. Эксперимент дал неожиданные результаты – пути эволюции не совпадали и накопление мутаций не прекращается.

Знакомство с опытом Ленски привело к цели настоящей работы: создать простейшую компьютерную модель, позволяющую качественно воспроизвести ряд наблюдаемых эффектов. За основу были приняты следующие правила:

- Действие происходит в виртуальной питательной среде в которой находятся участники эксперимента - тепловые машины- агенты.
- Питательная среда может состоять из  $n$  питательных компонент, которые агенты в праве употреблять в качестве пищи если имеют соответствующий ген. Эти питательные компоненты имеют емкость энергии  $Q_n$ .
- Агенты наделены врожденными признаками, такими как: ген «типа» пищи, запас аккумулируемой энергии, КПД усвоения пищи, порог по достижению которого происходит деление/размножение агента.
- В момент размножения агент передает потомкам свои признаки с некоторой вероятностью мутации. На размножение тратится энергия.
- Механизм мутаций построен по нормальному закону: признак потомка является случайной величиной по нормальному распределению с математическим ожиданием, равным значению наследуемого признака у родителя

- В процессе жизнедеятельности у агентов расходуется энергия. Если запас энергии у агента исчерпывается, он умирает и превращается в пищу определенного типа для других агентов.

В ходе симуляции при варьировании начальных данных наблюдались следующее. При исчерпаемом первичном источнике пищи популяция лавинно размножалась пока не достигала кризиса. Затем преимущество получали особи, получившие в ходе мутации способность есть «тела» погибших агентов. При неисчерпаемом первичном источнике пищи наблюдалось свободное сосуществование нескольких популяций, отличающихся типом пищи, употребляемым в качестве источника энергии.

1. R. E. Lenski et al, *Nature*, 461, 1243 (2009).
2. R. E. Lenski et al, *Nature*, 551, 45 (2017).

## **ВЫБОР МЕТОДА ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ ТЕРМИНОВ ИЗ ИНТЕРЕСУЮЩЕЙ СУБЪЕКТА ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ**

Ходенева М.А.<sup>1\*</sup>, Кудрявцев А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [masha.hodeneva@mail.ru](mailto:masha.hodeneva@mail.ru)

## **CHOICE OF THE METHOD FOR ACCUMULATION OF TERMS FROM THE SUBJECT AREA OF INTERESTS THE USER**

Hodeneva M.A.<sup>1\*</sup>, Kudryavtsev A.G.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Review was undertaken of systems for extracting a terminological dictionary favouring the interests of the user, pointed out certain deficiencies in the systems and proposed solutions to overcome those obstacles.

В процессе разработки фильтра текстов по семантической схожести с интересами субъекта были определены его основные структурные составляющие, в число которых входит система подготовки информации по терминам. Данная система предназначена для обеспечения тестирования субъекта с целью извлечения информации о его интересах.

Был проведен литературно-аналитический обзор систем подготовки информации по терминам, в результате которого были выявлены два аналога:

1. Системы, основанные на использовании словаря терминов предметной области [1].

2. Системы, основанные на провоцировании выдачи текстов субъектом с последующим извлечением терминов [2] из них. Данные системы подразумевают наличие диалога с субъектом с целью получения развернутых текстовых ответов на поставленные вопросы. Далее из полученных от субъекта текстов извлекаются термины.

Оба аналога имеют соответственно недостатки:

1. Проблематично использование готовых словарей для недавно сформированных или ряда узкоспециальных предметных областей.
2. Не факт, что термины из текстов, подлежащих фильтрации, должны присутствовать в текстах, выданных субъектом.

Для преодоления критики аналогов было предложено накапливать термины, извлекая их из текстов, подлежащих фильтрации. При этом существенным требованием к накопленному списку терминов является его достаточность. В настоящее время в качестве критерия достаточности накопленного списка рассматривают малое (ниже порогового значения) количество вновь прибывших терминов [2]. Данный критерий не учитывает возможную фоносемантическую близость терминов [3], особенно при работе с достаточно узкой предметной областью, и, таким образом, может оказаться избыточным.

С учетом сказанного было предложено формировать нормированные хеш-коды терминов [4], а затем исследовать совокупность кодов накопленных терминов на близость к генеральной [5] в рамках рассматриваемой предметной области.

1. Леонтьев Д.А. Психология смысла: природа, строение и динамика смысловой реальности, Смысл (2003).
2. Всеволодский С.Н., Гаврилов А.В. Архитектура интеллектуальной системы тестирования знаний с анализом ответов на естественном языке. Международная конференция ИСТ-2003 "Информационные системы и технологии" (2003).
3. Журавлев А.П Звук и смысл : Кн. для внеклас. чтения учащихся ст. классов, Просвещение (1991).
4. Хеширование [Электронный ресурс] // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Хеширование>
5. Генеральная совокупность и выборочный метод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/student/statistika/generalnaya-sovokupnost.html>

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ МАРКЕРОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Касоян К.Ф.\*, Рогович В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kasoyan.98@mail.ru](mailto:kasoyan.98@mail.ru)

## DEVELOPMENT OF MARKER RECOGNITION AUGMENTED REALITY

Kasoyan K.F.\*, Rogovich V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This article proposed an improved recognition system of augmented reality markers. Presents the main components for the reconstruction and scope of this system.

С каждым годом технология дополненной реальности становится более востребованной в различных областях. На сегодняшний день данная технология активно используется в медицине, образовании, проектировании, робототехнике и т.д. У данной технологии большая перспектива развития и в ближайшем будущем. Также многие современные IT-технологии тесно связаны с задачами компьютерного зрения, с помощью которых можно создать дополненную реальность: например, с задачами распознавания.

Разрабатываемая система позволяет осуществить корректное распознавание маркера и определение угла наклона, вычисляемая с помощью углов Эйлера [3], при существующих ограничениях веб-камеры, особенностях цветопередачи, освещении и вычислительной мощности оборудования.

Для построения системы распознавания маркеров дополненной реальности используется OpenCV (Open Source Computer Vision) - библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом, реализована на C/C++ [1].

Маркером может являться любая фигура, но для лучшего распознавания выбирается черно-белый маркер простой формы. На основе анализа систем распознавания предлагается использовать маркеры дополненной реальности ArUco - популярная технология для позиционирования робототехнических систем с использованием компьютерного зрения [2], которые можно использовать в разных отраслях: в образовании, в медицине, в промышленности и т.д.

Данная система распознавания маркеров дополненной реальности может применяться в различных областях: в образовательном процессе, при проектировании различных сооружений, объектов и систем, в медицине, в промышленности, в навигации в пространстве и т.д.

1. OpenCV [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/computervision/2.html>

2. Навигация с использованием ArUco-маркеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clever.copterepress.com/ru/aruco.html>
3. Вращение фигуры в 3-х мерном пространстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://grafika.me/node/82>

## **THE EXPERIENCE OF USING THE JOINT CONTROL DEVICES OF VOLTAGE AND REACTIVE POWER REGULATION ON A LABORATORY BENCH**

Khmara G.A. \*, Vlasova E.P.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

\*E-mail: [hmaraga@tyuiu.ru](mailto:hmaraga@tyuiu.ru)

The paper demonstrates an approach to the creation of the mathematical model of electric power transmission grid with using an artificial neural network for training a centralized system of ACS RPVC. The efficiency of its application was proved during the full-scale experiment on the laboratory bench.

Reactive Power and Voltage Control devices (RPVC) in power grids are used to reduce the loss of reactive power. There is a problem of increasing the reactive component of power while providing acceptable voltage values in the load nodes. The maintaining voltage in the load node at a given level leads to an increase in losses in power transmission grids, and the compensating devices used in them are intended for voltage regulation.

Today to solve this actual problem the degree of participation of devices regulating the RPVC is determined based on the criterion of optimization to minimize losses in the transmission of electricity. An alternative solution may be a joint management of devices regulating the RPVC, located in different nodes of the power grid to ensure minimal losses. JSC «NTC FGC UES» is developing decentralized multi-agent control system RPVC (MACS RPVC) where each agent is active and determines its contribution to the regulation.

The transition from centralized control systems to decentralized multi-agent automatic control systems (MACS) is associated with difficulties connected with insufficient study of the impact of each individual device of regulation of the RPVC on the power supply system and their interaction with each other in different modes. A transitional option between centralized and decentralized ACS RPVC should be power management systems. It is necessary to study the possibility of controlling the RPVC within a small power grid, creating active agents-dedicated areas of power supply systems. The allocation of active agents within the considered power grids will be the next step.

We show an approach to the creation of a mathematical model of the power grid using artificial neural network (ANN) for training of a centralized control system of ACS RPVC of a grid. To create a training sample of the neural network on the

laboratory bench, a scheme of a power grid was designed. The structure of the power grid includes: the node of the power supply system (infinite power bus), taken as the basis; the load node, representing the active consumer with variable resistance; two nodes with connected synchronous generators, which in this case are reactive power control devices.

The results of this research showed the possibility of training ACS RPVC of a power grid with usage of ANN. Tests of the ACS RPVC allowed to prove the efficiency of the joint control devices regulating RPVC in the electrical power transmission.

## **CREATION OF A MEDICAL INFORMATION SEARCH SYSTEM IN THE ELECTRONIC MEDICAL CARD TO ASSIST IN DECISION-MAKING BY A DOCTOR**

Khrushkov A.E.<sup>1\*</sup>, Ptuhin A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [deagle1@mail.ru](mailto:deagle1@mail.ru)

Annotation. The purpose of this work is to create an assistant doctor, with which he can easily work with an electronic medical card, without spending too much time searching for the information he needs.

The doctor does not always see the whole picture, therefore, to decide or make the correct diagnosis, you need to visually look at the data that was collected during the examination of the patient. Be it a temperature chart, blood sugar or other tests.

There is a problem that could not be solved by introducing medical information systems. Such a problem is the analysis of the patient's card. With the introduction of an electronic medical record of the patient, the doctor must spend more time viewing the electronic medical record of the patient in search of the necessary tests and examinations than when using his paper equivalent. They tried to solve this problem by optimizing the interface, but this technique did not prove to be effective.

The healthcare system needs an informatization process. Informatization is a set of measures aimed at providing the participants of a given activity in a timely and complete manner with the necessary information, which has been processed in a certain way and, if necessary, transformed [1].

Informatization of the health care system is a multidimensional system-forming process, including the collection and accumulation of information, its transfer, integration, and the effective use of databases, databanks, and knowledge about the activities of the industry [2].

When writing an extension for Google Chrome, the main task was the choice of programming languages in which the front-end part of the application will be implemented. My choice fell on the following programming languages:

- JavaScript;

- HTML5;
- CSS.

The development of this software product has allowed solving the problems of modern electronic medical records, by quickly accessing the necessary and useful information. This system is planned to be finalized in such a way that it itself would suggest options for the development of events, be it usual suggestions for conducting tests, and in the future, you can wipe out the correct diagnoses with the proposed treatment.

1. Gunter, Tracy D; Terry, Nicolas P. "The Emergence of National Electronic Health Record Architectures in the United States and Australia: Models, Costs, and Questions"( Journal of Medical Internet Research).
2. Informatization in healthcare (Electronic resource, URL: [http://vmede.org/sait/?id=Obsshesyvennoe\\_3d\\_shepin\\_2011&menu=Obsshesyvennoe\\_3d\\_shepin\\_2011&page=23](http://vmede.org/sait/?id=Obsshesyvennoe_3d_shepin_2011&menu=Obsshesyvennoe_3d_shepin_2011&page=23), accessed 03.06.2018).
3. Easy to Use Data Visualization Tools (Electronic resource, URL: <https://datahero.com/features/how-it-works/>, accessed 02.06.2018).
4. We make breakthrough products that change the way people use data (Electronic resource, URL: <https://www.tableau.com/about>, accessed 02.06.2018).
5. New file format options in the new Office (Electronic resource, URL: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2012/08/13/new-file-format-options-in-the-new-office/>, accessed 02.06.2018).

## **РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОТОКОВ**

Конев А.А.\*, Кудрявцев А.Г.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [int3rs3kt@gmail.com](mailto:int3rs3kt@gmail.com)

## **DEVELOPMENT OF THE FLOWS QUALITY SITUATIONAL MANAGEMENT SYSTEM**

Konev A.A.\*, Kudryavtsev A.G.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The issue of development of the production technology quality situational management system, that gives it ability to work with natural language descriptions, is considered.

Известна система ситуационного управления качеством производственно-технологических потоков [1], предполагающая описание ситуации в виде

поэтапно развивающейся диаграммы потоков данных (DFD) [2]. Подсказка в данном случае сводится к указанию существенных связей, как присутствующих в существующей схеме, так и отсутствующих в ней.

В [3] показана возможность использования наряду с DFD-описаниями ситуаций также текстовых (при замещении диаграмм потоков данных семантическими сетями). При этом система указывает существенные парадигматические связи [4], как присутствующие, так и отсутствующие в тексте описания ситуации, причем их указание в данном случае недостаточно для подсказки.

Интеллектуальная система, описанная в [3], выбрана в качестве прототипа 0 ранга.

Далее нами предложен способ формирования подсказок, основанный на извлечении запросов по ситуации из текста её описания с учётом существенных связей, указанных системой, с последующим поиском ответов (например в WWW). В случае присутствия существенной парадигматической связи в тексте описания ситуации следует сформировать запрос по одному из его предложений. В противном случае нужно вывести [5] из семантических структур (т.е. семантических графов, обнаруживаемых и локализуемых в тексте [4]) описания ситуации семантическую структуру запроса.

В ходе проведённого литературно-аналитического обзора не было найдено способов вывода на семантических структурах. В качестве прототипа 1 ранга был выбран способ вывода на семантических графах с поддеревьями «часть-целое» [7]. В предложенном нами варианте информация об указанных поддеревьях заменена информацией о месте обнаружения семантической структуры в тексте.

1. Дудко В.А., Динамическое моделирование ситуационного управления промышленным предприятием, Тамбовский государственный технический университет (2004).
2. Шервуд Д., Видеть лес за деревьями. Системный подход для совершенствования бизнес-модели, Альпина Паблишер (2012).
3. Булдакова А.А., Кудрявцев А.Г., Физика. Технологии. Инновации: сборник научных трудов, 1 (2015).
4. Попов Э.В., Общение с ЭВМ на естественном языке, Финансы и статистика (1996).
5. Вывод на знаниях, Студопедия, [https://studopedia.ru/19\\_60255\\_vivod-na-znaniyah.html](https://studopedia.ru/19_60255_vivod-na-znaniyah.html)
6. Соломатин Н.М., Информационные семантические системы, Высшая школа (1989).
7. Семантические сети, СтудИзба, <https://studizba.com/lectures/10-informatika-i-programmirovanie/302-iskusstvennyy-intellekt/4023-55-semanticheskie-seti.html>



**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПАССИВНОГО ОТВОДА  
ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛОЫДЕЛЕНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ  
С УЧЕТОМ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ**

Костарев В.С.\*, Климова В.А., Ташлыков О.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [slavakostarev@yandex.ru](mailto:slavakostarev@yandex.ru)

**SIMULATION OF PASSIVE REMOVAL OF RESIDUAL HEAT FROM  
RADIOACTIVE WASTES SUBJECT TO WEATHER CONDITIONS**

Kostarev V.S.\*, Klimova V.A., Tashlykov O.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The simulation and justifying calculations of the modes of passive removal of residual heat from radioactive wastes subject to weather conditions are described.

Правильный сбор, хранение и утилизация радиоактивных отходов (РАО) является довольно сложным и трудоемким процессом, поэтому при разработке критериев приемлемости отходов для упаковок РАО должны приниматься во внимание удельная активность РАО, их состав, массогабаритные характеристики и другие требования.

Стадия кондиционирования РАО, предусматривающая получение упаковки, пригодной для хранения и транспортирования, играет важную роль, поскольку должна учитывать как специфику переработанных РАО, так и требования последующих стадий обращения с ними.

Ранее авторами было проведено исследование режимов естественного охлаждения контейнеров с РАО [1], [2]. В результате моделирования были определены оптимальная форма контейнера и способы пассивного теплоотвода (оребрение). Полученные результаты хорошо совпали с теоретическими оценками.

При планировании размещения контейнеров для хранения и транспортировки учитываются следующие факторы: удельное энерговыделение, расстояние между контейнерами, теплофизические свойства загруженных отходов, а также погодные условия (инсоляция, потоки воздуха и температура окружающей среды). Это, и тот факт, что основная часть тепла отводится через боковую поверхность, важно учитывать при размещении нескольких контейнеров. Для решения данной задачи хорошим средством является компьютерное моделирование.

В данной работе были проведены компьютерное моделирование и расчетное обоснование по методике [3] влияния погодных условий на хранение и транспортировку контейнеров с РАО. В качестве исходных данных приняты объем типового контейнера, толщина и материал его стенок и радиоизотопный состав отходов.

1. Kostarev V.S., Klimova V.A., and Tashlykov O.L. Simulation of natural cooling modes of containers with radioactive wastes: AIP Conference Proceedings 2015, 020044 (2018)
2. Костарев В.С., Климова В.А., Ташлыков О.Л. Моделирование режимов пассивного охлаждения контейнеров с радиоактивными отходами // Ядерные технологии: от исследований к внедрению. Сборник материалов научно-практической конференции. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2018. С.14-15
3. Елистратов В.В., Грилихес В.А., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения. — СПб.: Издательство Политехнического университета, 2009.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕРЫ ХАОСА И ПОРЯДКА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ РУССКОЯЗЫЧНЫХ ТЕКСТОВ**

Филимонов В.В.<sup>1\*</sup>, Живодёров А.А.<sup>1,2</sup>, Крамаренко А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Центральная научная библиотека УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [bukva32@yandex.ru](mailto:bukva32@yandex.ru)

## **APPLICATION OF THE PARAMETERS OF MEASURES OF ORDER AND DISORDER FOR CLASSIFICATIONS OF RUSSIAN-LANGUAGE TEXTS**

Filimonov V.V.<sup>1\*</sup>, Zhivodyorov A.A.<sup>1,2</sup>, Kramarenko A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Central scientific library URAN, Ekaterinburg, Russia

The paper considers the problem of analysis and classification of Russian-language texts using mathematical models. Authors research applicability of the parameters of measures of order and disorder: R-function and D-function.

В настоящее время для анализа текстов широко используются компьютерные методы, основанные на математических моделях. Среди них применение цепей Маркова, использование ранговых распределений и так далее.

Настоящая работа посвящена построению математической модели текста. Используемая методика предполагает численное выражение отдельных параметров, служащих атрибутами текста, и может быть использована для поиска текстов необходимого жанра и стиля, установления авторства и оценки юзабилити текста.

В наших работах использовались методы математической статистики и модель случайных блужданий, при помощи которых был получен ряд параметров текста: величина статистики  $\chi^2$ , «коэффициент диффузии» текста, частоты появления в тексте отдельных гласных букв, и другие.

В предыдущей работе нами был получен компактный и достаточный набор параметров, дающий правильную классификацию текстов с вероятностью более 80%. Набор включает в себя статистику  $\chi^2$ , «коэффициент диффузии», степень сжимаемости текста архиватором, а также частоты букв «О» и «Э».

Для повышения качества классификации текстов мы предлагаем дополнительно использовать параметры меры хаоса и порядка в дискретных системах, предложенные В.Б. Вяткиным в работе «Хаос и порядок дискретных систем в свете синергетической теории информации». Такими параметрами являются так называемые R- и D-функции.

R-функция, представляющая собой отношение аддитивной негэнтропии к энтропии отражения, выражает соотношение порядка и хаоса в системе (1).

$$R = \frac{I_{\Sigma}}{S} \quad (1)$$

D-функция, представляющая собой произведение аддитивной негэнтропии и энтропии отражения, выражает «степень развитости системы», принимая нулевые значения в случае абсолютного хаоса и абсолютного порядка (2).

$$D = I_{\Sigma} S \quad (2)$$

Величины  $I_{\Sigma}$  и  $S$  вычисляются следующим образом:

$$I_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{M} \log_2 m_i \quad (3)$$

$$S = - \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{M} \log_2 \frac{m_i}{M} \quad (4)$$

где  $M$  – общее количество элементов в составе системы,  $N$  – число частей системы,  $m_i$  – количество элементов в  $i$ -й части.

Настоящая работа посвящена исследованию пригодности указанных параметров для решения задачи классификации русскоязычных текстов.

1. Вяткин В.Б. Научный журнал КубГАУ, №47(3), 2009, [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/03/pdf/08.pdf>. (дата обращения: 15.12.2018)

## СТОХАСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ РИКЕРА С ИММИГРАЦИЕЙ И ЭФФЕКТОМ ОЛЛИ

Кулешова И.А.<sup>1\*</sup>, Башкирцева И.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ikulesj@gmail.com](mailto:ikulesj@gmail.com)

## STOCHASTIC ANALYSIS OF THE RICKER POPULATION MODEL WITH IMMIGRATION AND ALLEE EFFECT

Kuleshova I.A.<sup>1\*</sup>, Bashkirtseva I.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study an impact of the immigration on population dynamics of the Ricker model with Allee effect. Both deterministic and stochastic cases of the model are considered.

В работе рассматривается одномерная дискретная стохастическая популяционная модель Рикера с эффектом Олли [1] и учетом иммиграции:

$$x_{t+1} = x_t^2 e^{\mu(1-x_t)} + \varepsilon x_t \xi_t + I. \quad (1)$$

Здесь  $x_t$  – численность популяции в момент времени  $t$ ,  $\mu$  – параметр естественного прироста популяции, константа  $I$  характеризует скорость иммиграции,  $\xi_t$  – стандартный некоррелированный гауссовский процесс,  $\varepsilon$  – интенсивность внешнего шума. Параметр  $I$  меняется на промежутке  $[0, 1]$ ,  $\mu$  принадлежит интервалу  $[0, 0.2]$ .

Детерминированная система без иммиграции ( $\varepsilon = 0$ ,  $I = 0$ ) имеет 3 равновесия: тривиальное устойчивое ( $M_0 = 0$ ),  $M_1 = 1$  – неустойчивое на рассматриваемых значениях параметра, и  $M_2$ , показывающее и устойчивое, и неустойчивое поведение. Кроме равновесий, система имеет циклы и хаотические аттракторы и демонстрирует бифуркации удвоения периода и кризисы.

С добавлением иммиграции динамика модели может кардинально изменяться. Это отражено на бифуркационных диаграммах при различных значениях параметров  $\mu$  и  $I$ . Показано, что добавление иммиграции может упорядочивать хаос. Для анализа динамики популяции построены графики показателя Ляпунова и параметрическая карта режимов.

Под воздействием случайных возмущений траектории могут отклоняться от своих детерминированных аналогов. Анализ стохастической модели проведен в предположении, что случайные отклонения зависят от численности популяции в данный момент времени. В работе показаны индуцированные шумом переходы с различных типов аттракторов. С помощью функции стохастической чувствительности [2] построены доверительные области вокруг аттракторов. Анализ индуцированного шумом вымирания проведен на основе изучения взаимного расположения бассейнов притяжения аттракторов и доверительных областей.

Исследование выполнено при поддержке РФФ (грант 16-11-10098).

1. Roth, G., Schreiber, S.J., Pushed beyond the brink: Allee effects, environmental stochasticity, and extinction, *Journal of biological dynamics* 8 (1), 187-205, 2014.
2. Bashkirtseva, I., Ryashko, L., Tsvetkov, I., Sensitivity analysis of stochastic equilibria and cycles for the discrete dynamic systems, *Dynamics of Continuous, Discrete and Impulsive Systems, Series A: Mathematical Analysis*, 17: 501–515, 2010.

## **ОЦЕНКА РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

Куприянов А.О. \*, Бабенко А.А.

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

\*E-mail: [ao.kupriyanov@yandex.ru](mailto:ao.kupriyanov@yandex.ru)

## **THE INFORMATION SECURITY RISK ASSESSMENT OF COMMERCIAL ORGANIZATIONS**

Kupriyanov A.O. \*, Babenko A.A.

Volgograd State University, Volgograd, Russia

In the presented method of risk assessment of information security of commercial organizations risk is expressed in the expected monetary losses for a some period. Quantitative risk assessment, expressed in monetary losses, is translated into a qualitative indicator of the overall level of risk and the information security level of the organization, which provides the management of the organization with a understandable result of the procedure.

Обширный спектр угроз информации требует комплекс мер её защиты. Процедура выбора мер защиты активов сложна и подразумевает проведение оценки рисков.

Расчёт возможного риска по всем активам организации позволяет определить уровень информационной безопасности (УИБ) организации. УИБ –показатель актуальной ситуации информационной безопасности в организации, введённый в целях информативного представления результатов оценки риска руководству организации, отражает степень защищённости организации, корректность её политики информационной безопасности, эффективность внедрённых контрмер и т.д.

Этапы процедуры оценки рисков информационной безопасности коммерческих организаций основываются на [1]:

1. Идентификация активов – определение и описание активов;
2. Оценка рисков – определение уязвимостей активов и угроз, использующих уязвимости, последствия их реализации и их описание. Оценка общего риска – суммарные ожидаемые денежные потери ИС коммерческих организаций за год;
3. Установление значения общего уровня риска и УИБ;

4. Обработка рисков – определение и описание контрмер для угроз ИБ. Установление значения общего уровня риска и УИБ с учётом заданных контрмер;

5. Подготовка результатов процедуры оценки рисков.

В представленной методике оценки рисков информационной безопасности коммерческих организаций риск выражается в ожидаемых денежных потерях за некоторый период. При этом количественная оценка рисков, выраженная в денежных потерях, переводится в наглядный качественный показатель общего уровня риска и УИБ организации, что предоставляет руководству организации наглядный и понятный результат проделанной процедуры.

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство. (2018)

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОЦЕНКИ ВНУТРЕННИХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Куприянов А.О.\*, Курина А.Д., Бабенко А.А.

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

\*E-mail: [nastyakurina@mail.ru](mailto:nastyakurina@mail.ru)

## **DEVELOPMENT OF SOFTWARE COMPLEX FOR ASSESSMENT INTERNAL THREATS TO THE SECURITY OF CONFIDENTIAL INFORMATION**

Kupriyanov A.O.\*, Kurina A.D., Babenko A.A.

Volgograd State University, Volgograd, Russia

Annotation. The model of assessment internal threats to security of confidential information is presented in article. As a result, software complex is developed, the optimization task of determining the most likely for the implementation of the security threat of confidential information are formulated.

Угрозы и уязвимости образуют основу риска. Прежде чем оценить риски и принять меры по их устранению необходимо определить и оценить угрозы. По статистическим данным за последние полгода количество утечек от внутреннего нарушителя почти в 1,5 раза больше чем от внешних воздействий. Особенно стоит отметить утечку конфиденциальной информации (КИ), к которой относятся персональные данные (65,8%), платежная информация (26,8%), коммерческая тайна (3,4%) [1].

Процедура анализа угроз безопасности КИ представлена в [2]. Методы, используемые для оценки угроз – количественные и качественные. Для оценки угроз выбраны два метода – методика ФСТЭК и метод экспертных оценок.

Для решения задачи оценки внутренних угроз безопасности КИ предлагается использовать многокритериальную оценку, основанную на количественной нормированной шкале, и скалярную величину, равную Евклидову расстоянию между наилучшим вектором и вектором критериев. Оценка угрозы, для которой расстояние до наилучшего вектора окажется наименьшей, можно считать наименее вероятной для реализации. Следовательно, получаем возможность оценки угроз КИ для определения возможного риска или устранения угроз [3].

Предложенный метод реализован в виде программного комплекса оценки внутренних угроз безопасности конфиденциальной информации.

1. «InfoWatch» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.infowatch.ru>, свободный – дата обращения (2.05.2017 г.);
2. ФСТЭК России. Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах: проект от 2015 г., методический документ [с.8];
3. Бабенко А. А., Козунова С. С. Модель оценки и прогнозирования рисков инвестирования информационной безопасности промышленных предприятий// Научный результат. Сер. Информационные технологии. – 2016. – Т.1, №4.–С. 29-35. – DOI: 10.18413/2518-1092-2016-1-4-29-35.

## РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ 3D-ПАНОРАМ С АДАПТИВНЫМ УРОВНЕМ ДЕТАЛИЗАЦИИ

Кушнер И.А.\*, Кузнецов М.А., Рогович В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [irinakushner17@gmail.com](mailto:irinakushner17@gmail.com)

## DEVELOPMENT OF A 3D-PANORAMA MODEL WITH AN ADAPTIVE LEVEL OF DETAIL

Kushner I.A.\*, Kuznetsov M.A., Rogovich V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In modern information technologies 3D panoramas are commonly used. However, despite the prevalence of this technology, there is a need to improve the software for displaying panoramic images. Primarily, it concerns high resolution panoramas, which allow deep-scaling of images, but they impose extremely high requirements for the random access memory (RAM) size.

В современных информационных технологиях повсеместно применяются 3D-панорамы. Однако, несмотря на столь высокую распространённость этой технологии, есть потребность в совершенствовании программного обеспечения для отображения панорамных изображений. Прежде всего, это касается панорам

высокого разрешения, которые позволяют выполнять глубокое масштабирование изображений, но выдвигают чрезвычайно высокие требования к объёму оперативной памяти компьютера [1].

Кроме того, панорамные изображения активно используются и на мобильных устройствах, где объёмы памяти и вычислительные ресурсы, как правило, не велики [1]. Ещё одна проблема – технологии. Панорамные изображения получили широкое распространение в области Flash и HTML5 [2]. Однако, данные технологии не всегда приемлемы при встраивании панорам в настольные и мобильные приложения.

В данной работе производится сравнение существующих решений на основе следующих характеристик:

- максимальное разрешение загружаемой панорамы;
- пиковое использование памяти в зависимости от размера панорамы;
- время загрузки панорамы;
- времена перерисовки панорамы при повороте и масштабировании;
- поддерживаемые платформы;
- поддерживаемые форматы панорам.

Приводится обзор разработанных на сегодняшний день алгоритмов отображения и масштабирования панорам.

Авторы разрабатывают кроссплатформенную библиотеку для отображения панорам с использованием фреймворка Qt. При этом вносятся ряд предложений по оптимизации. В целях повышения производительности предлагается использовать не прямое математическое преобразование сферических координат в координаты на плоскости, а их интерполяцию. Для ускорения математических преобразований планируется использовать shader-программы, задействуя аппаратное ускорение, в том числе и на мобильных платформах, при помощи технологии OpenGL ES. Для отображения панорамы предлагается использовать многоуровневую загрузку с разбивкой крупных изображений на части.

1. Xianxiong L., Qingwu H., Mingyao A., Pengcheng Z., Dengbo Y., An effective spherical panoramic LoD model for a mobile street view service, Wiley (2016).
2. Fan Zhang, Feng Liu, Casual Stereoscopic Panorama Stitching, Computer Vision Foundation (2015).



## АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВТОДОРОГАХ

Лаврухин И.Р.<sup>1\*</sup>, Ларионов А.А.<sup>2</sup>, Елизаров А.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

<sup>2)</sup> Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, г. Москва, Россия

\*E-mail: [irlavrukhin@edu.hse.ru](mailto:irlavrukhin@edu.hse.ru)

## ANALYSIS AND MODELING OF VEHICLE RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION PROTOCOL IN ROAD SAFETY SYSTEMS

Lavrukhin I.R.<sup>1\*</sup>, Larionov A.A.<sup>2</sup>, Elizarov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> National research university "Higher school of Economics", Moscow, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Control Sciences. V.A.Trapeznikov RAS, Moscow, Russia

Annotation. The subject of the study is the radio frequency identification protocol of the RFID-tag reader and the modeling of some interactions between the tag and the reader. The aim of the work is the analysis and modeling of the RFID identification protocol. Standard EPC Class 1 Gen 2 provides an idea of the interaction of the label and the reader at both the physical [1] and logical levels. Script was written in Python 3, which allows modeling and analyzing that protocol.

Требуется разработать модель протокола взаимодействия между считывателем и метками [2], позволяющую оценивать следующие характеристики системы:

1. вероятность идентификации меток;
2. среднее время до первой успешной идентификации метки;
3. вероятность коллизии (одновременный ответ двух и более меток).

Сперва были определены параметры протокола EPC Class 1 Generation 2, влияющие на исследуемые характеристики. После этого, был разработан алгоритм, моделирующий протокол взаимодействия между считывателем и метками, а также проведен численный расчет исследуемых характеристик.

На рисунке 1 показан пример визуализации численных расчетов. Вероятность появления коллизии растет и стремится к единице. Напротив, вероятность чтения метки с ростом их количества падает и стремится к нулю из-за растущего числа коллизионных слотов. Третий график показывает зависимость среднего времени до первого успешного прочтения метки от количества меток. Сначала график возрастает, так как растет число слотов, в которых метки отвечают считывателю, такие слоты имеют большую длительность, чем пустые, длительность раунда возрастает и в среднем метка успешно передает свои данные позже. Затем количество коллизионных слотов становится слишком большим, большая часть меток попадают в коллизии. Длительность раунда становится короче из-за того, что длительность коллизионных слотов существенно меньше, чем длительность слота, в котором ведется успешная передача, следовательно, для тех меток,

которые смогли успешно передать свои идентификаторы, время до передачи сокращается. Данное обстоятельство приводит к падению графика в его правой половине [3].

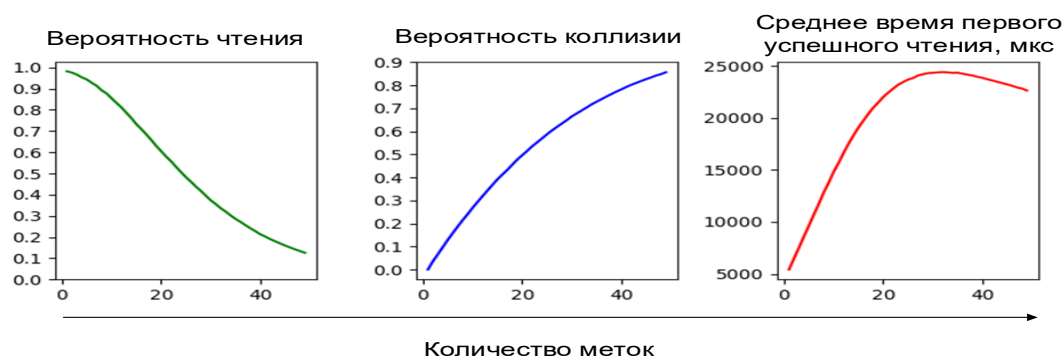


Рис 1. Зависимость вероятности успешного прочтения метки, вероятности коллизий и среднего времени первого успешного чтения метки от количества меток.

*Статья подготовлена в результате проведения исследования (№ 19-04-005) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета „Высшая школа экономики“ (НИУ ВШЭ)» в 2019 — 2020 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».*

1. Елизаров А. А., Касторская А. С., Кухаренко А. С. [Патент РФ № 2 408 115 на изобретение. Антенна для радиочастотной идентификации \(варианты\)](#). // Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. № 36 (2010).
2. В.М.Вишневецкий, Р.Н.Минниханов. Автоматизированная система безопасности на автодорогах с использованием RFID-технологий и новейших беспроводных средств. Проблемы информатики. № 1 (2012).
3. Lavrukhin I., Larionov A., Yelizarov (Elizarov) A. A. ANALYSIS AND MODELING OF THE PROTOCOL OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION OF VEHICLES ON ROAD STATIONS, in: SYNCHROINFO 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, IEEE Conference # 43613. IEEE, P. 1-5. (2018).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВТОДОРОГАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Лаврухин И.Р.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
г. Москва, Россия

\*E-mail: [irlavrukhin@edu.hse.ru](mailto:irlavrukhin@edu.hse.ru)

## PROSPECTS OF USING MACHINE LEARNING IN SAFETY SYSTEMS ON ROADS WITH THE USE OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION OF VEHICLES

Lavrukhin I.R.

National research university "Higher school of Economics", Moscow, Russia

Annotation. The study aims to develop an automated security system on roads using machine learning to create a large database and the subsequent identification of “hidden knowledge”. With the help of such a system, it is possible to detect unobvious dependencies between the variables chosen as a predictor and the dependent variable. In addition, having a sufficient database, it is possible to build regression models, identifying coefficients with which this or that feature of an object affects the probability of an accident on a certain section of the road.

Для создания систем автоматической фиксации нарушений походит использование пассивной радиочастотной идентификации (RFID) стандарта EPC Class 1 Generation 2. Для этого в точках фиксации нарушений размещаются RFID-считыватели СВЧ-диапазона (860-960 МГц) [1], читающие метки, размещенные на автомобилях. По результатам экспериментов [2], такой подход позволяет увеличить процент идентифицированных транспортных средств до 92% и более, даже в крайне плохих погодных условиях. К преимуществам использования RFID следует отнести относительно низкую стоимость оборудования, а также возможность идентифицировать даже сильно загрязненные номерные знаки [3].

Для построения достоверной регрессионной модели требуется выполнение следующих пунктов:

- сбор достаточной базы данных;
- взятие зависимой переменной из базы данных;
- выявить линейную зависимость между признаками в  $X$  (матрица  $n * m$ ,  $n$  – объекты,  $m$  – признаки) и значениями в  $y$  – зависимая переменная.

Дано описание  $n$  объектов (автомобилей) по  $m$  признакам. Оно выражается в виде матрицы размера  $n * m$ :  $X = [x_j^i]$ ,  $i = 1 \dots n$ ,  $j = 1 \dots m$  ( $x_j^i$  означает  $j$ -ый признак  $i$ -го объекта). Дана вещественная переменная, которая тоже имеет отношение к этим объектам:  $y$  принадлежит  $R^n$ .

Наша задача, выявить линейную зависимость между признаками в  $X$  и

значениями в  $y$ :

$$\hat{y} = X\beta \Leftrightarrow \hat{y}^i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots$$

То есть необходимо оценить коэффициенты  $\beta_i$ .

В случае линейной регрессии коэффициенты  $\beta_i$  рассчитываются так, чтобы минимизировать сумму квадратов ошибок по всем наблюдениям:

$$L(\beta) = \frac{1}{2n} (\hat{y} - y)T(\hat{y} - y) = \frac{1}{2n} (X\beta - y)T(X\beta - y) \rightarrow \min$$

$$L(\beta_0, \beta_1, \dots) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}^i - y^i)^2 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (\beta_0 + \beta_1 x_1^i + \dots - y^i)^2 \rightarrow \min$$

Взяв по очереди разные переменные в качестве предиктора, можно оценить с каким коэффициентом она влияет на ту переменную, которая взята в качестве зависимой.

*Статья подготовлена в результате проведения исследования (№ 19-04-005) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета „Высшая школа экономики“ (НИУ ВШЭ)» в 2019 — 2020 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».*

1. Елизаров А. А., Нестеренко А. Н., Кухаренко А. С. [Исследование микрополосковой антенны для RFID-технологии на круговой меандр-линии](#) // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. Т. 11. № 9. (2017).
2. Vishnevsky V.M., Larionov A.A., Ivanov R.E. Analysis and Simulation of UHF RFID Vehicle Identification System / Communications in Computer and Information Science (CCIS). Distributed Computer and Communication Networks. Heidelberg: Springer International Publishing AG, Volume 678 (2016).
3. В.М.Вишневецкий, Р.Н.Минниханов. Автоматизированная система безопасности на автодорогах с использованием RFID-технологий и новейших беспроводных средств. Проблемы информатики. № 1 (2012).

## APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR ANALYZING DATA FROM THE NOMENCLATURE DIRECTORY OF THE ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEM, PART 1

Mushtak O.I.<sup>1</sup>, Limanovskaya O.V.<sup>1</sup>, Lebedev A.S.<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural Mining and Metallurgical Company (UMMC), Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>None-state Higher Educational Establishment “UMMC Technical University”,  
Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [aslebedev@urfu.ru](mailto:aslebedev@urfu.ru)

Applying of enterprise resource planning systems (ERP - Enterprise resource planning) as an integral part of corporate information systems of an enterprise has become the most important factor ensuring the success of a modern company in a rapidly changing market for goods and services.

The need to implement the ERP system arose in the Ural Mining and Metallurgical Company (UMMC) – the largest producer of copper, zinc, coal and precious metals in Russia. Since 2008, the UMMC has been actively implementing at its enterprises a single corporate information system (UMMC CIS) based on SAP ERP.

The adopted system uses standard reference information. One of the main elements of the standard reference information (SRI) of the UMMC CIS is the material master record - the main source of information about individual materials in an enterprise.

The unified directory of materials in the UMMC CIS contains more than 500 000 elements and constantly is replenished and improved by own service on work with SRI.

A software product is being developed for the development of a corporate directory of materials in the UMMC CIS. The developed product should allow automating a number of functions that are currently performed with considerable laboriousness or require a long data processing time.

The main objectives of the developed product:

1. Comparison of the reference book of the UMMC organization materials and all-corporate reference materials book;

a. The developed product should allow quickly correlating two data arrays available in tables UMMC CIS or in the form of the tables SAP ERP and the external file of a certain structure. One of the files (arrays) will be the directory of materials of the UMMC organization, and the second array, available in the SAP ERP tables, is the corporate directory of materials.

The task of the developed functionality is to improve the quality of searching for records of the general corporate directory of materials corresponding to the records in the directories of materials of UMMC organizations.

2. The automated classification of materials;

a. Using methods of machine learning and methods of data processing, the developed functionality should automatically to assign classification attributes to records of the all-corporate reference book of materials from UMMC CIS.

3. Fast assessment of stocks when purchasing;
4. Identification of illiquid and unclaimed stocks.

Export data in CSV-format from corporate directory of materials in the UMMC CIS was used as basic data.

Preparation of data for the analysis was carried out by the morphological py-morphy2 analyzer and the CountVectorizer module of sklearn library.

The analysis of data consisted in multiclass classification. The following methods were used: random forest, naive Bayes and XGBoosting.

The results are shown in Fig. 1.

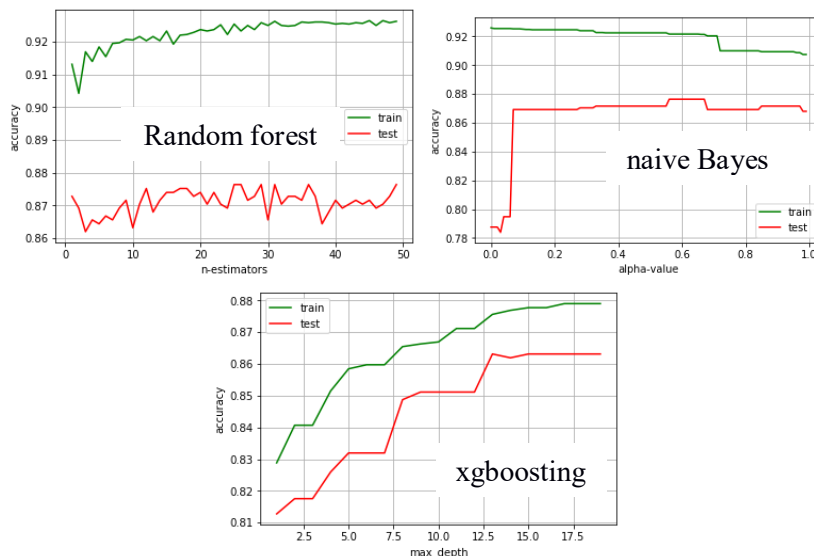


Fig. 1. Results of applying different methods

The study of the dependence of the quality of the model on the parameters of the classifiers is presented in the second part.

## APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR ANALYZING DATA FROM THE NOMENCLATURE DIRECTORY OF THE ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEM, PART 2

Mushtak O.I.<sup>1</sup>, Limanovskaya O.V.<sup>1</sup>, Lebedev A.S.<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural Mining and Metallurgical Company (UMMC), Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>None-state Higher Educational Establishment “UMMC Technical University”,  
Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [aslebedev@urfu.ru](mailto:aslebedev@urfu.ru)

At the first stage, all units of measurement of materials in the database were reduced to 4 categories: pieces, kg, km and the rest.

Further, in order to avoid duplication of names having the same value, a morphological analysis of the names was performed using pymorphy2. As a result, the names of the materials were cleared of punctuation and brought into normal form.

The resulting text data was translated into a numerical feature vector using the CountVectorizer. Since the names in the overwhelming majority of cases are represented in one word, N-grams were not used.

As a result, the data were presented to the analysis in the form of numerical vectors, and the target variable was the category of units.

Before the analysis selection was divided into training and test (in the ratio 0.8 to 0.2) for further measurement of indicators of classification quality.

The following studies were conducted to identify the optimal parameters of the classifiers.

The Random Forest classifier was tested the effect of the number of estimators on the quality of the model. In the naive Bayes method, the influence of the coefficient of smoothing (additive smoothing) on the quality of the model is investigated. In the xgboosting method, the effect of the depth of learning on the quality of the model is investigated.

The results are shown in Fig.1.

As can be seen from Fig. 1, the quality of the model on the test part of the sample is slightly less than on the train part, which indicates the absence of retraining of the model. At the same time, the quality of the model on the test part of the sample is not very different from that on the train part and remains fairly high, which indicates that the model is well-trained. The increase in the number of trees does not greatly change the quality of the model, there is a slight increase in it, and the maximum value of 0.876 is reached with 25 estimators. A further increase in the number of trees does not increase the accuracy of the model. Therefore, 25 trees are optimal for the Random Forest classifier.

As can be seen from Figure 1, the quality of the model on both the train and test part of the sample is high and no retraining is observed. The maximum quality of the model (accuracy 0.876) is achieved with an alpha value of 0.56.

As can be seen from Fig. 1, the quality of the model both on the test and on the train part of the sample is not very different and is quite high. Re-training of the model is not observed. The quality of the model obtained at xgboost is less than the two previous classifiers. The maximum accuracy of the model (0.863) is achieved with a depth of training equal to 15.

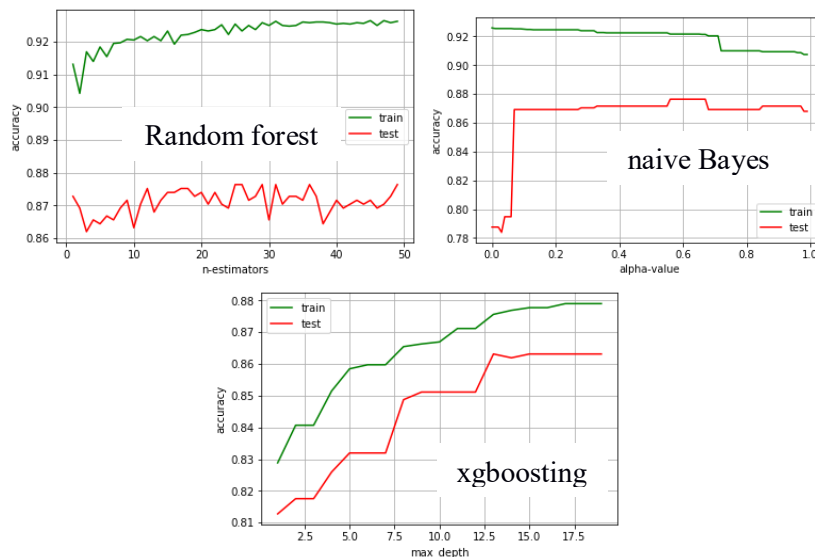


Fig. 1. Results of applying different methods

Result: the random forest and naive Bayes methods are effective for multi-class classifications.

The work done preparing the text data from the export data in CSV-format from corporate directory of materials in the UMMC CIS to add to the analysis and the classification of materials on the basis of units of measurement. Consistently high quality classification method showed a random forest.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ИЗОТОПОВ С ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИЕЙ БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Литовченко В.Ю.<sup>1\*</sup>, Васютин Н.А.<sup>1</sup>, Козлов А.В.<sup>2</sup>,  
Селезнёв Е.Н.<sup>2</sup>, Ташлыков О.Л.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский Федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> АО «Институт реакторных материалов», г.Заречный, Россия

\*E-mail: [хоце0396@gmail.com](mailto:хоце0396@gmail.com)

## MODELING COMBINED RADIATION PROTECTION OF CONTAINERS FOR TRANSPORTING ISOTOPES WITH HIGH-ENERGY BETA IRRADIATION

Litovchenko V.Yu.<sup>1\*</sup>, Vasyutin N.A.<sup>1</sup>, Kozlov A.V.<sup>2</sup>, Seleznev E. N.<sup>2</sup>, Tashlykov O.L.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> JSC “Institute of Nuclear Materials”, Zarechny, Russia

Annotation. Considered the issue of optimization radiation protection for transporting radioisotope products with high-energy beta irradiation.

Одним из назначений исследовательских ядерных реакторах является наработка изотопной продукции, предназначенной для промышленных и медицинских целей [1]. Процесс доставки радиоизотопной продукции заказчику осуществляется в радиационно-защитных контейнерах [2]. Основная часть контейнерного парка выполнена из свинца.

Однако свинец, имеющий хорошие защитные свойства (как элемент с большим атомным номером,  $Z=82$ ), имеет и недостатки. Например, при упаковке в свинцовый контейнер радиоактивного изотопа, имеющего «жесткий» спектр бета-излучения, начинают проявляться эффекты, связанные с образованием вторичного гамма-излучения при торможении бета-частиц в поле электромагнитных сил ядра свинца. В этом случае свинцовая защита становится мощным источником гамма-излучения и, возможно, более опасным, чем радиоизотопный источник, испускающий первичное бета-излучение. На практике такая проблема возникла при попытке транспортировать источники на основе радиоизотопа иттрий-90 в свинцовом контейнере. Иттрий-90 имеет «жесткий» спектр бета-излучения при распаде ядра, характеризующийся средней энергий бета-частиц 1 МэВ. Максимальная энергия бета-частиц достигает значения 2,28 МэВ. При размещении источника в контейнере проявлялось вторичное тормозное гамма-излучение. При таких обстоятельствах транспортировка радиоизотопного продукта невозможна.

Выход был найден при использовании комбинации радиационных защит. В свинцовый контейнер устанавливался вкладыш из полиэтилена. В состав полиэтилена входят элементы с низким атомным номером (углерод и водород). При

торможении бета-частиц в электромагнитном поле легких ядер эффект возникновения вторичного гамма-излучения проявляется слабо. Те гамма-кванты, которые все же образовывались, поглощались уже в слое свинца [3].

На самом деле вторичное гамма-излучение возникает уже в самой мишени, интенсивность которого будет зависеть от атомного номера элементов, входящих в состав мишени, и от количества материала мишени. Поэтому к решению оптимизационных задач, связанных с выбором защитных материалов, необходимо подходить индивидуально с учетом количества источника и его радиационных свойств.

Развитие ядерных технологий, связанных с использованием радиоизотопной продукции, всегда будет требовать надежной радиационной защиты. Использование в качестве защиты только традиционных материалов не всегда уместно. Применение нестандартных решений, связанных с использованием комбинации материалов, иногда более оптимально и позволяет снизить затраты при транспортировке массивных защитных контейнеров и упаковок.

1. Русских И.М., Ташлыков О.Л. Труды первой научно-технической конференции молодых ученых УралЭНИН. Екатеринбург: УрФУ, 2016. С.254-257.
2. Селезнев Е.Н., Козлов А.В., Ташлыков О.Л. Труды первой научно-технической конференции молодых ученых УралЭНИН. Екатеринбург, 2016. С.274.
3. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. М.: Энергоатомиздат. 1995. 450 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ КОДОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Лукьяненко В.Ю.\*, Ташлыков О.Л., Шабельников Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vera-lukyanenko@mail.ru](mailto:vera-lukyanenko@mail.ru)

## **DESIGN CODES USING IN OPTIMIZATION OF THE RADIATION-HAZARDOUS FACILITIES DECOMMISSIONING PROCESS**

Lukyanenko V.U.\*, Tashlykov O.L., Shabelnikov E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The paper presents the main issue provisions of decommissioning of nuclear research facilities as a whole and its separate units of equipment. This paper analyzes the characteristics of radiation-hazardous facilities of nuclear research facilities, the potential ways and methods of optimization of process of decommissioning research experimental stands of vigorous plants.

Исследовательские ядерные установки (ИЯУ) совместно с экспериментальной базой играют важную роль в развитии ядерной энергетики. Несмотря на

низкую мощность ИЯУ, их потенциальная опасность значительна в силу специфических особенностей. Большинство отечественных ИЯУ созданы 30-40 лет назад. Растет число установок, остановленных после завершения научных программ и проектных сроков эксплуатации. Разнообразие конструкций ИЯУ препятствуют разработке унифицированных технических решений по их выводу из эксплуатации ВЭ [1].

Основными радиационно-опасными объектами (РОО) в составе ИЯУ являются реакторные экспериментальные стенды и внереакторные опытные установки для исследования облученных в реакторе образцов.

Характерными чертами РОО являются расположение основного оборудования и строительных конструкций в кладке биологической защиты реактора в составе ИЯУ, разветвленность ответственных коммуникаций, размещение основного оборудования вблизи мест работ с открытыми источниками ионизирующего излучения, размещение коммуникаций и оборудования РОО в полуобслуживаемых либо необслуживаемых помещениях, а также частые конструктивные изменения.

Эти особенности РОО указывают на необходимость оптимизации процесса снятия с эксплуатации РОО по ряду направлений, например, оптимизация последовательности демонтажных работ, состава радиационно-защитных материалов применительно к планируемым условиям облучения [2], маршрута перемещения с посещением заданных точек помещения с учетом обхода препятствий и др. Для этих целей разработаны и разрабатываются алгоритмы решения оптимизационных задач с использованием высокопрецизионных расчетных кодов, суперкомпьютера [3] и т.д.

Оптимизация вывода из эксплуатации РОО ИЯУ необходима на всех этапах (планировании и подготовке, организации работ, анализе выполненных работ, обратной связи). Важной составляющей процесса оптимизации является наличие базы данных, во многом определяющей эффективность разработанных расчетных программ.

1. Лукьяненко В.Ю., Шабельников Е.В., Ташлыков О.Л. Потенциал оптимизации снятия с эксплуатации экспериментальных стендов исследовательских ядерных установок // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: УрФУ, 2017. С. 854-858
2. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Лукьяненко В.Ю., Михайлова А.Ф., Русских И.М., Селезнев Е.Н., Козлов А.В. Оптимизация состава радиационной защиты // [Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика](#). 2015. № 4. С. 36-42.
3. Grigoryev A. M. and Tashlykov O. L. AIP Conf. Proc. 2015, 1. 020028 (2018).

## РАЗРАБОТКА ЭВРИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНФИГУРИРОВАНИЯ ВЕБ-СЕРВЕРА

Мараков М.В.<sup>\*</sup>, Кузнецов М.А., Рогович В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maximmarakov@yandex.ru](mailto:maximmarakov@yandex.ru)

## DEVELOPMENT OF WEB-SERVER'S HEURISTIC AUTOMATIC CONFIGURATION MODEL

Marakov M.V.<sup>\*</sup>, Kuznetsov M.A., Rogovich V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. The article represents server`s dynamic auto-configure model.

С ростом популярности сети интернет и интернет-сервисов повышается количество активных пользователей [1]. Вследствие этого растет нагрузка на веб-серверы

Как правило, нагрузка на сервер динамически меняется с течением времени. На графиках результатов исследования компании Яндекс [2] мы можем увидеть закономерности: днем нагрузка в разы превосходит ночную, а в выходные нагрузка ниже, чем в будни. Поэтому всё более актуально развитие способности серверов справляться с большой и волнообразной нагрузкой.

Ненадежным звеном организации работы клиент-серверной архитектуры является ручная настройка сервера системными администраторами. В таком подходе есть существенные недостатки:

1. Большая зависимость от профессионализма администратора. Если сервер сконфигурирован неправильно, то либо он не сможет выдержать нагрузку, либо будет слишком долго отвечать клиентам.

2. Неспособность сервера адаптироваться (изменять свою конфигурацию) под значительно изменяющуюся нагрузку. Следовательно, либо сервер работает неоптимально в периоды пониженной нагрузки, либо выходит из строя в периоды повышенной нагрузки.

Высоконагруженные сайты активно используют эвристические балансировщики нагрузки [3], однако балансировщики обычно только перенаправляют новые запросы на менее нагруженные узлы. Повысить гибкость серверной инфраструктуры можно путём варьирования количества потоков, выделенных на обработку запросов сервером. Поскольку в современных веб-серверах обработка запросов выполняется в несколько этапов, можно выполнять тонкую настройку сервера путём перераспределения вычислительных ресурсов между звеньями веб-сервера, выполняющими различные стадии обработки.

В работе освещаются вопросы оптимального управления ресурсами веб-сервера. Мы предлагаем разработать программу автоматического

конфигурирования веб-сервера с учётом характера нагрузки. Результат работы – программное обеспечение, работающее на сервере, отслеживающее нагрузку и изменяющее конфигурацию сервера с целью оптимизации его работы.

1. Официальная исследование компании Яндекс «Развитие интернета в регионах России» [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: [https://yandex.ru/company/researches/2016/ya\\_internet\\_regions\\_2016](https://yandex.ru/company/researches/2016/ya_internet_regions_2016)
2. Официальная исследование компании Яндекс «Поиск в разных городах России» [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: [https://yandex.ru/company/researches/2014/ya\\_search\\_2014](https://yandex.ru/company/researches/2014/ya_search_2014)
3. Neeraj Rathore. Performance of Hybrid Load Balancing Algorithm in Distributed Web Server System // Wireless Personal Communications. August 2018. Volume 101. Issue 3. pp 1233–1246 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-018-5758-6>

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КИНЕТИКИ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КЛАСТЕРНОЙ СИСТЕМЕ С ГЛУБОКИМИ ЛОВУШКАМИ

Мережников А.С.<sup>1\*</sup>, Никифоров С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [merzhnikov.artiom@gmail.com](mailto:merzhnikov.artiom@gmail.com)

## AN IMPROVED ALGORITHM OF CALCULATION OF THE THERMOLUMINESCENCE KINETICS IN THE CLUSTER SYSTEM WITH DEEP TRAPS

Merezhnikov A.S.<sup>1\*</sup>, Nikiforov S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work new approach for simulation of charge transfer in complex trap cluster systems was proposed. The algorithm has been tested on the example of TL model containing clusters with deep traps. It was found that deep traps in clusters can affect the TL dependence on heating rate.

Известно, что теоретически термолюминесценция (ТЛ) изучается в рамках кинетики процессов переноса заряда между различными энергетическими состояниями. Одним из перспективных направлений является моделирование процесса переноса заряда в наноструктурных материалах. В них разрешенные состояния объединены в кластеры, между которыми при высоких температурах возможен перенос заряда, как через зону проводимости, так и внутри кластера. В дополнение к этому представляет интерес изучение влияния глубоких ловушек, входящих в состав таких кластеров, на ТЛ свойства. Для моделирования таких

сложных кластерных систем перспективным является применение метода Монте-Карло [1]. Недостатком данного метода является большой объем вычислений, который требует высокой производительности вычислительной техники.

Нами предложен усовершенствованный алгоритм расчета ТЛ кривых, основанный на методе Монте Карло, для сложных кластерных систем, содержащих большое число локализованных уровней. Новизна предложенного алгоритма заключается в замене большого количества генераций случайных чисел для всех групп кластеров двумя генерациями. Первой соответствует выбор перехода, второй – выбор группы кластеров, для которой этот переход произошел. Предложенный алгоритм расчета апробирован на примере новой модели ТЛ с кластерами, содержащими электронные ТЛ-активные и глубокие ловушки. При этом центры свечения рассматриваются как однородно распределенные дефекты. Впервые продемонстрирована применимость метода Монте Карло для моделирования ТЛ на стадиях возбуждения и релаксации, по результатам которого получено распределение кластеров по различным состояниям. В рамках рассматриваемой модели установлено наличие аномального эффекта роста выхода ТЛ с увеличением скорости нагрева (рис.1), и обоснованы закономерности влияния величины коэффициента локализованного захвата на глубокую ловушку в пределах кластера на интенсивность и температурное положение пика ТЛ.

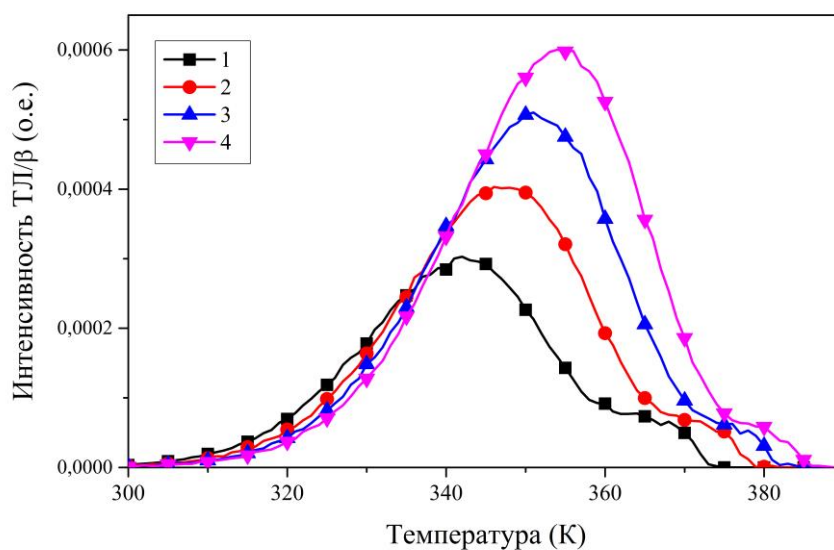


Рис. 1. Кривые ТЛ, рассчитанные при различных скоростях нагрева  $\beta$ : 1 - 1 К/с, 2 - 1.5 К/с, 3 - 2 К/с, 4 - 2.5 К/с

1. Mandowski, A. and Swiatek, J., *Phil. Mag.*, 65, 729 (1992)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ РАДИАЦИОННЫМИ РИСКАМИ ПЕРСОНАЛА

Михайлова А.Ф.<sup>\*</sup>, Ташлыков О.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mikhailova.a.f@mail.ru](mailto:mikhailova.a.f@mail.ru)

## MODELING OF THE MANAGEMENT PROCESS OF INDIVIDUAL RADIATION RISKS OF PERSONNEL

Mikhailova A.F.<sup>\*</sup>, Tashlykov O.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The possibility of modeling the process of managing individual risks when planning personnel exposure doses is considered.

В рекомендациях МКРЗ (Публикация 103) обозначены основные направления рискованного подхода в задачах обеспечения радиационной защиты. Подчеркивается, что процесс оптимизации защиты может быть реализован для ситуаций облучения, которые можно считать обоснованными.

В настоящее время большой интерес представляет анализ современных моделей радиационного риска. Поэтому при оптимизации радиационной защиты персонала и населения основной задачей в ближайшие годы будет оценка индивидуальных радиационных рисков на основе международных стандартов.

АО “ИРМ” – одна из первых организаций Госкорпорации “Росатом”, которая проводит мониторинг профессиональных радиационных рисков с использованием системы оценки радиационного риска АРМИР [1]. Система АРМИР основана на принципах и методах вычисления радиационного риска, рекомендованных НКДАР ООН, МКРЗ, МАГАТЭ. В ходе реализации системы были разработаны алгоритмы расчета различных мер радиационного риска при многократном облучении, созданы специализированное программное обеспечение и базы данных. На рисунке 1 в качестве примера приведены данные зависимости величины текущего радиационного риска персонала группы А от накопленной за весь период работы дозы.

Компьютерная система АРМИР обеспечивает в динамике оценку индивидуальных радиационных рисков персонала, состоящего на индивидуальном дозиметрическом контроле. Отчет, содержащий существующие радиационные риски на предприятии, направляется в базу данных ГК “Росатом” [2].

На основании оценки величины индивидуального радиационного риска решаются две основные задачи оптимизации радиационной защиты: управление облучаемостью на индивидуальном уровне и обеспечение ранней диагностики возможных радиационно-обусловленных заболеваний [3].

В представленном докладе проанализирована возможность использования принципа оптимизации для управления индивидуальными радиационными рисками персонала АО «ИРМ» при планировании доз облучения персонала в целях недопущения увеличения численности группы повышенного профессионального риска.

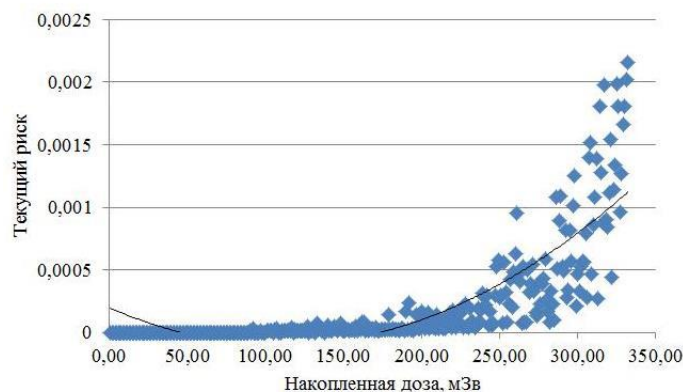


Рис. 1. Зависимость величины текущего радиационного риска персонала группы А от накопленной за весь период работы дозы.

1. Михайлова А. Ф., Ташлыков О. Л. Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УрФУ, 869 (2017).
2. Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. XV Курчатовская молодежная научная школа. Сб. аннотаций. М., НИЦ «Курчатовский институт», 41 (2017).
3. Иванов В. К. АРМИР: система оптимизации радиологической защиты персонала. М.: Перо (2014).



## ВЫДЕЛЕНИЕ ЗДАНИЙ НА АЭРОСНИМКАХ

Михайлов И.О.<sup>1\*</sup>, Стародубцев И.С.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Институт математики и механики им. Н.Н.Красовского УрО РАН

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет им. Б.Н.Ельцина

\*E-mail: [igormich88@gmail.com](mailto:igormich88@gmail.com)

## DETECTION OF BUILDINGS ON AERIAL PHOTOGRAPHS

Mikhailov I.O.<sup>1\*</sup>, Starodubtsev, I. S.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics, UB RAS,  
Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>2)</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russian Federation

This paper presents an method for recognition buildings from points cloud. In first stage points cloud is filtered to remove low-area and plants, only buildings-points will be stored. In second stage stored points is transformed to contours and then received contours is corrected and simplified. In this work has been used PCL (Point Cloud Library) and OpenCV.

В данной работе рассматривается, построение контуров зданий по аэроснимкам. В качестве входных данных рассматривались не сами аэроснимки, а облака точек построенные по ним. Для анализа данных использовалось два алгоритма, первый из них фильтрует облако точек оставляя только здания, а второй строит по отфильтрованным точкам контуры зданий.

Для работы с облаком точек используется Point Cloud Library. Первоначально для выделения зданий использовался поиск разрывов по высоте на сырой матрице высот(и этот метод по прежнему может применяться), но с учетом матрицы рельефа удалось улучшить качество выделение зданий путем анализа разницы двух матриц высот за счет фильтрации шумовых выбросов. Для фильтрации деревьев и кустов используется анализ локальной энтропии, у крыш зданий этот показатель мал (т.к. они в основном гладкие), а у крон деревьев крайне высок. Отфильтрованные данные кластеризуются, проецируются на плоскость и передаются алгоритму построения контуров.

Построение контуров

Для построения контуров используется библиотека OpenCV. При этом в зависимости от формы здания возможно несколько подходов. В самом простом случае лучшим решением будет построение покрывающего параллелепипеда, для многих зданий этот способ позволяет легко компенсировать небольшие шумы на углах и сторонах зданий. В более сложных случаях (здания сложной формы) строится контур, который затем необходимо упростить и скорректировать. Для коррекции использовался метод восстановления углов в 90 градусов, а для упрощения спрямление малых неровностей с максимальным сохранением исходной площади здания.

В результате был создан программный комплекс позволяющий по облаку точек восстановить контуры зданий, представляющий собой набор модулей. За счет модульной структуры упрощается дальнейшее и модификация развитие комплекса.

## **МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО СЖАТИЯ**

Муравлев И.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vanesc96@mail.ru](mailto:vanesc96@mail.ru)

## **VIBRATION SIGNAL TREATMENT METHODS FOR SUBSEQUENT COMPRESSION**

Muravlev I.A.\*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article describes methods that significantly reduce the amount of information needed to store vibration signals on a computer.

На сегодняшний день существует множество алгоритмов проведения вибрационной диагностики. Поскольку износ большинства диагностируемых узлов и агрегатов является равномерным, обнаружить такой износ можно лишь на сравнительно большом участке времени. Так возникает необходимость хранения вибрационных данных. Кроме того, это приводит к проблемам, связанным со скоростью чтением этих данных с диска

Целью данной работы является поиск алгоритмов преобразования сигнала, который впоследствии будет подвергнут сжатию и на выходе будет иметь меньший размер, чем, сжатый тем же методом компрессии, оригинальный сигнал. Так как сжатие без потерь не может обеспечить должный уровень компрессии, в этой работе были рассмотрены алгоритмы сжатия с потерями.

На первом шаге необходимо получить спектрограмму вибрационного сигнала и далее работать с ней. Это приведет к тому, что оригинальный сигнал будет потерян, однако, поскольку анализ спектров сигнала более эффективен в вибрационной диагностике, чем извлечение признаков из сырого сигнала, это позволит сократить использование вычислительных ресурсов при повторном обращении к этим данным.

Дискретное преобразование Фурье позволяет получить спектрограмму частотных составляющих вибрационных колебаний. Обнуление той части спектрограммы, у которой значения энергии стремятся к нулю, приведет к более эффективному сжатию. Однако, незначительные колебания, которые могут

сигнализировать о зарождении неисправности в диагностируемом узле, при сжатии с потерями могут быть утрачены.

Увеличить коэффициент сжатия можно путем применения дискретного вейвлет-преобразования для полученных спектрограмм. Обнуление значений на высокочастотной свертке позволит увеличить сжатие, а также сохранить информацию о незначительных колебаниях, которые теряются, если обнулять данные на спектрограмме.

Метод перцепционного кодирования позволяет кодировать меньшим числом информации участки спектра, которые не сильно влияют на результат диагностики, тем самым уменьшив число отсчетов по оси частот на спектрограмме.

Неравномерное квантование позволяет уменьшить число отсчетов по оси энергии на спектрограмме. Неравномерность сокращает потери на основных уровнях энергии вибрационных колебаний на спектрограмме.

Таким образом, применение совокупности описанных методов, позволяет в значительной мере сократить объем информации, необходимый для хранения вибрационных сигналов на компьютере.

## **CORRELATION ANALYSIS OF CLINICAL DATA ON EVALUATION OF MOTOR DISTURBANCES AND MUSCLE TONE DISORDERS IN CEREBRAL PALSY**

Limanovskaya O.V.<sup>1\*</sup>, Davydov O.D.<sup>2</sup>, Stepanenko D.G.<sup>2</sup>,  
Pakhtusov A.V.<sup>3</sup>, Kleshev A.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) State Autonomous Health Institution Sverdlovsk Region Multidisciplinary Clinical Medical Centre «Bonum» Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>) Ural Technical Institute of Communications and Informatics Branch Siberian State University of Telecommunications and Informatics Ekaterinburg, Russia

\*E-mail: [o.v.limanovskaia@urfu.ru](mailto:o.v.limanovskaia@urfu.ru)

This study aims to assess the relationships between groups of motor functions (strength, tone in the lower limbs, movement in the hip, knee and ankle joint) in children with spastic cerebral palsy (CP). The results of functional tests MRC, Modified Ashworth Scale (MAS), goniometry and Tardieu Scale in 53 patients were studied.

The Pearson correlation criterion was used to determine the correlations.

The result of this study was identified correlations between groups of different motor functions, expressed as correlation coefficients. These correlations were visualized in the form of directed graphs. For example, in figure 1, a directed graph represents the dependencies between goniometry (gonio) and hypertonia (spasticity).

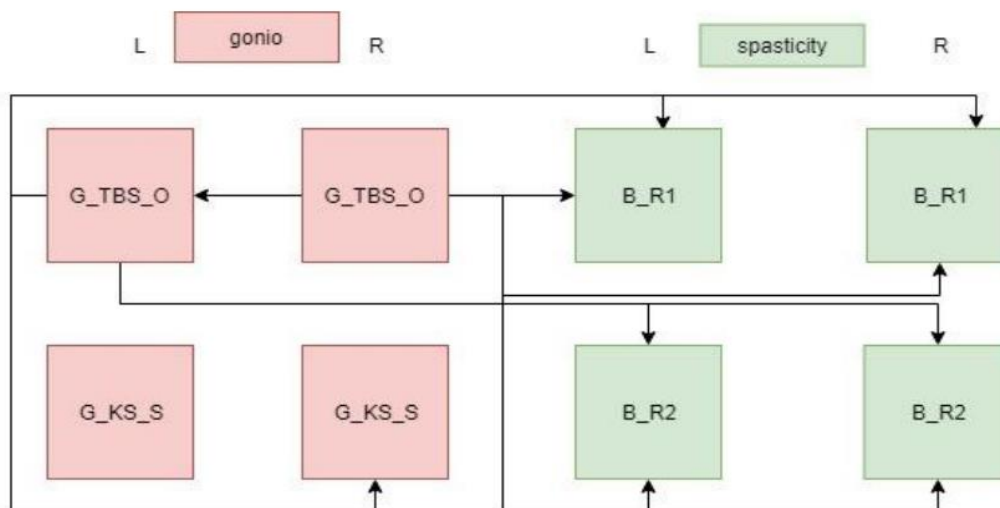


Fig. 1. Dependencies between goniometry (gonio) and hypertonia (spasticity)

The obtained dependencies can be used in the development of methods for habilitating children with CP.

## ВЛИЯНИЕ «ЭФФЕКТА ЗАТЕНЕНИЯ» НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ КУЭТТА РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА

Панова А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [96alena1995@mail.ru](mailto:96alena1995@mail.ru)

## THE INFLUENCE OF THE "SHADING EFFECT" ON THE RAREFIED GAS CYLINDRICAL KUETTE FLOW.

Panova A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The steady-state azimuthal motion of the rarefied gas in an annular gap between two coaxial infinite cylinders is modeling. One of cylinders is motionless, and the other one rotates rapidly. The influence of the discontinuity of the distribution function on the flow field in the space between the cylinders is investigated.

Хорошо известно, что в плотной среде неравновесная функция распределения непрерывна как по модулю, так и по направлениям скоростей частиц. Это позволяет применять аналитические методы решения кинетических уравнений, в том числе, разложение по подходящей системе базисных функций [1, 2]. Напротив, характерной особенностью разреженных систем является разрывность

функции распределения, которая связана с приходом в точку наблюдения частиц, несущих нелокальную информацию о достаточно удаленных областях течения. В таких условиях более эффективны численные методы решения кинетических уравнений [3, 4]. Частным случаем проявления разрывности функции распределения является «эффект затенения» в системах с усложненной геометрией, когда функция распределения в точке наблюдения формируется частицами, приходящими с разных поверхностей. В некоторых технических системах (например, в вакуумных насосах [5]) «эффект затенения» играет главную роль.

В настоящей работе с помощью численного метода дискретных скоростей [4] моделируется установившееся азимутальное движение разреженного газа в кольцевом зазоре между двумя коаксиальными бесконечными цилиндрами, один из которых неподвижен, а другой быстро вращается. Температуры цилиндров одинаковы. Граничные функции распределения для частиц, непосредственно вылетающих с поверхности цилиндров, различны и несут информацию о скорости соответствующей поверхности. При удалении от границ эта информация либо теряется вследствие большого количества межчастичных столкновений, либо сохраняется на некотором расстоянии, которое зависит от параметра разреженности газа  $\delta$ . В последнем случае в каждую точку наблюдения приходят частицы с двумя разными распределениями по скоростям. Таким образом, возникает «затенение» внутренним цилиндром потока частиц с поверхности внешнего цилиндра.

Исследовано влияние разрывности функции распределения на поле температуры, скорости и напряжение сдвига в пространстве между цилиндрами. Показано, что в разреженном газе кинетический «эффект затенения» приводит к более заметному изменению указанных макропараметров по сравнению с плотным газом.

1. Либов Р. Введение в теорию кинетических уравнений. М. : Мир, (1974).
2. Марчук Г. И., Лебедев В. И. Численные методы в теории переноса нейтронов. М. : Атомиздат, (1981).
3. Bird G. A. Molecular gas dynamics and the direct simulation of gas flows. Oxford University Press, (1994).
4. Aristov V. V. Direct methods for solving the Boltzmann equation and study of nonequilibrium flows. Dordrecht, Netherlands : Kluwer Academic Publishers, (2001).
5. Sharipov F., Fahrenbach P., Zipp A. Numerical modeling of Holweck pump // J. Vac. Sci. Technol. (Sep/Oct 2005).

## МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРБОНИТРИДА УРАНА С ПЕРЕМЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ ИОНОВ

Пицхелаури С.С.<sup>1\*</sup>, Борисенко Д.С.<sup>1</sup>, Некрасов К.А.<sup>1</sup>, Гупта С.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Колледж Святого Ксавьера, г. Ахмедабад, Индия

\*E-mail: [lauri2011@mail.ru](mailto:lauri2011@mail.ru)

## MOLECULAR DYNAMIC SIMULATION OF URANIUM CARBONITRIDE USING VARIABLE ION CHARGES

Pitskhelaury S.S.<sup>1\*</sup>, Borisenko D.S.<sup>1</sup>, Nekrasov K.A.<sup>1</sup>, Gupta S.K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) St. Xavier's College, Ahmedabad, Gujarat, India

Annotation. Molecular dynamics simulation of mixed  $U_nC_mN_k$  carbonitride crystals with independent variation of the particle charges is carried out. The empirical interaction potentials used for the simulation are obtained from the experimental characteristics of UC, UN,  $U_2C_3$ ,  $U_2N_3$ ,  $UC_2$ ,  $UN_2$  crystals, namely the parameters of the crystal lattice, the elastic moduli and the linear expansion coefficients. The relevance of varying the ion charges in the simulations is demonstrated.

Рассмотрена задача молекулярно-динамического моделирования кристаллов  $U_nC_m$ ,  $U_nN_m$ , а также смешанных карбонитридов  $U_nC_mN_k$  в приближении парных потенциалов взаимодействия с независимым варьированием зарядов частиц в процессе вычислительного эксперимента. Предложены эмпирические потенциалы взаимодействия всех пар ионов, восстановленные с использованием экспериментальных характеристик кристаллов UC, UN,  $U_2C_3$ ,  $U_2N_3$ ,  $UC_2$ ,  $UN_2$ : структуры и параметров кристаллической решётки, модулей упругости, коэффициентов линейного расширения. Полученный универсальный набор потенциалов позволил количественно воспроизвести перечисленные характеристики кристаллов при молекулярно-динамическом моделировании.

Проведено молекулярно-динамическое моделирование нанокристаллов  $U_nC_m$ ,  $U_nN_m$  и  $U_nC_mN_k$ , включавших от 2000 до 10000 частиц, в диапазоне температур от 300 К до плавления. Определены зависимости постоянных решётки, модулей упругости, теплоёмкости, температуры плавления, объёмных и поверхностных энергий модельных кристаллов от состава и размера. Показана актуальность варьирования заряда ионов при расчёте характеристик рассмотренных кристаллов. Проведено сопоставление результатов моделирования с экспериментальными данными.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-52-48008 ИНД\_оми. С.К. Гупта также благодарит Департамент науки и технологии (Индия) и РФФИ за поддержку по гранту INT/RUS/RFBR/IDIR/P-6/2016.*

## КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИПОТЕЗЫ О ВОЗМОЖНОМ ИЗМЕНЕНИИ КОНСТАНТ СКОРОСТИ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА ИЗОТОПОВ

Позигун Г.А.\*, Мартюшев Л.М.

Уральский Федеральный Университет имени первого президента России  
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [pozigun13@mail.ru](mailto:pozigun13@mail.ru)

## CRITICAL ANALYSIS OF HYPOTHESIS ABOUT POSSIBLE VARIATION OF THE NUCLEAR DECAY CONSTANTS

Pozigun G.A.\* , Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [pozigun13@mail.ru](mailto:pozigun13@mail.ru)

Abstract. This paper presents a critical analysis of the hypothesis about possible variation of the nuclear decay constants based on published data about discrepancies in the age estimates of geological objects obtained by two isotopic methods simultaneously.

С тех пор, как было открыто явление радиоактивного распада, считается, что константа скорости распада постоянна, однако, различные исследователи не раз высказывали мнение о том, что эти параметры могли бы изменяться с развитием Вселенной (см., например, [1, 2]). В последнее десятилетие широко обсуждается вопрос влияния солнечных нейтрино на скорость распада [3, 4]. Косвенным подтверждением возможного непостоянства скоростей распада могут быть расхождения в оценках возраста геологических объектов, полученных для одного образца одновременно несколькими изотопными методами, использующими разные цепочки распада [5, 6]. В данной работе был произведён анализ гипотезы по следующим направлениям:

1. Нами рассмотрены краткие основы физики распада, связь констант распада с фундаментальными константами; проанализирована возможность влияния изменения фундаментальных констант на скорость радиоактивного распада; изложены физические способы определения констант радиоактивного распада.

2. В работе нами представлены краткие основы радиоизотопной геохронологии и изучены высокоточные методы масс-спектрометрии, используемые в ней; обсуждается проблема точности и прецизионности в геохронологии; произведён анализ влияния точности констант распада на результаты изотопного датирования. Так же в процессе исследования было проведено сравнение физических методов определения констант радиоактивного распада с методом геохронологического сравнения.

3. В заключении, основываясь на анализе литературы, мы обсуждаем различные гипотезы о возможном изменении постоянной радиоактивного распада при внешних воздействиях (поток частиц от Солнца, ультравысокие давления, при расширении Вселенной и возможном изменением фундаментальных констант);

приводятся некоторые результаты оценки расхождений в возрасте геологических объектов при использовании двух изотопных методов одновременно, таких как U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd, Re-Os, Lu-Hf.

1. Герлинг Э.К., Овчинникова Г.В., Геохимия 8, 891 (1970).
2. Haldane J. B. S., Nature 3888, 555 (1944).
3. Pommé, S., Stroh, H., et al., Appl. Radiat. Isot., 134, 4 (2018).
4. Bergeson S.D., Peatross J., Phys. Lett. B, 767, 171 (2017).
5. Renne, P.R., Karner, D.B., Ludwig, K.R., Science 282, 1840 (1998).
6. Begemann, F. et al., Geochim. Cosmochim. Acta 65, 111 (2001).

## **DEVELOPMENT OF A WEB SERVICE FOR EVALUATION THE LEVEL OF HEALTH**

Ptukhin A.A. \*, Khrushkov A.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [ptuhinsasha@mail.ru](mailto:ptuhinsasha@mail.ru)

This thesis describes the relevance of the development, the basic principles, the mechanism of the web service and the prospects for its application.

Modern information technologies offer fundamentally new opportunities, including for medicine. The introduction of information technology into the work of the healthcare system promptly changes the methods of treatment and diagnostics, forms of doctors' interaction with patients and colleagues, the organization of treatment and restoration of health.

Alexander Ivanovich Vlasov, the director of the medical center «Valeoton», a practicing vertebrologist and manual therapist following these trends developed his own automated system for determining the rating of a person's health according to the CAI system – a comprehensive analysis of the individual. Based on this rating, personal recommendations are formulated for sports and improving health indicators.

Because of the analysis of the current level of public health, the quality of the provision of medical services and the interest of citizens in physical activities, the following problems were highlighted: on the one hand, without consulting a doctor you can not evaluate your health indicators and get recommendations for exercising. On the other hand, there is a lack of a system that allows you to centrally collect many medical data and conduct their analysis.

CAI system can be effectively used in all health checkups for people who regularly engage in physical training and sports, both professionally and beginners from an early age, in health groups, fitness clubs, etc. Also, regular analysis and monitoring can encourage people to improve their performance and, as a result, attract more people to sports. The system of accounts and the availability of a database will allow centralized



collection of a large amount of data. This will allow us to regularly assess the health of people, conduct analysis, monitor the dynamics.

For now we can say that there is no service that allows you to get a full integral assessment of your health. This development is unique in its kind and in terms of quality, completeness and functionality it allows to greatly exceed the existing solutions.

We considered the need for monitoring human health and changing the approach to this process. A minimum viable web service product is currently implemented.

Further plans include the introduction of the service as a tool for testing students in the process of physical training, which will also allow debugging and testing the stability of work under heavy load. Then the web service will function in a mode of free access for all comers that will allow to collect and analyze user data, and also to integrate this web service into the work of medical institutions.

## **DATA SEPARATION FOR TRAINING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO SIMULATE THE SPATIAL DISTRIBUTION OF CHROMIUM IN THE SURFACE LAYER OF THE SOIL**

Rakhmatova A.Y.<sup>1,2\*</sup>, Sergeev A.P.<sup>1,2</sup>, Shichkin A.V.<sup>1,2</sup>, Buevich A.G.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [anya\\_rahmatova@mail.ru](mailto:anya_rahmatova@mail.ru)

**Abstract.** An algorithm for dividing data into training and test subsamples to simulate the spatial distribution of chromium in the surface layer of the soil using artificial neural networks (ANN) was proposed. The algorithm takes into account the spatial inhomogeneity of the variable being modelled. The data was obtained during the soil screening on the urbanized area in Novyy Urengoy city. A model, which used controlled separation, had shown more accurate results.

When modelling the prediction of the spatial distribution of the trait, there are two main tasks. First, the choice of a model, which is capable of reproducing the picture of the spatial distribution of the trait with the sufficient accuracy. The accuracy of prediction obtained using ANN is often higher than that of other methods or expert predictions [1]. The ANN model can be applied to measured data obtained during monitoring and used to predict the content of pollutants in uncontrolled places [2, 3].

The second task is to ensure that the chosen model is able to fully realise all its capabilities. The accuracy of the model is largely depends on the correct learning procedure. One of the main way to improve the capabilities of the method is to optimise the procedure for dividing the sample into a training and test subsamples [4]. A random splitting method is commonly used but this approach has a number of weak points. In this work was used Spatial quoting of raw data, which consists of three steps:

1. The survey area was contoured by a convex polygon so that the geodesic line drawn between any two points (real sampling points) was inside this polygon.
2. The polygon was divided into areas (spatial quotas) including the same number of observations. The boundary points of the polygon as well as the maximum and minimum values from each region were included in the training subsample.
3. From each spatial quota, random selection of the points for the training subsample occurs, so that its share is 70%.

150 samples were taken from South part of Novyy Urengoy (Fig. 1).

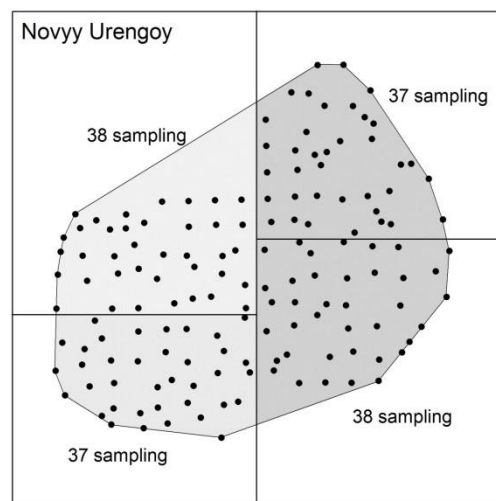


Fig. 3. The survey areas contoured by a convex polygon

The ANN, which used controlled types of splitting turned out to be more accurate than the ANN, which trained by a random splitting for all indicators.

1. Guo G.H., Wu F., Xie F., & Zhang R. *Journal of Environmental Sciences*, 24(3), 410–418 (2012).
2. Kanevski M. F. *International Journal of Systems Research and Information Systems*, 8(4), 241–256 (1999).
3. Shaker R. R., & Ehlinger T. J. *International Journal of Applied Geospatial Research*, 5(4), 1-20 (2014).
4. Lark R.M., Marchant B.P. *Geoderma*, 319, 89–99 (2018).

## О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ УГЛУБЛЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ СПОРТСМЕНОВ

Рахматулина Р.Р.<sup>1\*</sup>, Гольдштейн С.Л.<sup>1</sup>, Грицюк Е.М.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Многопрофильный клинический медицинский центр «Бонум», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [rakhmatulina1997@mail.ru](mailto:rakhmatulina1997@mail.ru)

## ON THE PROBLEM OF SOFTWARE FOR DEEP MEDICAL EXAMINATIONS OF ATHLETES

Rakhmatulina R.R.<sup>1\*</sup>, Goldstein S.L.<sup>1</sup>, Gritsyuk E.M.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> State Autonomous Health Institution Sverdlovsk Region Multidisciplinary Clinical Medical Center “Bonum”, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Software for in-depth medical examinations allows to assess the health status and physical abilities of athletes. Comparative analysis of existing programs to account for in-depth medical examinations of athletes.

Углубленное медицинское обследование (УМО) спортсменов проводится с целью получения наиболее полной и всесторонней информации о физическом развитии, оценке состояния здоровья, функциональном состоянии организма спортсмена и показателях его физической работоспособности. По результатам УМО оценивается адекватность нагрузки на организм, соответствие её к функциональным возможностям организма спортсменов [1].

Нами проведён сравнительный обзор аналогов программ учёта пациентов и определён прототип. Анализ представлен в таблице.

### Сравнительный анализ аналогов

Характеристики и возможности	Оценка аналогов по источникам информации:				
	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
1. Просмотр истории обращений	+	+	+	+	+
2. Ввод данных с бумажных карт	+	+	-	+	+
3. Поддержка документов УМО	-	-	-	-	+-
4. Учёт спортсменов	-	-	-	-	-
5. Учёт лечебно-диагностических мероприятий (консультаций, обследований и госпитализаций)	+	-	-	-	+

В качестве прототипа выбрана программа 1С:Медицина. Поликлиника [6], позволяющая оценивать историю здоровья пациента, его катамнез и проведенные процедуры, вводить данных с бумажных карт. Недостаток этой и других программ – отсутствие модуля учёта здоровья спортсменов и госпитализаций в стационаре, отсутствие возможности ввода данных с документов УМО.

1. Углубленное медицинское обследование спортсменов [Электронный ресурс] [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_105034/31478b7a728006f317b687ad744f55b20f56f27f/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_105034/31478b7a728006f317b687ad744f55b20f56f27f/)
2. Электронная карта пациента Medesk [Электронный ресурс] <https://www.medesk.ru/electronic-health-records/>
3. Электронная медицинская карта РИАМС «ПроМед» [Электронный ресурс] [http://swan-it.ru/elektronnoe\\_zdravoohranenie/elektronnaya\\_meditsinskaya\\_karta](http://swan-it.ru/elektronnoe_zdravoohranenie/elektronnaya_meditsinskaya_karta)
4. Медицинская информационная система МЕДМИС [Электронный ресурс] <https://www.medmis.ru/>
5. Облачная медицинская система MedWork Cloud [Электронный ресурс] [https://medihost.ru/medwork\\_cloud](https://medihost.ru/medwork_cloud)
6. 1С:Медицина. Поликлиника [Электронный ресурс] <https://solutions.1c.ru/catalog/clinic/features>

## **ВЫБОР ПРОТОТИПА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ**

Рахматулина Р.Р.<sup>1\*</sup>, Гольдштейн С.Л.<sup>1</sup>, Грицюк Е.М.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Многопрофильный клинический медицинский центр «Бонум», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [rakhmatulina1997@mail.ru](mailto:rakhmatulina1997@mail.ru)

## **SELECTION OF PROTOTYPE FOR INFORMATION-INTELLECTUAL SYSTEM OF RATIONALIZATION OF FOOD FOR ATHLETES**

Rakhmatulina R.R.<sup>1\*</sup>, Goldstein S.L.<sup>1</sup>, Gritsyuk E.M.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> State Autonomous Health Institution Sverdlovsk Region Multidisciplinary Clinical Medical Center “Bonum”, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Comparative analysis of existing programs for compilation and analysis of rations for athletes.

Рационализация питания спортсменов зависит от многих факторов: физических показателей, вида спорта, этапа подготовки, метаболической направленности физических нагрузок и других. Она необходима для максимального соответствия между возможным влиянием диеты на организм спортсмена и задачами, которые поставлены педагогами на данный период тренировок или соревнований [1].

Проведён сравнительный обзор компьютерных программ для создания рациона и рекомендаций по питанию [2-5] и предложен прототип для разработки информационно-интеллектуальной системы.

Анализ представлен в таблице. В качестве прототипа выбрана программа «Атлетика» [5], позволяющая получать рекомендации с учетом индивидуальных данных о генетических особенностях организма. Недостаток данной программы – отсутствие настройки на особенности здоровья детского населения и окружающих климатических условий.

#### Сравнительный анализ аналогов

Сравнительные характеристики и возможности	Оценка аналогов по источникам информации:			
	[2]	[3]	[4]	[5]
1. Расчёт нормы питания с учётом вида спорта и индивидуальных показателей	+	+	+	+
2. Подбор рациона с учётом этапа подготовки	-	-	-	+
3. Рекомендации по питьевому режиму спортсменов и применению БАД	-	-	-	+
4. Сохранение рекомендаций	+	+	+	+
5. Редактирование входных данных	+	+	-	+
6. Составление многодневного меню	+	+	+	+
7. Подбор рациона для спортсменов детского возраста	-	-	-	-

1. Гольберг Н.Д., Дондуковская Р.Р. Питание юных спортсменов, Советский спорт (2007).
2. Дербенева С.А., Богданов А.Р. Система многоуровневой диагностики и коррекции нарушений пищевого статуса пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Вопросы питания, том 78, номер 3, (2009). С 43 - 52
3. «Диетический калькулятор» [Электронный ресурс] <https://dietadiary.com/calories-calculator/>
4. Калькулятор калорий «Nutrition Analytics Lite» [Электронный ресурс] <http://homedietplus.blogspot.com/2010/08/nutrition-analytics-lite.html>
5. Гольберг Н.Д., Компьютерная программа питания спортсменов «Атлетика» [Электронный ресурс] <http://спортивная-медицина.рф/projects/06-00-practical-sports-medicine/06-01-nutrition/06-01-02-kompyuternaya-programma-atletika>

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ОДИНОЧНОЙ ЧАСТИЦЫ ТОПЛИВА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Ральников П.А.<sup>1</sup>, Свищев Д.А.<sup>2</sup>, Рыжков А.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск, Россия

\*E-mail: [ral-pavel@mail.ru](mailto:ral-pavel@mail.ru)

## NUMERICAL STUDY OF THE FLOW AROUND SINGLE FUEL PARTICLES IN EXPERIMENTAL SETUP

Ralnikov P.A.<sup>1</sup>, Svishchev D.A.<sup>2</sup>, Ryzhkov A.F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> ESI SB RAS, Irkutsk, Russia

In this paper, the numerical simulation of the experimental setup has done for the study of a single particle using the method of computational fluid dynamics CFD. A hydrodynamic calculation of the flow around a single fuel particle by cold air is performed. The results of the study at different blast rates are analyzed. Verification of the numerical model by experimental data is performed. The most optimal modes for experiments are chosen.

Данное исследование выполняется в рамках изучения закономерности конверсии индивидуальных частиц топлива в нестратифицированном обращенном процессе газификации. На данный момент экспериментальные работы по горению одиночных частиц проводятся рядом коллективов из Италии, Швеции, Британии и других стран. Данные работы обусловлены значительным интересом к технологии кислородного сжигания с рециркуляцией топочных газов (Oxy-fuel combustion), отличающейся высокой экологичностью и возможностью эффективного улавливания и захоронения углекислого газа. Проводятся исследования горения частиц коксового остатка и рабочего угля в кипящем слое, а также биомассы [1].

В данном исследовании сочетаются методы математического моделирования и натурного эксперимента. Такое сочетание широко используется при изучении процессов в энергетических установках [2].

Для натурного воспроизведения прифурменных процессов, был поставлен ряд опытов по конверсии одиночной топливной частицы. В нагретое пространство муфеля вносился держатель с частицей и обдуваемой ее холодным воздухом одиночной фурмой.

На первом этапе производилось моделирование гидродинамического обтекания одиночной частицы в муфельной печи установки при изменении скорости дутья от 20 до 120 м/с. Верификация на данном этапе производилась по скорости потока на выходе из установки.

Результаты численного моделирования показали, что при увеличении скорости дутья распределение температуры в среднем сечении становится более

равномерным. Неравномерность при низкой скорости воздуха обусловлена относительно низким газообменом в застойных зонах печи. Повышение скорости потока практически не изменяет температурное поле около частицы, при этом температура во всем объеме печи закономерно снижается. Что касается скоростного профиля вблизи частицы, то он стабилен, а его изменение при увеличении скорости близко к линейному.

Следующим шагом запланировано численное исследование конверсии одиночной частицы топлива в экспериментальной установке.

1. Chao J. et al., Fuel, 183, 351-358 (2016).
2. Baruah D., Baruah D.C., Renew. Sust. Energ. Rev., 39, 806-815 (2014).

## **ДРЕВОВИДНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ NaCl, ОБНАРУЖИВАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗОРА**

Русова Д.А.<sup>\*</sup>, Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dariusova@mail.ru](mailto:dariusova@mail.ru)

## **DENDRITES ON THE SURFACE OF NaCl WATER SOLUTION, OBSERVED WITH INFRARED CAMERA**

Rusova D.A., Martyshev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Water and NaCl water solutions are studied with an infrared camera. Dendrites on the surface of NaCl water solutions are found.

Конвекция, связанная с неоднородным нагревом жидкостей и газов, является одним из самых распространенных процессов в природе. Конвекция Рэлея-Бенара: конвекция в тонком горизонтальном слое жидкости, подогреваемом снизу, оказывается очень удобной для экспериментальных исследований [1]. Современные матричные инфракрасные камеры позволяют наиболее точно рассмотреть поверхность жидкости, движущуюся под воздействием локальных температурных градиентов [2].

В данной работе были проведены опыты по исследованию конвективных структур на поверхности воды и водных растворов NaCl с помощью тепловизора Infratec ImageIR. Для поддержания необходимой температуры в ходе выполнения эксперимента резервуар с исследуемой жидкостью помещается на подставку в бак с водой, нагретый до нужной температуры и выполняющий роль термостата. Рабочие температуры в эксперименте 35, 40, 45°C, температура окружающей

среды 24°C. Были использованы 2 ёмкости: круглая  $d=100$  мм и квадратная  $d=120$  мм, глубина слоя жидкости 5 мм и 10 мм. Эксперименты проводились на питьевой и дистиллированной воде, а также водном растворе NaCl с разными концентрациями.

Из результатов эксперимента следует, что внешний вид получающихся структур зависит от формы резервуара и глубины слоя жидкости. При нагревании питьевой и дистиллированной воды на поверхности в тепловизор видны тонкие линии, образующие фигуры неправильной формы. При добавлении соли в воду образуются специфические структуры (рис.1), которые имеют древовидную форму. Ветви этих структур имеют температуру примерно на 3 °C меньшую, чем окружающая жидкость. Такие структуры ранее в литературе не обнаруживались и, как следствие, природа их возникновения представляет интерес и требует дальнейшего изучения.

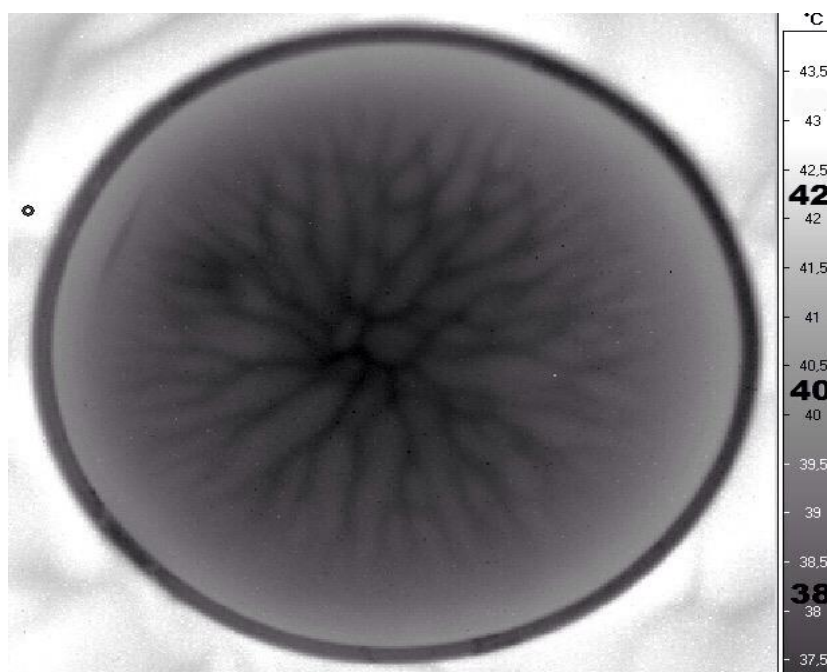


Рис.1. Древовидные структуры на поверхности насыщенного водного раствора NaCl при температуре 45 °C и высотой 10 мм в круглом резервуаре  $d=100$  мм.

1. Гетлинг А.В., УФН, 161, 3 (1991).
2. Иваницкий Г.Р., Хижняк Е.П., Деев А.А., УФН, 175, 1207 (2005).



## РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

Рычков Д.А.<sup>1\*</sup>, Соловьева С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Научно-исследовательский центр «Авантренд», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [v.rychkov.v@gmail.com](mailto:v.rychkov.v@gmail.com)

## DEVELOPMENT OF MEANS INFORMATION SUPPORT ONCOLOGICAL DIAGNOSTICS LUNGS WITH USING METHODS ROUTING.

Rychkov D.A.<sup>1\*</sup>, Solovyova C.N.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Research center «Avantrend», Yekaterinburg, Russia

Annotation. Presents a system of information support oncological diagnostics lungs with using methods routing with models for the allocation of boundaries and structure pathology.

Диагностика заболеваний легких является сложной мультидисциплинарной проблемой. Существующий золотой стандарт диагностики легочных патологий – бронхоскопия и торакоскопия имеют диагностическую результативность от 20-50%[1,2]. Это объясняется тем, что применяемые средства информационной поддержки имеют ограничения, то есть не содержат количественных и качественных критериев и инструментария, позволяющий повысить точность диагностики, что приводит к ошибкам при выборе точки для забора биоптата по КТ изображениям.

КТ снимки являются растровыми полутоновыми изображениями, имеют низкое разрешение и высокую зашумленность. Качество КТ изображений зависит от физических характеристик и особенностей строения легкого, таких как: плотность концентрации электронов на единицу массы и других свойств легочной тканей.

Для повышения диагностической результативности нами предложена система информационной поддержки онкологической диагностики легких с использованием методов маршрутизации содержащая новые критерии:

- коэффициент изменения объема, как легкого, так и его патологии;
- математическая модель выделения границ патологии;
- математическая модель структуры патологии;
- ROI - целевое место для взятия информативного для взятия материала;
- анатомическая особенность легкого.

Разработанная система представлена общей алгоритмической моделью (Рисунок 1).

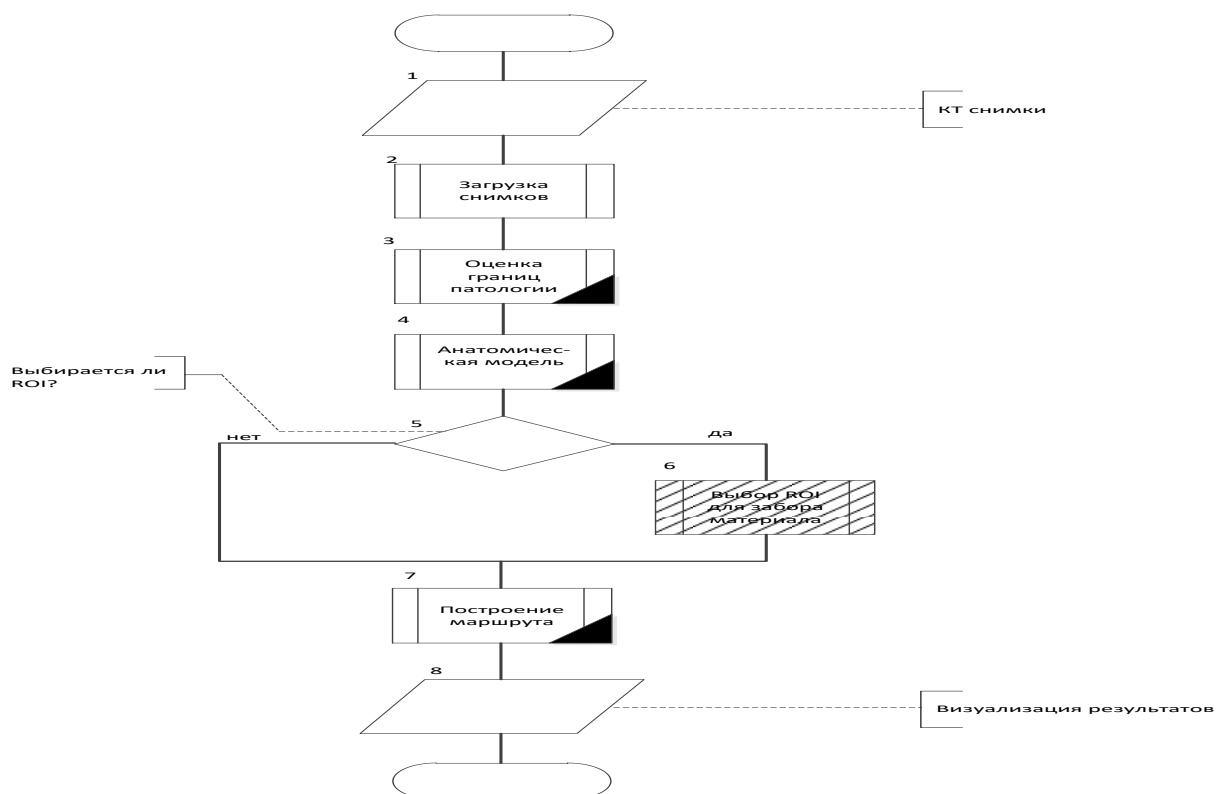


Рис. 1. Общая алгоритмическая модель разрабатываемой системы

Таким образом, представленная система информационной поддержки онкологической диагностики легких позволяет построить модель навигационной карты для проведения диагностической бронхоскопии, которая направлена на помощь врачу в навигации до ROI для взятия материала, что позволит с большей вероятностью поставить диагноз и назначить лечение.

1. Andolfi M, Potenza R, Capozzi R, et al. The role of bronchoscopy in the diagnosis of early lung cancer: a review. *Journal of Thoracic Disease*, 8, 3329-3337 (2016).
2. В. П. Филиппов, Н. В. Черниченко, Монография. Бронхоскопия при заболеваниях легких, М. Бином (2014).

## МЕТОД ФУНКЦИИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В АНАЛИЗЕ МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

Рязанова Т.В., Самарина А.С.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anastasia.sam2012@yandex.ru](mailto:anastasia.sam2012@yandex.ru)

## METHOD OF STOCHASTIC SENSITIVITY FUNCTION IN ANALYSIS OF A POPULATION DYNAMICS MODEL

Ryazanova T.V., Samarina A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper considers a population model that takes into account the intraspecific competition of prey and the nonlinearity of reproduction of predator populations. Depending on bifurcation parameters the equilibrium and oscillation regimes of the coexistence of populations are studied. The paper simulates different type of noise. Based on the stochastic sensitivity function technique the sensitivity of attractors and stochastic phenomena are studied.

В работе рассматривается популяционная модель, учитывающая стабилизирующий фактор внутривидовой конкуренции жертв и дестабилизирующий – нелинейность размножения хищников [1].

$$\begin{aligned}\dot{x} &= x - xy - ax^2, \\ \dot{y} &= -cy + \frac{xy^2}{b + y}.\end{aligned}\tag{1}$$

В зависимости от бифуркационных параметров  $a$  и  $b$  изучаются равновесные и осцилляционные режимы сосуществования популяций. Описываются наблюдаемые в системе бифуркации равновесий и циклов: седло-узловая, субкритическая и гомоклиническая.

В силу присутствия в любых живых системах случайного воздействия динамическое поведение может претерпевать критические изменения. Поэтому основное внимание в работе уделено изучению стохастической интерпретации модели (1). В работе моделируются шумы различной природы: аддитивные и параметрические. Опираясь на технику функции стохастической чувствительности [2] изучается чувствительность аттракторов к вносимым шумам и возникающие под их воздействием феномены.

1. Базыкин А.Д., Нелинейная динамика взаимодействующих популяций, Институт компьютерных исследований (2003).
2. Bashkirtseva I., Ryashko L., Front. Life Sci., 5, 141 (2011).

## АТТРАКТОРЫ МОДЕЛИ ДВУХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ВБЛИЗИ БИФУРКАЦИИ НЕЙМАРКА-САККЕРА

Сатов А.В.<sup>1\*</sup>, Рязанова Т.В.<sup>2</sup>

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [aleksandr-satov@mail.ru](mailto:aleksandr-satov@mail.ru)

## ATTRACTORS OF A MODEL OF TWO CONSUMERS NEAR THE NEIMARK-SACKER BIFURCTION

Satov A.V.<sup>1\*</sup>, Ryazanova T.V.<sup>2</sup>

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study dynamics of the stochastic consumption network nearby Neimark–Sacker bifurcation. The parametric zones of the existence of equilibria, cycles and closed invariant curves are studied. Under the influence of noise, the sensitivity of attractors and probabilistic mechanisms of transition between attractors are investigated.

В работе изучается динамика стохастической сети двух потребителей [1] в случае, когда потребление каждого индивида в большей степени зависит от прошлого опыта другого индивида ( $D_{12}$ ,  $D_{21}$ ), чем от собственного ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ):

$$x_{1t+1} = \frac{b_1}{p_x p_y} (\alpha_1 x_{1t} (b_1 - p_x x_{1t}) + D_{12} x_{2t} ((b_2 + \varepsilon \xi_{2t}) - p_x x_{2t})) + \varepsilon \xi_{1t},$$

$$x_{2t+1} = \frac{b_2}{p_x p_y} (\alpha_2 x_{2t} (b_2 - p_x x_{2t}) + D_{21} x_{1t} (b_1 - p_x x_{1t})) + \varepsilon \xi_{2t},$$

где  $x_1$  и  $x_2$  являются единицами товара  $x$ , потребляемого индивидами 1 и 2 в момент времени  $t$ ,  $b_1$  и  $b_2$  представляют доходы индивидов 1 и 2, тогда как  $p_x$  и  $p_y$  обозначают стоимость потребления товаров  $x$  и  $y$ . В модели учитываются внешнее воздействие на систему ( $\xi_{1t}$ ,  $\xi_{2t}$ ) и незнание первым индивидом дохода второго ( $\xi_{0t}$ ). Здесь  $\xi_{0t}$ ,  $\xi_{1t}$ ,  $\xi_{2t}$  - гауссовский белый шум, и  $\varepsilon$  - параметр его интенсивности.

Основное внимание исследования занимает изучение параметрической зоны вблизи бифуркации Неймарка-Саккера. В связи со сложностью даже детерминированной модели её аналитическое исследование практически невозможно, поэтому в анализе широко применяются методы компьютерного моделирования. Помимо детерминированного анализа проводится изучение стохастической системы. Используя аппарат функции стохастической чувствительности [2], исследуется чувствительность аттракторов (равновесий, циклов и замкнутых инвариантных кривых) и описываются вероятностные механизмы перехода между аттракторами под действием шума.

1. Gaertner W., Jungeilges, J., J. Econ. Behav. Org., 21, 223–231 (1993).
2. Bashkirtseva I., Ryashko L., Phys. Lett. A, 378, 3600–3606 (2014).

## СПЕКАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ $UO_2$ ОКТАЭДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПРИ КОНТАКТЕ ВДОЛЬ РЁБЕР: МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сеитов Д.Д.<sup>1\*</sup>, Некрасов К.А.<sup>1</sup>, Купряжкин А.Я.<sup>1</sup>, Гупта С.К.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Колледж Святого Ксавьера, г. Ахмедабад, Индия

\*E-mail: [seitov\\_1992@mail.ru](mailto:seitov_1992@mail.ru)

## SINTERING $UO_2$ NANOCRYSTALS OF OCTAHEDRAL SHAPE CONTACTING ALONG AN EDGE: A MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION

Seitov D.D.<sup>1\*</sup>, Nekrasov K.A.<sup>1</sup>, Kupryazhkin A.Ya.<sup>1</sup>, Gupta S.K.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> St. Xavier's College, Ahmedabad, Gujarat, India

Annotation. The process of sintering  $UO_2$  nanocrystals of the regular octahedral shape is studied. The crystals consisted of 5460 ions each and contacted along the edges. In the temperature range from 2300 K to 3000 K, two stages of the process were observed. In the beginning, the crystallites were displaced along the adjacent (111) faces. Then, the contact area increased due to the transfer of matter from the surface of the crystallites. The sintering rate depended exponentially on the inverse temperature.

В работе исследован процесс спекания нанокристаллов стехиометрического диоксида урана. Кристаллы  $UO_2$  имели энергетическую форму правильных усеченных октаэдров, при спекании контактировали вдоль рёбер.

Модельная система состояла из двух одинаковых кристаллитов  $UO_2$ , каждый из которых включал 5460 ионов (1820 молекул  $UO_2$ ). Кристаллиты подвергали предварительной релаксации методом молекулярной динамики при сравнительно низкой температуре 2100 K в течение 160 нс, для получения равновесной поверхности оптимальной формы.

Взаимодействие ионов урана и кислорода описывали эмпирическими парными потенциалами MOX-07, предложенными в работе [1]. Как было показано в предыдущих работах [2-4], эти потенциалы, восстановленные из зависимости постоянной решётки  $UO_2$  от температуры, обеспечивают возможность количественного моделирования высокотемпературных процессов переноса собственных ионов  $UO_2$  как в объёме кристалла, так и на поверхности.

Процесс спекания изучен в диапазоне температур от 2300 K до 3000 K. Наблюдались две стадии протекания процесса. На первой стадии кристаллиты смещались друг относительно друга вдоль смежных граней (111). Затем площадь контакта увеличивалась за счёт переноса вещества с поверхности кристаллитов вплоть до полного исчезновения видимой границы между ними. На этапе

поверхностного переноса вещества скорость спекания экспоненциально зависела от обратной температуры.

1. Potashnikov S.I., Boyarchenkov A.S., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya., ISJAEЕ 8, 43 (2007).
2. Boyarchenkov A.S., Potashnikov S.I., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya., J. Nucl. Mater. 421, 1 (2012).
3. Potashnikov S.I., Boyarchenkov A.S., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya., J. Nucl. Mater. 433, 215 (2013).
4. Boyarchenkov A.S., Potashnikov S.I., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya., J. Nucl. Mater. 442, 148 (2013).

## **ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ТЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB SIMULINK**

Селезнев Е.С.\*, Худяков П.Ю.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [seleznev-ekb@mail.ru](mailto:seleznev-ekb@mail.ru)

## **SOFTWARE PLATFORM FOR CALCULATING THERMAL SCHEMES OF TPP USING MATLAB SIMULINK**

Seleznev E.S.\*, Khudyakov P.Yu.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The paper discusses the main stages of modeling and calculating thermal schemes of thermal power plants in their own software product based on the mathematical package MATLAB Simulink.

Актуальной является задача автоматизации оптимизационных расчетов тепловых схем ТЭС в научных исследованиях. Основой для полного функционирования создаваемого расчетного программного продукта является собственная программа Water-Steam Calculator (WSC) [1] с внутренней библиотекой функций на основе формуляции IAPWS-IF97 [2], которые позволяют вычислять параметры воды и водяного пара.

Основная концепция работы продукта делится на несколько этапов. На первом этапе пользователь в среде MATLAB Simulink производит разработку и построение моделируемой тепловой схемы в виде функциональных блоков и начальных условий. Начальным условием, например, может быть указан процент от общего расхода пара, направляемого в данный отбор турбины. В это же время, начальные параметры пара не указываются, и не инициализируется библиотека свойств воды и водяного пара WSC.

Для использования данной системы на доступном и понятном уровне для специалистов различной квалификации возникает необходимость создать интерфейс пользователя при помощи GUI MATLAB, в котором указывается расчетная модель и выбирается один из типов задачи: прямая, обратная или оптимизационная. На этапе работы с интерфейсом вызывается процедура инициализации модели, считываются все присутствующие блоки в тепловой схеме (создается список блоков с указанием входов/выходов). После получения информации о блоках строится матрица смежности с указанием количества ребер в элементах матрицы; на базе нее создается вторая матрица смежности со списком «выход/вход». Далее, определяется список неподключенных портов; указываются входные и выходные параметры. В соответствии с матрицей смежности строится система алгебраических уравнений.

После предыдущих этапов, финальным – является запуск решения с применением методов автоматизации и генерация отчета.

Таким образом, создаваемая система должна уменьшить затрачиваемое время на расчет тепловых схем и избавить пользователя от множества рутинных операций.

1. Худяков П.Ю., Кисельников А.Ю., Селезнев Е.С., Water-Steam Calculator, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018613649; (21.03.2018).
2. Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997, The International Association for the Properties of Water and Steam (1997)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТВОДА ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЙ ШАХТЫ-ХРАНИЛИЩА ОТРАБОТАВШИХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК**

Куртеев А. В.<sup>1\*</sup>, Климова В. А.<sup>2</sup>, Севастьянов М. М.<sup>3\*</sup>, Ташлыков О. Л.<sup>4</sup>

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

\*E-mail: [Mikas45@mail.ru](mailto:Mikas45@mail.ru)

## **NUMERICAL SIMULATION OF RESIDUAL HEAT REMOVAL FROM THE SPENT FUEL ASSEMBLIES STORAGE PIT**

Kurteev A. V.<sup>1\*</sup>, Klimova V. A.<sup>2</sup>, Sevastyanov M. M.<sup>3\*</sup>, Tashlykov O. L.<sup>4</sup>

Ural Federal University, Ekaterinburg

\*E-mail: [Mikas45@mail.ru](mailto:Mikas45@mail.ru)

It is examined the problem of heat flux calculation from the heat transfer agent to the steel walls of the spent fuel assemblies storage pit and the subsequent heat transfer from the storage pit walls to the surrounding concrete walls and unbounded soil.

Целью данной работы является исследование надёжности охлаждения отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) в шахте-хранилище (ШХ) в режиме нормальной эксплуатации и в режиме полного обесточивания. Шахта-хранилище, рассмотренная в данной работе, предназначена для хранения ОТВС исследовательского реактора ИВВ-2М и снижения их радиоактивности и мощности остаточного энерговыделения. Отвод тепла от ОТВС осуществляется за счет непрерывной циркуляции теплоносителя в контуре охлаждения и теплообмена с конструктивными элементами. Бак ШХ представляет собой стальной корпус в форме параллелепипеда. Бак заглублен в бетон, снаружи которого находится грунт (рис. 1).

Проведено моделирование рассеивания теплоты в окружающую среду при нормальной эксплуатации и в режиме обесточивания с использованием ПО Solidworks. Для верификации результатов моделирования проведены расчёты

- коэффициента теплоотдачи от теплоносителя к стальной стенке бака при свободной конвекции; термического сопротивления стальных стен и дна ШХ;
- термического сопротивления бетона подземной части ШХ;
- теплотеря в днище ШХ;
- термического сопротивления бетона между стенкой и атмосферой;
- теплотеря стен бака ШХ;
- общего термического сопротивления стальных стен и бетона;

Проведена оценка вклада естественной циркуляции воды в ШХ и рассеяния теплоты в окружающую шахту-хранилище среду.



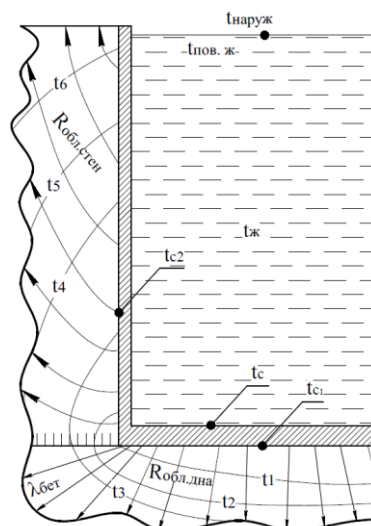


Рис. 1. Расчётная схема бака шахты-хранилища, с указанием изотермических поверхностей  $t_1$ - $t_6$ , снаружи которого во всех направлениях залит слой бетона.

1. Литвинов Д. Н., Севастьянов М. М., Шумков Д. Е., Климова В. А., Ташлыков О. Л. Исследование эффективности отвода остаточных тепловыделений облученных топливных сборок в шахте-хранилище исследовательского реактора // Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. 2017. С.-842-845.
2. Пехович А. И. Жидких В. М. Расчеты теплового режима твердых тел. Изд. 2-е, перераб. И доп. Л., Энергия, 1976.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

Шаяпин Е.В.<sup>\*</sup>, Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [shayapin@mail.ru](mailto:shayapin@mail.ru)

## AN INFORMATIONAL ENTROPY AND DYNAMIC LAWS OF THE SURROUNDING WORLD

Shaiapin E.V.<sup>\*</sup>, Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. An entropic measure of time with a number of properties is considered. Using the introduced measure and a simple model, a kinematic law relating the size, time, and number of particles of a system is obtained. An interesting corollary is the emergence of repulsive and attractive forces inversely proportional to the square of the system size for relatively dense systems and constant for sufficiently rarefied systems.

Строгое и непротиворечивое введение понятия времени в естественных науках и, в частности в физике, важнейшая и до конца не решенная задача [1]. В работе [2] (развивающей идеи работ [3,4]) была введена мера времени, связанная с понятием информационной энтропии. Важнейшими свойствами данной меры является ее универсальность (как для естественных, так и для гуманитарных наук) и конструктивность (т.е. она позволяет, при необходимости, дедуктивно получать динамические законы окружающего мира).

Примем согласно [2], что время  $\tau$  с точностью до размерного множителя равно логарифму числа возможных микросостояний для некоторого состояния (макросостояния) в некоторый момент наблюдения (или энтропия  $S$ ), т.е.  $\tau \propto S = \ln W$ . Относительно времени принимаем два постулата [2]: время существует (определено) лишь для изменяющейся системы наблюдатель-наблюдаемое; эта величина в системе может лишь увеличиваться. При этом возможные изменения в системе, приводящие к уменьшению или постоянству  $W$  исключаются.

Рассматривается модель, в которой существуют два типа тождественных частиц  $B$  и  $F$ , число которых равно, соответственно,  $\alpha N$  и  $(1-\alpha)N$ , где  $N$  - общее число частиц в системе, а  $\alpha$  - доля частиц  $B$ ,  $\alpha \in [0;1]$ . Доступное пространство представляется разделенным на  $G$  тождественных ячеек. Число ячеек  $G$  будет служить размером рассматриваемой системы.

Считаем, что распределение частиц  $B$  и  $F$  в ячейках независимо друг от друга, при этом в одной ячейки пространства может находиться любое число частиц  $B$  и не более одной частицы  $F$ .

Под числом микросостояний понимаем число размещений  $N$  частиц по  $G$  ячейкам. Под определенным макросостоянием понимаем систему с определенным числом  $G$ ,  $\alpha$  и  $N$ .

В модели принимаются допущения - доля частиц  $\alpha$  устанавливается в системе такой, чтобы удельная энтропия системы была максимальной.

Исходя из допущений, получается следующее соотношение (закон), который связывает между собой все параметры модели:

$$\tau = \left( \frac{G}{N} - \frac{1}{2} \right) \ln \left( N - G + \sqrt{N^2 + G^2} \right) - \left( \frac{G}{N} + \frac{1}{2} \right) \ln \left( N + G - \sqrt{N^2 + G^2} \right) + \frac{1}{2} \ln \left( N + G + \sqrt{N^2 + G^2} \right) + \frac{1}{2} \ln \left( G - N + \sqrt{N^2 + G^2} \right) \quad (1)$$

При рассмотрении данной модели получается достаточно содержательная механическая теория, с рядом интересных результатов и следствий:

1. Ускоренное увеличение размера системы с неизменным числом частиц, а также уменьшение числа частиц, если изменением объема системы можно пренебречь.

2. При введении энергии в классическом виде:  $E \propto v^2$ , получается, что энергия системы имеет минимум со временем: в плотном состоянии она уменьшается, а при дальнейшей эволюции и переходе в разреженное состояние, энергия начинает увеличиваться по экспоненциальному закону.

3. В данной системе возникают силы отталкивания и притяжения, которые для относительно плотных систем пропорциональны квадрату размера системы, а для достаточно разреженных имеют постоянное значения.

1. Whitrow G.J., *The Natural Philosophy of Time*, Oxford University Press (1980).
2. Martyushev, L.M. On Interrelation of Time and Entropy. *Entropy* **2017**, 19, 345.
3. Martyushev, L.M.; Terentiev, P.S. A universal model of ontogenetic growth. *Sci. Nat.* **2015**, 102.
4. Martyushev, L.M.; Shaiapin, E.V. Entropic measure of time, and gas expansion in vacuum. *Entropy* **2016**, 18, 233.

## МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДВИЖЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТОВ QS WUR BRICS НА ПРИМЕРЕ УРФУ

Шевелина Е.П.\*, Рогович В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kshevelina@gmail.com](mailto:kshevelina@gmail.com)

## MODELS FOR PREDICTION OF PROMOTION OF UNIVERSITIES IN QS WUR BRICS ON THE EXAMPLE OF URFU

Shevelina E.P.\*, Rogovich V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The aim of the research is to investigate the QS World University Rankings BRICS. The position of university in the ranking could be predicted by statistical models. Further researches can be obtained after development of dynamical models.

Участие УрФУ в программе 5-100 актуализирует проблему продвижения университетов в мировых рейтингах. Одним из рейтингов, который формирует QS является QS World University Rankings BRICS, где представлены университеты Бразилии, России, Индии, Китая и Южной Африки. Всего в рейтинге представлено 400 университетов.

В рейтинге QS World University Rankings BRICS оценка происходит по следующим индикаторам: мнение экспертов (30%), мнение работодателей (20%), отношение студентов к штату преподавателей (20%), доля преподавателей с докторской степенью (10%), количество публикаций (10%), индекс цитирования (5%), доля иностранных преподавателей (2,5%) и доля иностранных студентов (2,5%).

В рейтинге 2019 года УрФУ поднялся на рекордное 58 место. Динамика развития УрФУ представлена в таблице. Статистический анализ университетов с 1 по 200 позицию показывает, что график QS WUR BRICS хорошо описывается полиномом 4-го порядка:

$$y = 4,27E^{-5}x^4 - 0,012x^3 + 1,2x^2 - 56,14x + 1082,69 \quad (1)$$

Благодаря статистическому анализу индикаторов, представленных выше, можно сделать вывод о том, что для продвижения в рейтинге УрФУ необходимо сосредоточиться на увеличении значения «мнение экспертов», а не на менее весомых индикаторах как «иностраннe студенты» и «иностраннe преподаватели».

Для более точных результатов прогнозирования продвижения УрФУ в QS WUR BRICS по мимо статистического анализа необходимо проведение динамического анализа.

## Динамика развития УрФУ

Показатели	2017	2018	2019
Итоговая позиция	78	63	58
Итоговые баллы	51,8	53,6	60,4
Мнение экспертов	58,2	53,8	61,9
Мнение работодателей	-	51,9	67,4
Соотношение студентов к штату преподавателей	75,6	93,2	98
Доля преподавателей с докторской степенью	-	-	22,7
Количество публикаций	-	-	12,6
Индекс цитирования	-	-	9,6
Доля иностранных преподавателей	59,2	59,4	72,2
Доля иностранных студентов	41,4	75	88,8

### ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ТОПЛИВНЫХ СБОРОК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА В ШАХТЕ-ХРАНИЛИЩЕ

Шумков Д.Е.\*, Ташлыков О.Л., Мингалимов С.С., Климова В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [shumkov\\_dmitriy@mail.ru](mailto:shumkov_dmitriy@mail.ru)

### RELIABILITY ASSESSMENT OF THE IRRADIATED FUEL ASSEMBLIES COOLING IN THE STORAGE PIT OF A RESEARCH NUCLEAR REACTOR

Shumkov D.E.\*, Tashlykov O.L., Mingalimov S.S., Klimova V.A.

UralFederalUniversity, Yekaterinburg, Russia

Annotation. It was made the reliability assessment of the residual heat removing from the irradiated fuel assemblies in the storage pit of IVV-2M research nuclear plant.

После аварии на АЭС Фукусима-1 во всех странах, развивающих атомную энергетику, были разработаны дополнительные мероприятия для предотвращения разгерметизации облученных тепловыделяющих сборок (ОТВС) в бассейнах выдержки в результате нарушения режима их охлаждения.

Расчетно-экспериментальные исследования остаточных энерговыделений ОТВС исследовательской ядерной установки (ИЯУ) ИВВ-2М в шахте-хранилище (бассейне выдержки) проведены с целью анализа эффективности штатной системы очистки и охлаждения теплоносителя при различных нагрузках ОТВС, в том числе в режиме полного обесточивания, и оценки потенциальной возможности внедрения системы пассивного отвода тепла в шахту-хранилище [1].

При расчете индивидуального энерговыделения ОТВС в качестве исходных данных используются: даты загрузки и выгрузки ТВС, выгорание топлива, время

выдержки после прекращения цепной реакции деления, энерговыработка, время работы ТВС в активной зоне, массы делящихся изотопов. На основании этих данных определялись энерговыделение ТВС в баке реактора после останова и в шахте-хранилище.

В 2017 году ИЯУ ИВВ-2М была остановлена для проведения модернизации. В течение четырех суток ОТВС находились в баке остановленного реактора. Затем ОТВС перегрузили в шахту-хранилище, где они находились в течение шести месяцев. За этот период энерговыделение ОТВС снизилось в 28 раз. Во время выдержки были проведены экспериментальные исследования температурных режимов теплоносителя в шахте-хранилище.

Для оценки надежности охлаждения ОТВС в режиме обесточивания построена трёхмерная модель шахты-хранилища и проведено моделирование теплогидравлических процессов в режиме естественной циркуляции в программном комплексе автоматизированного проектирования SolidWorks и в его прикладном модуле FlowSimulation [2], [3].

1. Шумков Д.Е., Климова В.А., Ташлыков О.Л., Селезнев Е.Н. Повышение надежности охлаждения облученных топливных сборок ИЯР ИВВ-2М в шахте-хранилище // Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017. Тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции (Секции 3, 4, 5) Екатеринбург: УрФУ, 2017. С.122-123
2. Литвинов Д.Н., Севастьянов М.М., Шумков Д.Е., Ташлыков О.Л., Климова В.А. Исследование надёжности теплоотвода при естественной и принудительной циркуляции в шахте-хранилище исследовательского ядерного реактора ИВВ-2М // V Международная молодежная научная конференция, (Секция 5): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2018. Тезисы докладов. Екатеринбург: УрФУ, 2018. С. 15-16
3. Литвинов Д. Н., Севастьянов М. М., Шумков Д. Е., Климова В. А., Ташлыков О. Л. Исследование эффективности отводы остаточных тепловыделений облученных топливных сборок в шахте-хранилище исследовательского реактора // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Международной научно-практической конференции. Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 842-845

## КОНВЕРТАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ BARCLAY В ФОРМАТ, ПРИГОДНЫЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВАХ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА

Лимановская О.В.<sup>1\*</sup>, Смирнов М.Н.<sup>2</sup>, Старцев В.С.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия,

<sup>2)</sup> Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [o.v.limanovskaia@urfu.ru](mailto:o.v.limanovskaia@urfu.ru)

## CONVERTATION OF BARCLAY DATABASE IN FORMAT SUITABLE FOR USE IN MODERN COMPUTER ANALYSIS MEANS

Limanovskaya O.V.<sup>1</sup>, Smirnov M.N.<sup>2</sup>, Startsev V.S.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Institute of Fundamental Education, Department of Intelligent Information Technologies

<sup>2)</sup> Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) FSBEI of HE "Siberian State University of Telecommunications and Informatics"

Annotation. The purpose of this work is to analyze the data structure of old medical patient records database and convert it into a more modern relation database format, which later will allow it to be used with computer data analysis tools and detect correlations.

УРНИИФ использует электронную базу данных, созданную в 2004 году и содержащую данные всех когда-либо поступавших на лечение в ПТД пациентов. Хранение, редактирование и доступ к данным пациентов осуществляются при помощи СУБД Barclay 8.4 (другое название – Стационар 3.0). Данная система представляет собой совокупность консольных приложений реализующих основные функции работы с данными и их визуализацию. Формат DBF 3, используемый данной системой для хранения данных, хоть и признан устаревшим, до сих пор широко используется в различных учреждениях.

В виду некоторых особенностей реализации данной СУБД, помимо прочего, не рассчитанной на дальнейшую автоматизированную обработку данных сторонним программным обеспечением, и хранящую часть данных в строковой форме, имеющиеся данные в их исходном виде не пригодны для современных средств и методов анализа данных, поэтому необходима конвертация их в новый формат.

В результате анализа СУБД были выявлены такие проблемы как:

- поля таблиц базы данных в файлах представлены в виде цифробуквенных сочетаний интерпретируемых внутри СУБД;
- связи таблиц скрыты в приложении.

В данной работе произведена разработка алгоритма переноса данных и конвертация обезличенной базы данных пациентов в формат, пригодный для

использования современными средствами компьютерного анализа с максимально полным сохранением данных и связей между ними, насколько это представляется возможным. В дальнейшем это позволит применение средств компьютерного анализа для возможности поиска необходимых зависимостей и оценки методов лечения.

Для переноса данных был использован язык Python и библиотека dbf. Данные были выгружены из файлов и перенесены в соответствующие таблицы СУБД SQLite посредством библиотеки sqlite3 и DB-API 2.0 interface for SQLite databases.

## **ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРОТОКЛЕТОК И ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ В БИОМЕМБРАНАХ**

Сутормина М.И.<sup>\*</sup>, Мелких А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maria.sutormina@urfu.ru](mailto:maria.sutormina@urfu.ru)

## **HYPOTHESES OF PROTOCELLS ORIGIN AND TRANSPORT OF SUBSTANCES IN BIOMEMBRANES**

Sutormina M.I.<sup>\*</sup>, Melkikh A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The hypotheses of the origin of the protocell are analyzed on the basis of models of active ion transport. It was concluded that the protocell could have no resting potential (except for the Donnan potential) and not transport most of the ions (except sodium and protons) actively.

В настоящее время считается, что на ранних стадиях эволюции важную роль играли репликаторы, т.е. простейшие системы, способные за счет внешних источников энергии производить свои копии. Однако механизм перехода от репликаторов к более сложным системам – протоциткам не является очевидным. Для того чтобы репликатор стал протоциткой, необходимо его кардинальное преобразование. В частности, требуются системы управления делением и транспортом веществ через мембрану такой протоцитки.

Первая гипотеза (см., например, [1]) связывает возникновение протоциток с гидротермальными источниками на дне океана. По мнению авторов, минеральные мембраны, формирующие поры внутри породы, выстилающей выход источника, отделяют щелочную воду от более кислой океанской воды. Согласно второй гипотезе протоцитки возникли в гидротермальных полях на поверхности Земли (см., например, [2]). При этом могли образоваться временные водоемы с высокой температурой. В сухие периоды полимеры могли концентрироваться в компартаментах из жирных кислот – прототипах клеток. В этом случае ионный состав протоцитки мог практически совпадать с ионным составом окружающей ее среды. Этот вопрос по отношению к системе транспорта веществ через мембрану



клетки является принципиальным, поскольку поддержание разности концентраций ионов по обе стороны биомембраны требует затрат энергии.

На основе моделей транспорта ионов в биомембранах различных клеток, построенных ранее (см., например, [3]) показано, что вторая гипотеза возникновения протоклеток является предпочтительной. С помощью модели транспорта ионов найдены внутренние концентрации ионов в протоклетке и потенциал покоя на ее мембране. Сделано предположение о том, что протоклетка могла не иметь потенциала покоя (кроме потенциала Доннана) и не транспортировать большинство ионов (кроме натрия и протонов) активно.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-51-05007 Арм\_а.*

1. Russell, M.J., Daniel, R.M., Hall, A.J., Sherringham, J.A., J.Mol. Evol. 39, 231-243 (1994).
2. Djokic, T., Van Kranendonk, M.J., Campbell, K.A., Walter, M.R., Ward, C.R., Nat. Commun. 8, 15263 (2017).
3. Melkikh, A.V., Sutormina, M.I., Developing Synthetic Transport Systems. Springer Netherlands (2013).

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОЦЕНКУ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Терентьев Д.А.<sup>1\*</sup>, Никитенко Е.И.<sup>1</sup>, Пышкина М.Д.<sup>2</sup>, Екидин А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [terentevdaniel@gmail.com](mailto:terentevdaniel@gmail.com)

## **INFLUENCE OF THE PERIOD OF METEOROLOGICAL OBSERVATIONS ON THE ASSESSMENT OF EFFECTIVE DOSE OF POPULATION EXPOSURE FROM EMISSIONS OF THE ATOMIC INDUSTRY ENTERPRISE**

Terentjev D.A.<sup>1\*</sup>, Nikitenko E.I.<sup>1</sup>, Pyshkina M.D.<sup>2</sup>, Ekinin A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The influence of the period of meteorological observations on the assessment of effective dose of population exposure from emissions of the atomic industry enterprise was studied. Meteorological observations during periods of 1, 3, 5, 7 and 10 years of were used to calculate effective dose. The contribution of each year season in effective dose was obtained.

Использование компьютерных программных средств позволило упростить и стандартизировать моделирование распространения в атмосфере выбросов радиоактивных веществ от предприятий атомной промышленности. На данный момент для данных работ используются программные продукты, такие как CAP-88 v3, которые используются для прогнозирования и оценки рисков выбросов радиоактивных веществ предприятий атомной промышленности. Одним из наиболее важных факторов, влияющих на правильность построения модели, является выбор периода метеонаблюдений за атмосферными явлениями.

В данной работе было проведено сравнение влияния различных периодов метеорологических наблюдений за атмосферными явлениями при построении компьютерной модели рассеяния радиоактивных веществ в атмосфере для программного продукта CAP-88 v3. Расчет производился для различных периодов метеорологических наблюдений за атмосферными явлениями: 1, 3, 5, 7 и 10 лет наблюдений соответственно. Оценен вклад времени года на прогнозирование и оценку рисков от выбросов радиоактивных веществ предприятий атомной промышленности.

Полученные результаты позволили определить критическую точку для оценки эффективной дозы на персонал и населения от выбросов радиоактивных веществ предприятий атомной промышленности. Проведен сравнительный анализ результатов расчета ожидаемой эффективной дозы в критических точках для различных периодов метеорологических наблюдений за атмосферными явлениями.

*Работа выполнена при поддержке Уральского отделения Российской академии наук, проект 18-11-2-2.*

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДБОР ГИПЕРПАРАМЕТРОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ МЕТОДОМ КРИГИНГА

Тя-Шен-Тин Е. Н.<sup>1\*</sup>, Разумов А. А.<sup>1,2</sup>, Ушенин К. С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, РФ

<sup>2</sup>)Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tyashentin@yandex.ru](mailto:tyashentin@yandex.ru)

## FITTING OF DEEP NEURAL NETWORK HYPERPARAMETERS BY KRIGING

Tya-Shen-Tin Y.N.<sup>1\*</sup>, Razumov A.A.<sup>1,2</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>)Institute of Immunology and Physiology of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A choice of optimal hyperparameters requires during a deep neural network training for reaching of the loss function minimum value on a test or validation dataset. However, it is possible to automate this process by algorithms minimizing the value of a loss function. In this paper we perform searching of hyperparameters for deep neural networks using kriging, that is a regression based on Gaussian processes.

При обучении глубоких нейронных сетей необходимо подобрать оптимальные значения гиперпараметров. Как правило, данная задача решается экспертом. В данной работе процесс поиска оптимальных параметров автоматизирован при помощи алгоритма минимизации функции - кригинга (регрессии на основе гауссовских процессов) [1].

Метод кригинга осуществляет приближение минимизируемой функции и обеспечивает нахождение приближенного глобального минимума за меньшее число вызовов функции, в сравнении с альтернативными классами методов глобальной оптимизации с ограничениями.

Оптимизация таких гиперпараметров как количество нейронов и размер мини-выборки выполнялось для нейронных сетей типа “многослойный персептрон” и “сверточная нейронная сеть”, решающих задачу распознавания рукописных цифр из базы данных MNIST[2]. Аппроксимированное минимальное значение функции потерь было найдено за 20 вызовов функции.

1. Forrester A., Sobester A., Keane A. Engineering design via surrogate modelling: a practical guide. – John Wiley & Sons, 2008.
2. LeCun Y. The MNIST database of handwritten digits / <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> – 1998.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА НА ДИФФУЗИОННУЮ ПОЛЯРИЗАЦИЮ КАТОДА В РАФИНЕРЕ КОАКСИАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ

Вахитов А.И. \*, Смирнов Г.Б., Фокин А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anton-vakhitov@yandex.ru](mailto:anton-vakhitov@yandex.ru)

## LIMITING CURRENT DENSITY INFLUENCE ON THE DIFFUSION POLARIZATION OF THE CATHODE WHEN SIMULATING THE REFINER OF COAXIAL SYMMETRY

Vahitov A.I., Smirnov G.B. Fokin A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The authors represent results of research of diffusion polarization influence on cathode sediment growth on the example of metal refining process in coaxial symmetry electrolyzer.

В ранее разработанном алгоритме моделирования роста катодного осадка в электролизере коаксиальной симметрии не было учтено возможное влияние диффузионной поляризации на процесс осаждения металла.

Пределная плотность тока является важным параметром в электродной реакции, которая контролируется диффузией вступающих в реакцию элементов. Поэтому для точного учета влияния диффузионной поляризации при росте катодного осадка использовался именно этот параметр. Было введено ограничение плотности тока через ячейку предельной плотностью тока. В результате получим систему с двумя граничными состояниями: без учета поляризации (плотность тока через ячейку не ограничивается), с учетом поляризации (плотность тока ограничивается). Для учета процессов, которые происходят сверх предельной плотности был введен коэффициент захвата осадкам вторичного металла. Результирующая формула плотности тока будет выглядеть следующим образом:

$$i = i_p + k * (i - i_p)$$

На основе предложенного алгоритма учета диффузионной поляризации был проведен ряд экспериментов. В таблице можно увидеть результат работы программы при разных коэффициентах захвата.

Результаты эксперимента

	<b>k=0</b>	<b>k=0,2</b>	<b>k=0,4</b>	<b>k=0,6</b>	<b>k=0,8</b>	<b>k=1</b>
P[г/ч]	194	192	190	187	184	179
$\eta$	0,99	0,991	0,993	0,995	0,997	1
m[г]	401	385	363	343	321	289

Результаты экспериментов показывают улучшение исходных алгоритмов и приближение модели к реальной системе.

1. Г.Б. Смирнов, А.А. Фокин, С.Э. Маркина, А.И. Вахитов., Расплавы, 5, 78-83 (2014)

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОПЕРАТОРА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Васютин Н. А.\*, Литовченко В. Ю., Ташлыков О. Л.

Уральский Федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vasutinwasdek@gmail.com](mailto:vasutinwasdek@gmail.com)

## DEVELOPING OF SUPPORTING PROGRAM FOR OPERATOR OF EXPERIMENTAL NUCLEAR REACTOR

Vasyutin N. A., Litovchenko V. U., Tashlykov O. L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The report describes a program that simplifies the data preparation for the calculation program of the IVK, which allows the calculation of the ИВВ-2М research reactor campaign. The program is implemented using Qt framework and has graphic user interface. The report presents some features of the program.

Многоцелевой исследовательский ядерный реактор ИВВ-2М предназначен для решения широкого спектра задач в областях ядерной физики, технологии, физики твердого тела, радиационной химии, биологии, подготовки специалистов [1].

Компоновка активной зоны реактора позволяет создавать высокие потоки нейтронов для облучения различных устройств и экспериментальных образцов. Однако, оператор блочного щита управления не имеет данных по энерговыделению отдельных топливных сборок, а также о потоке нейтронов через заданные ячейки реактора.

Проблему можно частично решить с помощью имеющейся расчетной программы ИВК, разработанной 1990-е годы, позволяющей производить оценочный расчет энерговыделения для отдельных сборок. Однако, подготовка данных для расчета неудобна и может занимать продолжительное время.

Таким образом, поставлена задача реализовать управляющую программу для расчетной программы ИВК, которая позволит ускорить подготовку данных.

Для реализации управляющей программы был выбран фреймворк Qt. Он позволяет разрабатывать приложения с графическим интерфейсом, а также пользоваться возможностями объектно-ориентированного программирования [2].

Разработан алгоритм программы, позволяющей оператору вносить данные для начала новой кампании. Программа имеет графический пользовательский интерфейс. Она позволяет в удобной форме (в виде таблиц) вводить данные о состоянии реактора [3].

Таким образом, учитывая сформулированные требования, была разработана программа, позволяющая более простым образом подготавливать данные для расчета. Функционал данной программы в будущем будет расширен для соответствия поставленным требованиям. Планируется внедрение программы на пульт оператора в качестве сопроводительной.

1. Русских И. М., Атомная энергия, т. 121, вып. 4, с. 183 – 187 (2016)
2. Шлее М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++. – СПб.: БВХ-Петербург (2015)
3. Васютин Н. А., Литовченко В. Ю., Ташлыков О. Л. Разработка программы сопровождения оператора БЦУ исследовательского реактора // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых,. Екатеринбург : УрФУ, (2018). с. 795-798

## ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОЛЛЕКТИВА РОБОТОВ

Ворманов И.А.\*, Банников И.К., Евсегнеев О.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [via96rus@gmail.com](mailto:via96rus@gmail.com)

## APPROACHES TO TEACHING A DISTRIBUTED ROBOT COLLECTIVE

Vormanov I.A.\*, Bannikov I.K., Evsegneeov O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The scope of distributed intelligence is currently very large. The basis of the effective functioning of this intellect is the process of its learning. To improve the quality of education, it is composed of two parts: the training of each individual individually and the training of the team as a whole.

Область применения распределенного интеллекта в настоящее время очень велика. Основу эффективного функционирования данного интеллекта составляет процесс его обучения. Для повышения качества обучения оно состоит из двух частей: обучение каждого индивида в отдельности и обучения коллектива в целом[1].

Для модификации поведения особи коллектива предлагается использовать следующий набор модификаторов:

- инициативность - показатель состоятельности оценки найденного направления в качестве направления развития коллектива;
- эффективность принятия решения - показатель качества принятия решений, основанный на объеме наработанных шаблонов поведения, а также их комбинаций;

Модификация взаимодействия особей коллектива влияет на следующие параметры:

- коэффициент лидерства - показатель влияния особи на принятие решения другими индивидами коллектива;
- коэффициент допустимой нагрузки - оценка возможности распределения вычислительной нагрузки между особями коллектива;
- оценка возможности оказания помощи другой особи коллектива в принятии решения для повышения его эффективности.

Серьезной проблемой в функционировании распределенного интеллекта является эффективное разбиение поставленной задачи на подзадачи и распределение их между особями коллектива[2].

Данный подход позволяет частично устранить данный недостаток, путем расширения набора варьируемых параметров, что позволяет достичь лучшего согласования особей коллектива между собой.

1. Ворманов И.А., Банников И.К., Евсегнеев О.А., Пепелев А.М. Обучение распределенного коллектива роботов // V Международная молодежная научная конференция, посвященная памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортова Физика. Технологии. Инновации. с.50 (2018)
2. Карпов В. Э. Коллективное поведение роботов. Желаемое и действительное // Современная мехатроника. Сб. научн. Трудов Всероссийской научной школы, Орехово-Зуево (2011)

## **РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ МЕНЕДЖЕРА ЗАДАЧ С ПРИОРИТЕТАМИ В C++**

Язев М.К.\*, Кузнецов М.А., Неудачин И.Г.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maksyazev@mail.ru](mailto:maksyazev@mail.ru)

## **THE DEVELOPMENT OF THE TASK MANAGER MODEL WITH PRIORITIES IN C++**

Yazev M.K.\*, Kuznetsov M.A., Neudachin I.G.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

At the moment, the C++ programming language is rather poorly optimized approach to task management, and there is no task Manager. We create a new task Manager model with priorities based on the existing "futures and promises" approach. The C++ standard already has some basic task management tools, such as: `std::future`, `std::promise`, `std::packaged_task`, `std::async`. The `std::priority_queue` class is a priority queue base that should be improved.

В данный момент в языке программирования C++ достаточно слабо оптимизирован подход к управлению задачами, а также нет менеджера задач. Предполагается создать новую модель менеджера задач с приоритетами на основе существующего подхода "futures and promises". В стандарте C++[2] уже существуют некоторые базовые части в классах `std::future`, `std::promise`, `std::packaged_task`, `std::async` – по управлению задачами, `std::priority_queue` – по очередям с приоритетами, которые станут базой для дальнейшего улучшения.

В новой библиотеке модернизируется концепция "futures and promises"[1] к многофункциональности задач, возможности их одновременного выполнения, качественного распределения машинных ресурсов на самые приоритетные задачи в каждый момент времени, решается проблема автоматического запуска задач в многопоточной среде.

Для разработки данной библиотеки на языке C++ за основу взят фреймворк Qt, совмещающий множество необходимых современных разработок, в частности механизм сигналов и слотов для кооперации управления задачами в реальном времени.



Преимущества данной библиотеки:

- создание полноценного самоуправляющегося менеджера по управлению задачами;
- отслеживание приоритета задач в реальном времени;
- автоматическое размещение задач в нужной очереди;
- переопределение нужных задач по итогу других задач или действий пользователя;
- уменьшается сложность операции вставки в очередь с приоритетами за счет ограниченного числа возможных приоритетов.

1. Philipp Haller, Aleksandar Prokopec, Heather Miller, Viktor Klang, Roland Kuhn, and Vojin Jovanovic, SIP-14 - Futures and Promises (2014).
2. C++ International Standard – open-std, <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/docs/papers/2013/n3690.pdf>

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТРОЛИРУЮЩЕГО ПАРАМЕТРА ПРИ ТРАНСПОРТЕ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ КЛЕТОЧНУЮ МЕМБРАНУ НА РАННИХ ЭТАПАХ ЭВОЛЮЦИИ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

Зафиров Е.А.<sup>\*</sup>, Мелких А.В., Сутормина М.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [e.a.zafirov@urfu.ru](mailto:e.a.zafirov@urfu.ru)

## **THE DETERMINATION OF THE CONTROLLING PARAMETER OF TRANSPORT OF SUBSTANCES THROUGH THE CELL MEMBRANE AT THE EARLY EVOLUTION STAGES BY THE METHOD OF COMPUTER CALCULATIONS**

Zafirov E.A.<sup>\*</sup>, Melkikh A.V., Sutormina M.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An algorithm for determining the dependence of control on the external concentration of ions of four types of ions (sodium, potassium, chlorine and hydrogen ions) is developed. This algorithm ensures maximum efficiency, at the same time limiting the values of internal concentrations of ions within the specified limits.

Одним из важных свойств живых систем является их эффективность и способность поддерживать постоянную внутреннюю среду (гомеостаз). Это относится и к системе транспорта веществ в простейших клетках. Вопрос о

выживании клеток на ранних стадиях эволюции в меняющихся внешних условиях еще не решен и, по-видимому, актуален для понимания эволюционных процессов.

На основании предложенной ранее [1] минимальной транспортной сети гипотетического последнего общего предка LUCA и алгоритма [2], был разработан механизм управления активностью транспортных систем в зависимости от концентраций некоторых элементов в окружающей среде. В данном случае учитывался транспорт следующих ионов, выбранных основными при построении модели [1]: натрий, калий, хлор и ионы водорода. В отличие от решенной ранее [2] задачи об управлении, для данной модели необходимо ввести два управляющих параметра, отвечающих за активность работы Н-АТФазы, пассивного потока и К-Н-обменника, изменение значений внешних концентраций остальных ионов влияет на поток протонов через значение потенциала.

Поставленная задача не решается аналитически в виду сложности учитываемых выражений, описывающих перенос ионов через мембрану.

Для решения задачи был разработан алгоритм определения зависимости управления от внешней концентрации ионов, обеспечивающий максимальную эффективность, при одновременном ограничении внутренней концентрации ионов одновременно для простейшей системы, в которой одно вещество переносится двумя активными транспортными системами. Целью расчетов является проверка возможности одновременной доступности свойств эффективности и способности поддерживать постоянную внутреннюю среду (гомеостаз) для живых систем. Это относится и к системе транспорта веществ в простейших клетках.

Результаты этого исследования важны для понимания эволюционных процессов на ранних стадиях, а также для моделирования гипотетической ячейки под названием LUCA (Last Universal Common Ancestor).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-51-05007 Арм\_а.*

1. М. И. Sutormina, А. V. Melkikh, О. I. Antropova, AIP Conf. Proceed. 1886, 020022 (2017).
2. А. V. Melkikh, М. И. Sutormina, Е. А. Zafirov, AIP Conf. Proceed. 2015, 020060 (2018).

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАКЕТАМИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИНКРЕМЕНТАЛЬНЫМ ОБНОВЛЕНИЕМ ФАЙЛОВ

Заикина А.В., Кузнецов М.А., Рогович В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

### DEVELOPMENT OF THE PACKAGE MANAGER WITH AN INCREMENTAL FILE UPDATE

Zaikina A.V., Kuznetsov M.A., Rogovich V.I.

\_Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The improvement of the package manager consists of creating a way to update software using a rolling hash-sum algorithm and an innovative update policy matrix, leading to a more efficient use of resources.

В настоящее время обновление пакетов программного обеспечения (ПО) повсеместно проводится не самым рациональным способом – путем загрузки нового пакета целиком.

Инкрементальное обновление файлов, то есть, обновление только изменившихся частей файла, позволит увеличить эффективность работы менеджера управления пакетами ПО, уменьшить затраты ресурсов на скачивание пакетов с сервера и время обновления пакетов в целом.

Авторами предложена архитектура системы обновлений, обладающая следующими возможностями:

1. инкрементальное обновление пакетов;
2. корректный перевод пакета на любую версию;
3. автоматический контроль зависимостей пакетов;
4. возможность установки нескольких версий пакета в систему пользователя;
5. запуск программы с нужными версиями зависимостей.

Инкрементального обновления файлов можно добиться путем использования алгоритма кольцевого хеша (rolling hash-sum) [1]. Алгоритм кольцевой хеш-суммы [1,2] позволяет с высокой скоростью находить отличающиеся части в двух массивах данных.

При обновлении программы требуется предусмотреть различные сценарии обновления файлов. Так, например, конфигурационные файлы нельзя просто заменить на новые, иначе пользователь при каждом обновлении будет терять все настройки. Такие файлы должны либо сохраняться неизменными, либо обновляться специальным скриптом. Кроме того, для корректной работы программы некоторые старые файлы (например, библиотеки) должны быть удалены из каталога установки.

Предлагаемый авторами алгоритм позволяет произвести обновление с учётом всех вышеперечисленных требований, выполняя загрузку только необходимых файлов.

Для перехода на новую версию предлагается создать список изменений, в котором каждый файл имеет определённую политику обновления: 1) keep (K) – оставить текущую версию файла или скачать новую, если файла не существует; 2) update (U) – полностью заменить текущий файл на новый или, используя алгоритм кольцевого хеша, обновить изменившиеся части; 3) scriptUpdate (S) – обновить текущий файл с помощью специального скрипта; 4) delete (D) – удалить текущий файл.

Для обновления пакета на несколько версий вперёд или назад предлагается использовать матрицу «сжатия» политик (сжатие политики U аналогично сжатию политики S):

Матрица «сжатия» политик обновления

		Новая версия			
		$R_2$	$S_2$	$K_2$	$D_2$
Старая версия	$R_1$	R	R	R	D
	$S_1$	R	$S_1S_2$	$S_1$	D
	$K_1$	R	$S_2$	K	D
	$D_1$	R	-	-	D

В работе приводится обоснование данного алгоритма и вывод матрицы «сжатия» политик обновления.

1. Tridgell A, Mackerras P. The rsync algorithm (1996).
2. Pawan Bhadauria, “What is a rolling hash and when is it useful?”, <https://www.quora.com/What-is-a-rolling-hash-and-when-is-it-useful>

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В РЕАКТОРЕ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Зайнуллина Э.З.\*, Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

\*E-mail: [zaynullina\\_97@bk.ru](mailto:zaynullina_97@bk.ru)

## OPTIMIZATION OF THE MECHANISM OF NUCLEAR FUEL OVERLOAD IN A REACTOR ON FAST NEUTRONS

Zaynullina E.Z.\*, Seseikin A.N., Tashlykov O.L.,

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The problem of minimizing the time of fuel reloading in a fast neutron reactor is considered. An optimal algorithm for controlling the nuclear fuel overload mechanism is proposed.

Отличительной особенностью натриевых реакторов на быстрых нейтронах (БН-600, БН-800) является то, что наведение механизма перегрузки (МП) на координаты топливной сборки, ее перемещение в реакторе осуществляется при взаимном вращении двух или трех поворотных пробок, расположенных эксцентрично [1].

Задача оптимизации последовательности операций по перестановке тепловыделяющих сборок (ТВС), стержней управления и защиты (СУЗ) при перегрузке реактора состоит в том, чтобы минимизировать время перегрузки реактора и, соответственно, сократить простой энергоблока АЭС [2].

Рассматриваемая задача оптимизации имеет две составляющие: это маршрутная задача, которая определяет очередность перестановки тепловыделяющих сборок. Эта задача рассматривалась при некоторых предположениях в [3]. Кроме того, существует задача оптимизации перемещения механизма перегрузки ядерного топлива. На реакторах БН-600 система наведения МП представляет из себя цилиндр (большая поворотная пробка), в котором имеется отверстие со смещенной осью вращения, в которое установлен второй цилиндр (центральная поворотная колонна). Наведение механизма перегрузки на тепловыделяющую сборку осуществляется с помощью вращений этих двух цилиндров. На реакторе БН-800 система перегрузки имеет три цилиндра, находящиеся один в другом и наведение механизма перегрузки осуществляется с помощью трех вращательных движений. Вращающиеся цилиндры принято называть поворотными пробками.

В работе [4] построена математическая модель механизма перегрузки, представляющая из себя уравнения Лагранжа второго рода. Для случая, когда геометрический центр малой пробки совпадает с ее центром масс, математическая модель становится линейной и для нее построен оптимальный по быстрдействию алгоритм наведения механизма перегрузки на тепловыделяющую сборку. В

данной работе рассматривается случай, когда центр масс малой пробки не совпадает с геометрическим центром и модель становится нелинейной. Для такой нелинейной модели предложен оптимальный алгоритм управления механизмом перегрузки ядерного топлива. Проведено математическое моделирование.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 17-08-01385).*

1. Бельтюков А.И., Карпенко А.И., Полуяктов С.А., Ташлыков О.Л., Титов Г.П., Тучков А.М., Щеклеин С.Е. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 /; под общ. ред. С.Е. Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013.
2. Долгий Ю.Ф., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Заяц В.А. Оптимизация процесса перегрузки реакторов на быстрых нейтронах / XV Международная конференция «Безопасность АЭС и подготовка кадров». Тезисы докладов. – Обнинск: НИЯУ МИФИ, 2018, с.126-129.
3. Коробкин В.В., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Ченцов А.Г. Методы маршрутизации и их приложения в задачах повышения безопасности и эффективности эксплуатации атомных станций. М.: Издательство “Новые технологии”. 2012. 234 с.
4. Dolgii, Y.F., Seseikin, A.N., Tashlykov, O.L., Zaynullina, E.Z. Optimal control of the fuel reload mechanism // IFAC-PapersOnLine 2018 51(32), с. 636-641

## **ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАВИГАЦИИ СПУТНИКОВ**

Жаксыгали Ф.Б.<sup>1\*</sup>, Исакова А.С.<sup>1</sup>, Бургумбаева С.К.<sup>1</sup>, Джумабаева Д.Г.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
г. Астана, Казахстан

\*E-mail: [farabi.jax@gmail.com](mailto:farabi.jax@gmail.com)

## **PROBABILISTIC MODEL OF ERROR DISTRIBUTION FOR SATELLITE NAVIGATION**

Zhaksygalii F.B.<sup>1\*</sup>, Iskakova A.S.<sup>1</sup>, Burgumbayeva S.K.<sup>1</sup>, Jumabayeva J. G.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

The use of satellite's characteristics navigation systems for military security of the country requires a reliable hardware and software complex of navigation receivers, that allows to continuously receive location data at frequent time intervals over long periods of time and requires precision that is often insufficient.

The Global Navigation Satellite System is a positioning system that accurately calculates the position of an object based on several satellites orbiting the Earth [1]. Unfortunately, the signals transmitted from satellites are very weak, and it is difficult to obtain a navigation solution in tunnels and underground passages [2].

If all elements of  $\mathbf{x}=(x_1, \dots, x_k)$  have no more than one partition, then there are maximum likelihood estimates (MLE) for distribution parameters, defined as

$$\hat{p}_{\Delta} = \frac{z_{\Delta 1}}{nk}.$$

If some element of the  $\mathbf{x}$  has more than one partition, then MLE for distribution parameters do not exist [3-5]. Thus, it has been established that for the presented model there are MLE, if all elements of observations have no more than one partition.

In other words, if any element of the  $\mathbf{x}$  of this distribution model has more than one partition, then when finding MLE, we have a number of computational problems that question the practicality of using MLE. Thus we have the probabilistic-statistical justification of a method and priorities for reducing distortion processes of satellite's information navigation system structure.

1. T Mu , Z Chen, C Zhang, R Liang, *Optics express* (24.26 2016), pp. 29691-29704.
2. An, Joonghyun, Moon Gi Seok, and Daejin Park, *IEICE Electronics Express* (13.24 2016), pp. 20160808-20160808.
3. Iskakova, A., and G. Zhaxybayeva. *Bulletin of the Karaganda University* (Mathematics Series, 1,89 2018), pp. 61-69.
4. Ayman, Iskakova. *Journal of Physics* (Conference Series. V. 38, No. 1, IOP Publishing 2016).
5. Ayman, Iskakova. *Journal of Physics* (Conference Series, V. 490, No 1, IOP Publishing 2014).

## ПРОБЛЕМА ВВЕДЕНИЯ МЕРЫ ВРЕМЕНИ В МОДЕЛИ ЭРЕНФЕСТОВ-КЛЕЙНА

Жерноклеев Г.А. \*, Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [glebster47@mail.ru](mailto:glebster47@mail.ru)

## TIME MEASURE PROBLEM IN EHRENFEST-KLEIN URN MODEL

Zhernokleev G.A. \*, Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Time measure problem in Ehrenfest-Klein urn model from the position of inner observer is considered. In terms of the only available process – particle transition, several time scales were investigated. Specific group of entropy production-like time scales was emphasized as the one that corresponds the properties of thermodynamic arrow of time.

В данной работе рассматривался круг вопросов, связанных с определением меры времени в системе, где происходит дискретный марковский процесс. В качестве такой системы была рассмотрена модель Эренфестов-Клейна, представляющая собой две равные по объему подсистемы  $A$  и  $B$ , по которым распределено число частиц  $N$  [1,2]. С точки зрения внешнего наблюдателя, в такой системе в каждый элементарный дискретный шаг (связанный с каким-либо внешним явлением) могут происходить переходы частиц между подсистемами – с вероятностью  $p$  происходит переход частицы из  $A$  в  $B$ , с вероятностью  $q$  – из  $B$  в  $A$ . Определяя различные характеристики системы, такие как средние числа частиц, переходные вероятности и энтропию, на каждом таком шаге, внешний наблюдатель может исчерпывающим образом описывать эволюцию системы к равновесному состоянию.

С другой стороны, возникает вопрос: каким способом может ввести время внутренний наблюдатель? Внутренний наблюдатель не может использовать понятия о функции распределения величины и среднем значении величины, поскольку система представляет для него единичный ансамбль. Пусть в приближении большого числа частиц ( $N \gg 1$ ,  $N_A \gg 1$ ,  $N_B \gg 1$ ) для изолированной системы ( $p = q = 1$ ) наблюдателем проводится серия из  $n$  измерений числа частиц  $\{N_A(j)\}$ , где  $j = 0 \dots n$  и  $N_A(j+1) - N_A(j) \gg 1$ . На основе этих измерений внутренний наблюдатель может составить большое количество временных градуировок, обладающих различными свойствами. Среди всех способов можно особо выделить группу шкал, в основе которых лежит вычисление величин, подобных термодинамическому производству энтропии. Примером может служить следующая шкала

$$t \equiv \left\{ (N_A(j+1) - N_A(j)) \cdot \ln \frac{N_A(j)}{N_B(j)} \right\}. \quad (1)$$



Полученные в (1) значения неотрицательны и с каждым очередным измерением  $j$  будут изменяться однонаправленно (убывать), стремясь к нулю в случае достижения равновесия в системе. Такое поведение позволит внутреннему наблюдателю создать часы близкие по свойствам к традиционным. Однако, важным отличием подобных часов, будет их неоднородность. Действительно, за единицу внутреннего времени изменение числа частиц в подсистемах будет существенно разным. Градуировки типа (1) имеют преимущество среди прочих (например, в основе которых лежит простой пересчет количества частиц  $N_A$  или его изменения  $\Delta N_A$ ) в том, что получаемое таким образом время ведет себя одинаковым образом независимо от начальных условий и параметров системы.

Дальнейшие исследования нацелены на расширение концепции на случай изолированной системы ( $p \neq q \neq 1$ ) с априорно неизвестными  $p$  и  $q$ , а также рассмотрение ряда возможных временных парадоксов.

1. Klein M., Physical Review, 103, 17 (1956).
2. Кац М., Вероятность и смежные вопросы в физике, Мир (1965).

### **О ДИАЛОГЕ В ТРАНСЛЯЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ: ЗАПРОС МЕДИЦИНЫ – ОТВЕТ ФИЗИКА**

Зимин А.О.<sup>1</sup>, Гольдштейн С.Л.<sup>1</sup>, Грицюк Е.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) ГАУЗ СО МКМЦ "Бонум", Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alexander\\_zm@mail.ru](mailto:alexander_zm@mail.ru)

### **ON THE DIALOGUE IN TRANSLATION MEDICINE: MEDICINE REQUEST – ANSWER OF THE PHYSICS**

Zimin A.O.<sup>1</sup>, Goldshtein S.L.<sup>1</sup>, Gritsyuk E.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) State autonomous Health Institution of the Sverdlovsk region "Multi-profile Clinical Medical Center "Bonum", Ekaterinburg, Russia

Presents a dialogue medic and physicist. A request from medicine and a physicist response scheme. Also presented is the work on the creation of a translator from medicine to physics.

Задача донести информацию от специалиста одной предметной области до специалиста другой сегодня весьма актуальна, прежде всего, с появлением понятия «трансляционная медицина» [1]. Ее интерес в основном направлен на лечащих специалистов. Физика, химия, биология, приборостроение и т.д. работают на диагностику и лечение. При этом очевиден недостаток внимания к организации здравоохранения.

Запросы от организаторов здравоохранения чаще всего связаны с ресурсами и результатами. Организаторы имеют дорожные карты, отражающие на что и как тратятся ресурсы, однако механизма детальной оценки ресурсной и результативной составляющих, а особенно их связей как причины и следствия, нету. Поэтому суть запроса организаторов здравоохранения: могут ли помочь естественные и технические дисциплины в методике расчетов.

Вариантов ответа по такому запросу может быть много, например, специалиста-естественника со знаниями в области потенциалов, в частности электрических, схема такого ответа:

1. Поиск синонимов из физики для медицинских, гуманитарных и общепринятых словосочетаний;
2. Чуть большая степень формализации ответа за счет графических языков, например, языков эквивалентных электрических схем [2];
3. Следующая степень формализации в методике – формулы для расчетов.

Может сложиться актуальная ситуация, когда диалог не получается и нужен переводчик. Переводчик может быть представлен естественным интеллектом, в лице специалиста на стыке медицины и физики, или искусственным. Создание такого интеллектуального транслятора – одна из актуальных задач трансляционной медицины. Она поставлена нами и сгенерированы гипотезы о путях ее разрешения [3].

В качестве прототипов были выбраны трансляторы, которые состоят из следующих систем: ввода информации, репозитория информации, анализаторов, генератора продукта, вывода информации. Системы ввода информации, репозитория информации, генератора продукта и вывода информации предложено модифицировать и добавить систему настройки на специфику.

1. Трансляционная медицина [Электронный ресурс] // [сайт] URL: [http://www.almazovcentre.ru/?page\\_id=10962](http://www.almazovcentre.ru/?page_id=10962)
2. Зимин А.О. О системно-интеграционной методологической базе определения и оценки потенциалов, релевантно-пертинентных деятельности медицинского учреждения [текст] / Зимин А.О., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М., Дугина Е.А. // Системная интеграция в здравоохранении.- 2016.-№4(30). – С. 5-21.
3. Зимин А.О. О развитии механизма трансляции текстов из медицины в физику [текст] / Зимин А.О., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М. // Системная интеграция в здравоохранении.- 2019.-№1.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ВРАЧА РЕАНИМАТОЛОГА.**

Зиновьев А.В.\*, Маркина С.Э.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zinovev1177@hotmail.com](mailto:zinovev1177@hotmail.com)

## **THE AUTOMATED WORKPLACE FOR THE INTENSIVE CARE UNIT.**

Zinovyev A.V.\*, Markina S.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Nowadays, software is used in medical institutions everywhere. Medical staff has to cope with a large flow of information and at the same time have time to treat patients. To optimize the workload of medical staff and make their work easier, you need to use special software in institutions. The task of this work is the software development for the hospital intensive care department.

В наши дни, специализированное программное обеспечение используется в медицинских учреждениях повсеместно. Врачам приходится обрабатывать всевозрастающий поток информации (ввод новых записей истории болезни, контроль результатов обследования больных, регистрация различных операций), который мешает им выполнять свою основную обязанность – лечение пациентов. Для оптимизации рабочего процесса в медицинских учреждениях используется специальное программное обеспечение, нацеленное на эффективную работу с информацией.

В реанимационное отделение поступают пациенты в самых тяжелых состояниях, которым зачастую требуется экстренное операционное вмешательство. Каждому пациенту требуется индивидуальный подбор анестезии. Для эффективной работы данного отделения необходима информационная поддержка.

Задача данной работы - разработка Программного обеспечения для реанимационного отделения в ГБУЗ СО «СОКБ № 1». Структурная модель приведена на рисунке 1. Базовой платформой приложения была выбрана платформа 1С:Предприятие. Данный выбор обусловлен возможностью последующей интеграции приложения в единую информационную систему больницы. Существующее программное обеспечение не удовлетворяет сегодняшним запросам сотрудников РАО.

Врачам реанимационного отделения часто приходится формировать статистическую отчетность, анализировать данные о пациентах. В программе присутствует возможность создания многокритериальных запросов к базе данных для создания статистической отчетности широкого профиля. Организация системы построена по принципу клиент-серверной модели. В каждом подразделении РАО установлены рабочие станции, имеющие доступ к общему серверу, на котором хранится база данных.

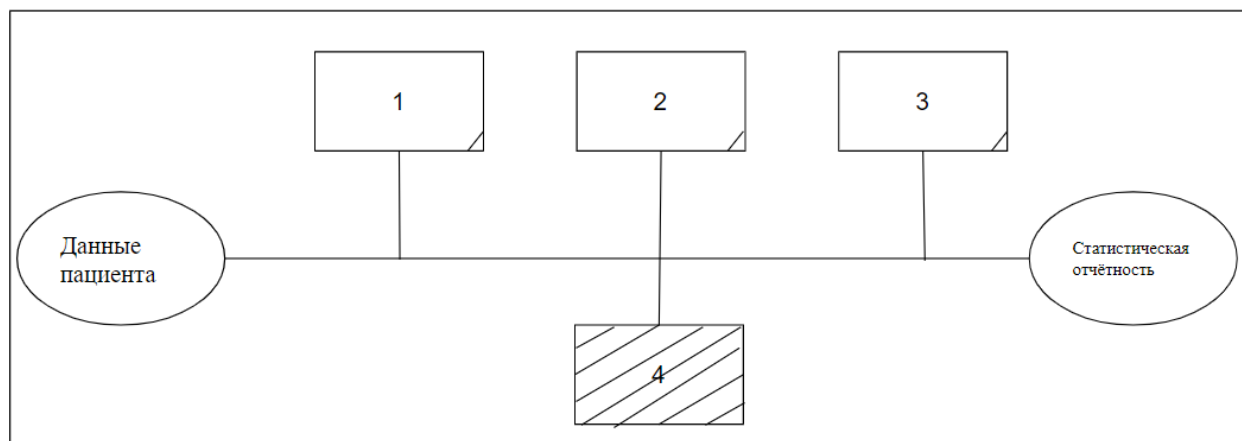


Рис. 1. Структурная модель: (1 – подсистема ввода информации, 2 – подсистема отчётности, 3 – подсистема мониторинга информации, 4 – статистический анализ данных).

Благодаря разработанному программному обеспечению нагрузка на врачей оптимизируется. Процесс оказания медицинских услуг становится более эффективным. Более того автоматизация позволит сократить количество ошибок, связанных с обработкой данных.

**СЕКЦИЯ 6**

**БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

## PEPTIDE PHOTONICS: FROM BIOINSPIRED NANODOTS TO BIOMEDICAL NANOTECHNOLOGY

Prof. Gil Rosenman

Department of Physical-Electronics, Faculty of Engineering, Tel Aviv University, Israel

Bionanophotonics is a wide field where combination of biotechnology, fundamental physics, advanced optical materials and nanotechnology result in development of new biomedical tools towards precise photomedicine.

In this work we present a novel paradigm of biomedical integrated optical systems applying new generation of bioinspired and biocompatible peptide materials, their nanotechnology and patterning. It combines developed bottom-up controlled deposition of planar peptide wafers of a large area and top-down high resolution patterning for fabrication of peptide integrated photonic nanoprobe and biochips.

We demonstrate high optical transparency, effective linear and nonlinear light waveguiding in a wide optical region covering UV-visible and near infrared spectrum. We found that these photophysical properties of nanomaterials of biological origin can be deeply modified by refolding of fundamental biological secondary structure from native  $\alpha$ -helical to  $\beta$ -sheet which is followed by appearance of visible fluorescence and transition from native passive optical waveguiding to active fluorescent waveguiding. This new effect is attributed to reconstruction of electronic energy spectrum of intermolecular hydrogen bonds of refolded  $\beta$ -sheets structures. The ability to observe and tune photonic emission wavelength over the whole visible spectrum and achieve optical confinement for efficient waveguiding leads to a new biomedical tools of micro- and nanolasers.

Found new biomedical materials with tunable multifunctional optical properties combining with original biocompatibility make these photonic nanounits attractive for applications in precision photomedicine for biomedical imaging and diagnosis, light-activated therapy, optogenetics and emerging technology of implantable biooptical chips towards health monitoring.

1. A.Handelman, N. Lapshina, B. Apter, G. Rosenman, *Adv. Mater.* 30, 1705776 (2018).
2. B. Apter, N. Lapshina, A. Handelman, B. D. Fainberg, G. Rosenman, Invited Review, *Small*, 1801147-19 (2018).
3. N. Lapshina, I. Shishkin, R. Nandi, R.E. Noskov, H. Barhom, S. Joseph, T. Ellenbogen, A. Natan, P. Ginzburg, N. Amdursky, G. Rosenman, *Adv. Opt. Mater.*, 10.1002/adom.201801400 (2018).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАСТВОРЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В ВОДЕ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Харламова А.А. \*, Копосов Г.Д.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [kharlamova.anastasya2015@yandex.ru](mailto:kharlamova.anastasya2015@yandex.ru)

## STUDY OF THE DYNAMICS OF DISSOLUTION OF PHARMACEUTICALS IN WATER BY CALORIMETRIC METHOD

Kharlamova A.A. \*, Kopusov G.D.

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

Annotation. The dissolution study of drugs. Peltier elements were used. The dependences for different types of substances were obtained.

Многие лекарственные препараты изготавливают в виде порошков, которые перед употреблением необходимо растворить в воде. В инструкции применения не указывается, как долго вещество растворяется и через сколько минут его можно принимать. А тем не менее, это важно, ведь неправильно приготовленное лекарство не несет ожидаемого лечебного эффекта.

Соблюдение времени растворения препарата в воде является основой для правильного приготовления лекарства перед употреблением. Проведем исследование калориметрическим методом на разных лекарственных препаратах с целью получить зависимости для разных типов активных веществ.

Калориметр (рис.1) представляет собой теплоизолированную камеру, в которую помещается измерительная ячейка на элементах Пельтье [1]. Анализируемое вещество засыпается в кювету. Показания термоЭДС снимаются при  $T = 20\text{C}$  с интервалом 1 минута. Измерение длится 1,5 часа.

Экспериментальные результаты представлены на рис.1. На графике наблюдается резкий скачок энергии при погружении порошка в воду. Это связано с изменением поверхностной энергии на границе вода-гранула. Затем идет процесс растворения.

Растворение характеризуется выделением энергии, которую фиксирует калориметр как  $\varepsilon$ , мВ. Тогда скорость растворения  $\frac{d\varepsilon}{dt}$ . Величина  $\varepsilon$  описывается следующим уравнением

$$\varepsilon = \varepsilon_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

где  $\varepsilon_0$  - ЭДС в начальный момент времени, мВ

$\lambda$  - коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>·К

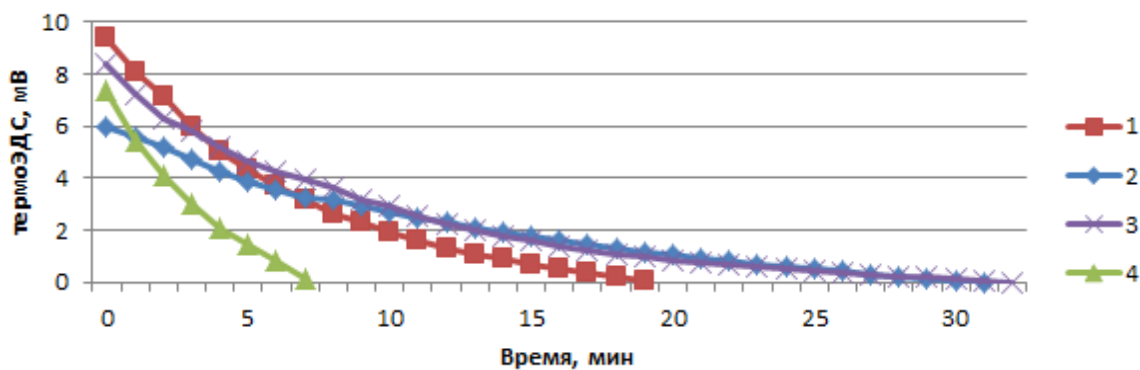


Рис. 1. Экспериментальная зависимость ЭДС от времени для различных препаратов, 1 – «Тайм-фактор», 2 – «Линекс», 3 – «Омепразол», 4 – «Нимесил»

Экспериментально установлено, что некоторым образцам необходимо до 30 мин для полного растворения, это говорит о том, что приготовление раствора с веществами, входящими в состав препарата самостоятельно невозможно. В противном случае, лекарство полного лечебного эффекта нести не будет.

На данном этапе проведена оценка выделения энергии. В дальнейшем планируется расширение выборки образцов, уточнение математической модели.

1. Волков А.С., Тягунин А.В., Копосов Г.Д. Журнал Приборы и техника эксперимента. № 5 (2017)

## ELECTROMECHANICAL COUPLING IN CARDIOMYOCYTES DEPENDS ON ITS ELECTROTONIC INTERACTION WITH FIBROBLASTS

Bazhutina A.<sup>1\*</sup>, Balakina-Vikulova N.<sup>1,2</sup>, Katsnelson L.<sup>1,2</sup>, Solovyova O.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Immunology and Physiology, Ekaterinburg, Russia

\*E-mail: [banas49@mail.ru](mailto:banas49@mail.ru)

Cardiac fibroblasts can influence cardiomyocyte electrical activity. Existing mathematical models of fibroblast-cardiomyocyte interaction allow analyzing only electrical responses of effect cardiomyocytes and fibroblasts to their electrical interaction. In our work, we examined fibroblast on the cardiomyocyte mechanics by modelling. We got significant changes in both action potential duration and force generation in the cardiomyocyte depending on the number of fibroblasts connected with it.

Cardiac fibroblasts are one of the main types of cardiac cells. Their amount is about two times higher than the number of cardiomyocytes [1, 2], while just the cardiomyocytes provide the heart contraction in response to the electrical stimulation of the cardiac tissue. Cardiomyocytes and fibroblasts contact by means of the gap junctions with high resistance. The current through the gap junctions provides mutual electrotonic



influence on the membrane potential of both cells [4]. A few mathematical models of the fibroblast-cardiomyocyte coupling were developed, one of them is the MacCannell2007 model [5]. In that model the fibroblast-cardiomyocyte electrical interaction was described by a system of the ordinary differential equations. The effect of the number of fibroblasts connected with the cardiomyocyte on the electrical activity of either one of them was studied there.

However, the influence of the fibroblast-cardiomyocyte coupling on the cardiomyocyte mechanics was not considered in that model, because cardiomyocyte mechanical activity was not described in the MacCannell2007 model at all. Here we study this influence. A backward effect of the cardiomyocyte mechanics on the electrical cardiomyocyte-fibroblasts interaction was considered in our model, as well.

*The work was carried out within the IIF UrB RAS theme No AAAA-A18-118020590031-8, and was supported by the Russian Foundation for Basic Research (18-29-13008, 18-01-00059, 18-015-00368) and by RF Government Act #211 of March 16, 2013 (agreement 02.A03.21.0006).*

1. S. A. Thompson, C. R. Copeland, et al., Mechanical coupling between myofibroblasts and cardiomyocytes slows electric conduction in fibrotic cell monolayers. *Circulation*, 123(19):2083–2093, 2011.
2. I. Banerjee, J. W. Fuseler, et al., Determination of cell types and numbers during cardiac development in the neonatal and adult rat and mouse. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 293(3): H1883–H1891, 2007.
3. I. Shiraishi, T. Takamatsu, et al., 3-D observation of actin filaments during cardiac myofibrinogenesis in chick embryo using a confocal laser scanning microscope. *Anatomy and embryology*, 185(4):401–408, 1992.
4. P. Zhang, J. Su, U. Mende. Cross-talk between cardiac myocytes and fibroblasts: from multiscale investigative approaches to mechanisms and functional consequences. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 303(12):H1385–H1390, 2012.
5. K. A. MacCannell, H. Bazzazi, L. Chilton, Y. Shibukawa, R. B. Clark, W. R. Giles. A mathematical model of electrotonic interactions between ventricular myocytes and fibroblasts. *Biophysical journal*, 92(11):4121–4132, 2007.

## ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЕ ПО ДАННЫМ ЭХОКАРДИОГРАФИИ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА

Шолохов В.Д.<sup>1</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2\*</sup>, Хамзин С.<sup>1,2</sup>, Докучаев А.<sup>2</sup>,  
Зверев В.С.<sup>1,3</sup>, Соловьева О.Э.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>) Институт Математики и Механики им. Н.Н. Красовского, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [konstantin.ushenin@urfu.ru](mailto:konstantin.ushenin@urfu.ru)

## PERSONALIZED ACCORDING TO ECHOCARDIOGRAPHY MODEL OF THE ELECTROMECHANICAL FUNCTION OF THE LEFT VENTRICLE OF THE HUMAN HEART

Sholokhov V.D., Ushenin K.S.<sup>1,2\*</sup>, Khamzin S.<sup>1,2</sup>, Dokuchaev A.<sup>2</sup>,  
Zverev V.S.<sup>1,3</sup>, Solovyova O.E.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>) Institute of Mathematics and Mechanics, Yekaterinburg, Russia

In this work, we present preliminary results of cardiac mechanical activity simulation. The model is based on Aliev-Panfilov model of cardiac electrophysiology and Goktepe model of cardiac mechanics.

Персонализированные модели электромеханической функции левого желудочка сердца человека имеют множество потенциальных клинических приложений, таких как предсказание фракции выброса при настройке устройств сердечной ресинхронизирующей терапии, прогноз ремоделирования механической функции левого желудочка при сердечной недостаточности и т.д.

В нашей работе мы использовали данные эхокардиографии пациентов с нормальной и патологической анатомией для создания персонализированных трехмерных моделей левого желудочка сердца. Для моделирования электрофизиологической функции использовалась модель Алиева-Панфилова, которая отражает качественные свойства распространения электрического сигнала в миокарде. Механическая функция левого желудочка задавалась с помощью модели, описанной в работе [2]. Для реализации модели использовался язык программирования Python, библиотеки FENICS и VTK.

В качестве результата моделирования мы демонстрируем кривые давления-объема во время одного сердечного цикла.

1. Aliev R. R., Panfilov A. V., Chaos, Solitons & Fractals, 7, 293-301(1996)
2. Göktepe S. et al., Comput. Mech., 45, 227–243 (2009)

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТА-ГЛЮКАНА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И В МЕДИЦИНЕ

Вырова Д.В., Абушанаб С.А.С.\*, Селезнева И.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [saiedaboushanab@gmail.com](mailto:saiedaboushanab@gmail.com)

## POTENTIAL USE OF BETA GLUCAN IN THE INDUSTRY AND MEDICINE

Vyrova D.V., Aboushanab S.A.S.\*, Selezneva I.S.

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. A great interest to  $\beta$ -Glucans has been registered.  $\beta$ -Glucans are polysaccharides that have high physiological activity. The special physical properties of  $\beta$ -Glucans, such as the ability to form a gel, bind water, emulsify fat provide a wide range of its application. This work is devoted to an overview of the potential industrial use of  $\beta$ -Glucans in the food, medical, cosmetic and other industries.

В последнее время большой интерес вызывает бета-глюкан, биологически-активное вещество, обладающее иммуномоделирующей, противовоспалительной, противоопухолевой активностью, способностью снижать уровень холестерина и гликемический индекс. Бета-глюкан – это полисахарид, составляющий основу клеточных стенок зерновых культур, таких как овес и ячмень, а также грибов и микроорганизмов. Кроме того, бета-глюкан обладает рядом таких физических свойств, как малая растворимость в воде, вязкость и гелеобразование, обуславливающих его применение в пищевой, медицинской и других областях.

На биологическую активность, а так же на технологические свойства влияет его структура, растворимость, конформация и размер молекулы. Названные характеристики полисахарида зависят соответственно от его источника происхождения и способа выделения. Так, например, грибковый бета-глюкан, содержащий бета-(1-3), (1-6)-гликозидные связи, вследствие своей трехмерной спиральной структуры проявляет большую иммуномодулирующую и противоопухолевую активность [1, 2]. А бета-глюкан зерновых (содержит бета-(1-3), (1-4)-гликозидные связи) снижает уровень холестерина и глюкозы в крови [3].

В настоящее время бета-глюкан находит наибольшее применение в пищевой промышленности. В качестве пищевой и функциональной добавки его успешно используют при получении пребиотической колбасы для улучшения ее физических и сенсорных свойств [3]. Данным полисахаридом можно заменять часть пшеничной муки или крахмала при производстве хлеба, хлебобулочных изделий, печенья, макарон и экструдированных снежков, тем самым не только улучшая текстуру теста, но и снижая их калорийность и гликемический ответ организма [3, 4]. Хорошие результаты показаны при добавлении бета-глюкана в молочные продукты, заменители молока, маргарины и соусы, в качестве загустителя и заменителя жира [3, 4, 5].

В медицине бета-глюкан, выделенный из дрожжей, находит применение в составе раневых и противоожоговых повязок, искусственной кожи. Благодаря своим иммуномодуляторным свойствам он способствует ускоренному заживлению ран, что особенно важно для больных диабетом [2, 3]. Показана возможность его применения для адресной доставки водорастворимых биологически активных молекул [6] и в качестве активного компонента [2].

Используется в защитных кремах, мазях и суспензиях для удержания влаги, лечения ран, уменьшения морщин, защиты от ультрафиолета. Так же применяется в качестве эмульгатора и стабилизатора [2, 3].

Кроме того бета-глюкан используется в качестве биологически-активной добавки в корм скоту и аквакультуре для повышения естественного иммунитета животных. Другое возможное применение включает использование глюкана в виде твердого вещества в качестве вспомогательного материала для хроматографического разделения или иммобилизации ферментов [2, 3].

Широкие возможности для применения бета-глюкана обуславливает рост числа методов его получения из различных источников. Ранее на кафедре Технологии органического синтеза ХТИ УрФУ [7] проводились работы по получению бета-глюкана из овсяных отрубей. Сейчас нами разрабатывается оптимальный метод получения данного полисахарида из дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и исследование его структуры с помощью химических и физико-химических методов (ИК-спектметрия, ЯМР-спектметрия).

1. Беседнова Н.Н., Иванушко Л.А. и др., Антибиотики и химиотерапия, 2, 37–44 (2000).
2. Petravic-Tominac V., Zechner-Krpan V. et al., Agriculturae Conspectus Scientificus, 75, 149–158 (2010).
3. Zhu F., Du B., Xu B., Food Hydrocolloids, 52, 275–288 (2016)
4. Lazaridou A., Biliaderis C.G., Journal of Cereal Science, 46, 101–118 (2007).
5. Skendia A., Biliaderis C.G. et al., Journal of Cereal Science, 38, 15–31 (2003).
6. Salon I., Hanusa J. et al., Food and Bioproducts Processing, 99, 128–135 (2016).
7. Ibrahim M.N.G., Lugovik K.I., Selezneva I.S., MOJ Food Processing & Technology, 4, 11-15 (2017).

## GRAY BIOTECHNOLOGY

Adepoju F.O.<sup>1\*</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [bese010@gmail.com](mailto:bese010@gmail.com)

**Abstract.** The importance of biotechnology to the world can not be overemphasized; its emergence has helped improve the quality of people's lives for about 10,000 years. The field itself encompasses a lot of areas such as medical, industrial, waste treatment, agricultural and environmental technology. The gray biotechnology is dedicated to environmental applications and focused on the maintenance of biodiversity and remotion of pollutants.

Biotechnology presents the integration of natural and engineering sciences, which allows fully to realize the opportunities of living organisms or their derivatives to create and modify products or processes, as our knowledge and capability in biotechnology increases, so do the potential benefits. Gray (environmental) biotechnology covers the direct applications on the environment. They can be divided in two groups of uses:

**Biodiversity** is the variety of different forms of life on earth, it includes different plants, animals, microorganisms, the genes they contain and the ecosystem they form. Biodiversity also includes the genetic differences between each species. Chromosomes, genes and DNA determine the uniqueness of each individual and each species. Biodiversity can include the maintenance by genetic analysis of populations or species part of ecosystems, as well as their comparison and cataloguing. It also includes cloning techniques for species preservation and the utilization of genome storage technologies.

**Contaminants disposal** or bioremediation includes the use of microorganisms and vegetable species to clean polluted places by the isolation and the elimination of different substances like hydrocarbon or heavy metals. Bioremediation can be defined as the use of biological organisms to solve an environmental problem such as contaminated soil or groundwater. Bioremediation as a natural process is therefore perceived as an acceptable waste treatment process for contaminated material such as soil. It can save life web and prohibit the passage of dangerous and risky contaminants from an ecosystem to another.

**Conclusion:** Biodiversity affects key ecosystem processes in terrestrial ecosystems such as biomass production, nutrient and water cycling, soil formation and retention however, bioremediation is a means of cleaning up contaminated environments by exploiting the diverse metabolic abilities of microorganisms to convert contaminants to harmless products by mineralization, generation of carbon (IV) oxide and water, or by conversion into microbial biomass.

## GREEN BIOTECHNOLOGY: THE FUTURE OF PLANT DEVELOPMENT FROM HERE

Atambire A.S.<sup>1\*</sup>, Javed F.<sup>1</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*Email: [a.atambire@gmail.com](mailto:a.atambire@gmail.com)

**Abstract:** Green Biotechnology as a category of biotechnology entails the deliberate manipulation of plants, animals or microbes to produce effective and efficient environmentally sustainable novel and desirable products.

Mankind has always had a strong relationship and connection with plants. Our fascination by them is literally a matter of life and death and even beyond that, our very existence: we depend on plants to feed, clothe ourselves, make our homes to keep us warm from the cold and predators, they make us breathable air without which our existence would have been impossible. Plants for the basis of all our development and it is no surprise that our ability to domesticate and nurture them has yielded us an exponential and unparalleled level of growth and development never experienced in our collective history as a specie up to that point [1].

Modern plant biotechnology is the offspring of traditional plant breeding that was birthed thousands ago since humans domesticated the first plants. Unlike with traditional plant breeding techniques that take decades to develop desirable plant qualities, modern plant biotechnology is more efficient, thus achieving the desired result in only a matter of a few years or even months. This area of plant biotechnology has been necessitated by over ever-increasing demands to feed the more and more humans that are born each year as well as their accompanying demand for consumption of plant-based materials. Contemporary Plant biotechnology is making fast paced advancement in vital areas as Genetic modification of plants to deliver higher nutritional values, offer greater resistance to pest and diseases or hardy stocks that can withstand extreme environmental condition such as drought, heat or cold. The first Commercially available genetically modified crop that gained license was Flav savr tomato. Nowadays there are many, ranging from Corn to Soybean and cotton among others. The Market for genetically modified crops keeps rising amid the public hysteria and is expected to continue that trajectory as more and more farmers and governments adopt such novel technologies as a potent option in tackling the challenges the future presents in the form of climate change and rising demographic growth [2].

**Conclusion:** Genetic engineering has provided an easier and convenient set of tools that will play an increasing role in our bid to safely feed our demographic increases and secure a safer environment for our collective well-being.

1. Black. R. et al, Case studies on the use of biotechnologies and on biosafety provisions in four African countries, 156, 4, 20(12), 370-381 (2010).
2. Birhanu F.M., Genetically Modified Organisms in Africa: Regulating a Threat or an Opportunity, 4(29) (2010).

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ IN VIVO В ОЦЕНКЕ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЛЕЗОПРОДУЦИРУЮЩЕГО АППАРАТА

Васина А.Б.<sup>1\*</sup>, Ободов В.А.<sup>4</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2,3</sup>, Смирнов А.А.<sup>1</sup>, Панкин С.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

<sup>4)</sup> Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза»

\*E-mail: [vasina333@gmail.com](mailto:vasina333@gmail.com)

В последнее время внимание офтальмологов привлекает к себе проблема, связанная с заболеваниями слезоотводящих путей. Подобные заболевания протекают в виде роговично-конъюнктивного ксероза. Однако практикующие врачи все еще недостаточно хорошо осведомлены о методах диагностики этой формы патологии органа зрения. На особенности функционального состояния системы железистых структур, с учетом их топографо-анатомических особенностей, единого взгляда среди офтальмологов на данный момент нет.

Все клинические разновидности нарушения функционального состояния слезного аппарата входят составными частями в синдром «сухого глаза».

Существуют два проявления данного синдрома: «сухой» и «мокрый» глаз. В первом случае, мы говорим о нарушениях в работе слезоотводящих путей. Во втором – о недостаточном увлажнении переднего сегмента глазного яблока.

Ранняя диагностика патологии слезной железы – одна из наиболее актуальных задач офтальмологии сегодня.

Радиоизотопная диагностика в офтальмологии активно используется с конца 80-х годов. К одним из методов относится сцинтиграфия, основанная на визуализации введённого радиофармпрепарата, обладающего тропностью к определённым морфологическим структурам.

Особенности радионуклидных методов позволяют выявить патологии в слезоотводящих путях в бессимптомный доклинический период протекания болезни. Структурные изменения в этот период не определяются.

Целью работы является разработка математических методов обработки и анализа морфо-функциональной топографии слезопродуцирующего аппарата с учетом показателей кинетики радиоактивного фармакологического препарата в системе кровообращения и тканевых структурах слезных желез. А также разработка методики динамического радионуклидного исследования железистых структур области голова-шея.

1. Ободов В.А. Травматические дакриоциститы и облитерации слезоотводящих путей: Практическое руководство. – М.: Изд-во «Офтальмология», 2015. – С. 8-29.

2. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. - М.: Медицина, 1978. – С. 64-516.
3. Pfann В., Lowicke G. и Endert G. Функция околоушных слюнных желез в норме по данным сцинтиграфии с  $^{99m}\text{Tc}$  // Медицинская радиология – 1977. Т. 22, № 12. - С. 38-42.
4. Арун Д. Синг, Бренди К. Хейден. Ультразвуковая диагностика в офтальмологии // МЕДпресс-информ. – 2016. – С. 280-295.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА КАСТОРОВОГО МАСЛА ЛИПАЗОЙ ИЗ *CANDIDA RUGOSA* В ФЕРМЕНТАТОРЕ.**

Беккулова Р.Ф., Ельцов О.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,  
г.Екатеринбург, Россия

E-mail: [tynafa@rambler.ru](mailto:tynafa@rambler.ru)

## **STUDY OF ENZYME HYDROLYSIS OF CASTER OIL WITH LIPASE FROM *CANDIDA RUGOSA* IN THE ENERGY.**

Bekkulova R.F., Eltsov O.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The dependence of the yield of fatty acids on the main parameters of enzymatic hydrolysis of castor oil by lipase was studied.

Одно из важнейших направлений в использовании касторового масла – получение рицинолевой кислоты [1].

Рицинолевая кислота представляет интерес для медицины, но основная область ее применения – органический синтез, например, получение себациновой кислоты [1].

Ферментативный гидролиз наряду с другими методами позволяет получать чистую рицинолевую кислоту в мягких условиях [1].

Цель работы: исследование ферментативного гидролиза касторового масла ферментом липазой из *Candida rugosa* в ферментаторе.

В качестве фермента использовали препарат Lipase from *Candida rugosa*, Type VII. Ферментативную активность определяли модифицированным методом Ота, Ямада, составила 825 ед./мг.

Ферментативный гидролиз касторового масла липазой из *Candida rugosa* проводили в ферментаторе объемом 3 л (рис 1).





Рис. 1 Проведение гидролиза на ферментаторе

Перемешивание осуществляли в течение 20 мин при 25°C до получения однородной эмульсии. Сухую липазу массой 2 г вводили в 2000 мл эмульсии. Далее реакцию проводили при 40 °С с перемешиванием (250 об./мин) в течение 25 ч [2].

Таблица 1

## Результаты ферментативного гидролиза

Время, ч	Объём щёлочи, мл	Выход жирных кислот, мкМ/мл
0	0,5	-
1	7	65
2	11	105
3	16	155
4	19	185
5	23	225
6	26	255
7-20	-	-
21	63	625
22	67	665
23	66	655
24	64	635
25	60	595

Выход жирных кислот (мкМ/мл) определяли методом титрования и рассчитывали по формуле:

$$A = (O - K)T \cdot 100, \quad (1)$$

где  $O$  – количество 0,1 н спиртового раствора NaOH на пробы, мл;  $K$  – количество 0,1 н спиртового раствора NaOH, на контрольный образец, мл;  $T$  – титр щелочи; 100 – коэффициент пересчета [2].

$$A = (7 - 0,5)0,1 \cdot 100 = 65 \text{ мкМ/мл}$$

По данным эксперимента был построен график, показывающий зависимость выхода жирных кислот от времени при гидролизе касторового масла (рис. 2).

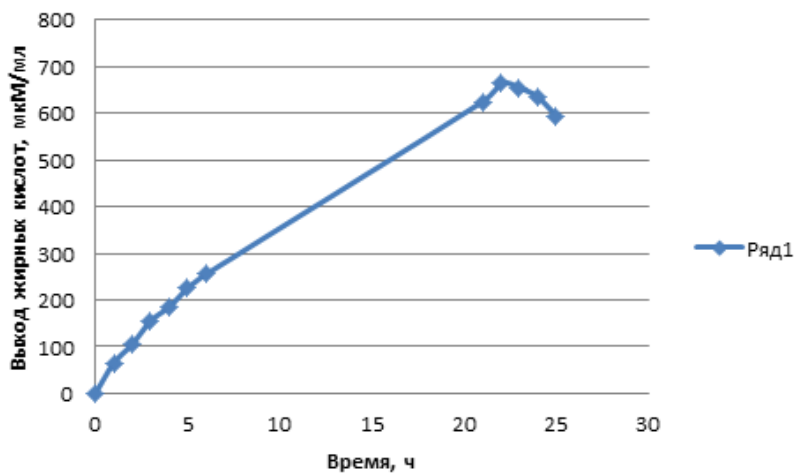


Рис. 2 Зависимость выхода жирных кислот от времени при гидролизе касторового масла в ферментаторе

По графику видно сначала увеличение выхода, достигая максимума к 22 часам, далее идёт плавное снижение.

Как известно из курса промышленного биокатализа активность фермента зависит от активаторов и ингибиторов. Вопрос активации бактериальной липазы требует индивидуального подбора активирующего агента, что является задачей дальнейших исследований.

1. Пат. 2166309 РФ. Лечебно-профилактическая и косметическая композиция / Т.Н. Разумова, опубл. 10.05.2001 г.
2. Meenal S. Puthli, Virendra K. Rathod, Aniruddha B. Pandit. Enzymatic hydrolysis of castor oil: Process intensification studies // India Biochemical Engineering Journal 31/ 2006.

## ЭПР ДОЗИМЕТР ДЛЯ РУТИННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Берденев Н.Е.<sup>1</sup>, Попова М.А.<sup>1</sup>, Агданцева Е.Н., Мильман И.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nikitaberdenev@gmail.com](mailto:nikitaberdenev@gmail.com)

## EPR DOSIMETER FOR ROUTINE MEASUREMENTS

Berdenev N.E.<sup>1\*</sup>, Popova M.A.<sup>1</sup>, Agdantseva E.N.<sup>1</sup>, Milman I.I.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) IMP UB RAS, Yekaterinburg, Russia

EPR dosimetry is used in the world to measure doses of ionizing radiation in the dose range of 1–200 kGy. The advantages of the method are high accuracy ( $\pm 4\%$ ), small fading, non-destructive reading of information. Alanine-based detectors are most common in world practice. The aim of this work was to search for EPR sensitive materials suitable for routine measurements with parameters approaching alanine detectors.

ЭПР-дозиметрия применяется в мире для измерений доз ионизирующих излучений в диапазоне доз 1-200 кГр. Достоинствами метода является высокая точность ( $\pm 4\%$ ), малый фединг, неразрушающее считывание информации. В мировой практике наибольшее распространение получили детекторы на основе аланина. Зарубежные детекторы становятся труднодоступными ввиду их высокой стоимости, в то время как их отечественные аналоги отсутствуют. Целью данной работы являлось поиск ЭПР чувствительных материалов пригодных для рутинных измерений с параметрами, приближающимися к аланиновым детекторам.

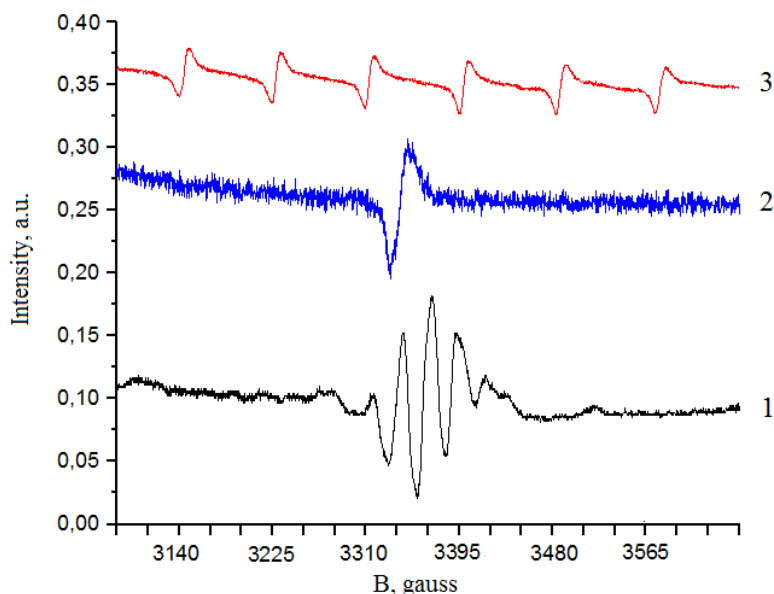


Рис.1 Общий вид спектров ЭПР: аланина (1), тефлона (2) и  $Mn^{2+}$  (3).

В качестве объекта исследования в работе выбран политетрафторэтилен (ПТФЭ,  $(C_2F_4)_n$ , тефлон-4). В предварительных исследованиях было обнаружено, что в образцах ПТФЭ образуются парамагнитные центры, регистрируемые в спектрах ЭПР. Дополнительным обоснованием такого выбора являлись такие уникальные свойства ПТФЭ как: химическая инертность, высокая температура разложения ( $415^{\circ}C$ ), доступность и возможность создания воспроизводимых геометрических форм детекторов с помощью механической обработки. При выборе материала учитывались также его анизотропность и биологическая совместимость. Исследуемые образцы имели цилиндрическую форму высотой 1 см и диаметром 1,5 мм. Облучение образцов производилось на линейном ускорителе электронов на КЭФ ФТИ УрФУ. Сравнительные измерения спектров ЭПР аланиновых и ПТФЭ детекторов проводились на модернизированном спектрометре «Минск-12М», в качестве эталонного использовался спектр  $Mn^{2+}$  в  $MgO$ . Контроль доз осуществлялся пленочными дозиметрами СО ПД (Ф)Р – 5/50, которые являются государственным образцом фотонного и электронного излучений. На рисунке 1, в качестве примера, приведен общий вид спектров ЭПР: аланина (1), тефлона (2), облученных электронами, и  $Mn^{2+}$  в  $MgO$  (3).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ КЛЕТКАМИ ВОДИТЕЛЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ПРОЦЕССЕ ОНТОГЕНЕЗА

Будеева Е.А.<sup>1\*</sup>, Рывкин А.М.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [budeeva.katerina@gmail.com](mailto:budeeva.katerina@gmail.com)

## MODELLING OF THE PROCESS OF THE ACTION POTENTIAL GENERATION BY CARDIAC SINOATRIAL NODE CELLS DURING THE ONTOGENESIS

Budeeva E.A.<sup>1\*</sup>, Ryvkin A.M.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology UrB RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The work is devoted to mathematical modelling of the cardiac pacemaker cell functioning during the ontogenesis. We improved previous model of the pacemaker cell functioning of rabbit, made a parameter analysis and formed three sets of the model: for embryo, new born species and for the adult ones.

Клетки синоатриального узла (САУ) сердца задают единый ритм сокращений всего сердца. Механизмы формирования потенциала действия в клетках САУ

значительно разнятся у эмбрионов и у взрослых особей. Это отражается на характеристиках мембранного потенциала (частота, длительность, амплитуда, минимальное и максимальное значение, и т.д.).

Мы исследовали процесс развития клеток САУ методом математического моделирования, используя модель Мальцева-Лакатты клеток водителя сердечного ритма кролика [1]. Нами проводился параметрический анализ модели согласно с экспериментальными данными [2], говорящими о том, что в процессе онтогенеза происходят изменения характеристик потенциала действия. В ходе работы подтверждено предположение о пониженной активности внутриклеточных кальциевых часов и увеличенной роли мембранного ионного осциллятора для эмбриональных клеток синоатриального узла. В перспективе исследование изменения ПД в процессе онтогенеза поможет улучшить понимание процессов изменения функционирования клеток водителей ритма при старении.

*Грант РФФИ [18-015-00368](#).*

1. Maltsev V., Lakatta E., Am. J. of Physiol. -Heart and Circ., 296.3 (2009)
2. Opthof T., Med. & Biological Engineering & Comp., 45, 2 (2007)

## **МЕТОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СОКРАТИМОСТЬ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ**

Бутова К.А.<sup>1\*</sup>, Лукин О.Н.<sup>1,2</sup>

- <sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
- <sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [butchini@mail.ru](mailto:butchini@mail.ru)

## **THE METHOD OF EVALUATING HOW THE PARAMETERS OF MECHANICAL DEFORMATION AFFECT MYOCARDIAL CONTRACTILITY**

Butova K.A.<sup>1\*</sup>, Lookin O.N.<sup>1,2</sup>

- <sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
- <sup>2)</sup> Institute Immunology and Physiology, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

The myocardial contractility in the given twitch is greatly influenced by the mechanical conditions imposed to the preceding contractions. This effect can be manifested both as rapid changes of contractility and prolonged modulation in the contractile ability. The influence of varying parameters of mechanical deformation on the rapid/prolonged effects in contractility was studied and the useable tool for assessment of these effects is developed.

Механические условия, при которых в данный момент происходит развитие сократительного ответа сердечной мышцы, являются важным фактором, влияющим на силогенерацию в последующих циклах сокращения. Помимо быстрых изменений сократительного ответа в виде выраженного дефицита или увеличения активной силы миокарда непосредственно после прекращения механического воздействия, наблюдаются длительные по времени изменения сократимости сердечной мышцы, связанные с установлением нового стационарного состояния миокардиальной системы. В связи с этим необходима разработка адекватного подхода к оценке мгновенных и пролонгированных изменений сократимости миокарда, вызванных сменой механических условий сокращения (например, при резком переходе от ауксотонического к изометрическому режиму сокращения).

Нами были разработаны специальные биомеханические тесты, в основе которых лежит искусственное изменение условий сокращения полоски миокардиальной ткани, посредством чередования различных режимов механической деформации и при задании различных параметров этой деформации (амплитуды, длительности, числа циклов воздействия). Именно, серии динамических укорочений полусинусоидальной формы с заданным числом циклов чередовались с сериями изометрических сокращений препарата до восстановления стационарного состояния. Влияние различных условий деформации (амплитуды, длительности и числа циклов воздействия) может быть оценено по характеристикам изометрических сокращений непосредственно после воздействия и в ходе переходного процесса после воздействия посредством сравнения данных величин с характеристиками стационарного состояния непосредственно до воздействия.

Быстрые изменения сократительного ответа могут быть оценены по характеристикам первого после серии навязанных динамических деформаций изометрического сокращения. Характеристиками сократительной способности миокарда могут являться величина развиваемого активного усилия, время достижения пика силы и время расслабления. Медленные изменения сократительного ответа в ходе переходного процесса после прекращения воздействия могут быть оценены по максимальному и кумулятивному приросту силы изометрических сокращений, а также по моменту времени максимального изменения сократимости и полной длительности переходного процесса (т.е. времени от момента прекращения воздействия до момента восстановления сократимости до исходного стационарного уровня).

Предлагаемые биомеханические тесты и методика анализа сократительных характеристик в рамках применения этих тестов могут служить удобным инструментом для оценки сократительной способности миокардиальной ткани в биофизических экспериментах с изменением механических условий деформации.

## GENETIC DIVERSITY OF *E. COLI O157:H7* ISOLATED FROM ALEPPO RIVER WATER SAMPLES USING RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA (RAPD) MARKER

Darkazanli M.<sup>1\*</sup>, Kiseleva I.C.<sup>1</sup>, Darkazanli K.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1)</sup> Zhejiang Normal University, Jinhua, China

\*E-mail: [mdarkazanli@urfu.ru](mailto:mdarkazanli@urfu.ru)

In Syria, there is not a lot of research that studies *E. coli*, and its serotypes by PCR technology. *Escherichia coli O157:H7* is a very important serotype, and one of the Shiga toxin producing (classified as a bioterrorism agent) [1]. So, we detected *E. coli* and especially serotype *E. coli O157:H7* in water samples that were taken from villages passed by river. Sites of village: Handarat (A), Industrial Zone (B), Souq Al-hal (C), Bustan Palace area (D), Al-sheikh Saeed (E), Al-wodaihi (F), Zietan (G), and Jezraya (H).

In this study, we have fulfilled a total count of bacteria, the census total coliform, and *Escherichia coli*, as well as the serotype *E. coli O157:H7* in water samples by different Bacterial Media. For DNA Extraction we used Protocol for Preparation of Genomic DNA from Bacteria [2]. The molecular characterization was done for eight strains of *E. coli* isolated from collected samples from the sites of all villages then we used a primer (COL-1) in RAPD technic. Molecular characterization also performed eight strains of serotype *E. coli O157:H7* from the following sites (Al-sheikh Saeed, Al-wodaihi, Zietan, and Jezraya), then by primers (OPA-03, OPA-13 OPC-12, OPE-20) in RAPD.

The results showed significant differences between the collected samples. The total count of bacteria and total coliforms in the first site (Handarat) were the lowest, but in the last site (Jezraya) were the highest among all samples, at the beginning of village Jezraya the wastewater from the sewage treatment station and all villages flows to the main river, and it increased the bacteria. The results showed also the existence of *E. coli* in all sites, and *E. coli O157:H7* in Al-sheikh Saeed, Al-wodaihi, Zietan, and Jezraya.

Extracted DNA from samples was amplified by RAPD. after electrophoresis, eight different bands were detected from isolated strains of *E. coli*. These results refer to the great genetic diversity of *Escherichia coli* also Maurer et al. (1998) found (16) different RAPD types in 84 % *E. coli* isolates which agree with our results [3]. For serotype *E. coli O157:H7* thirty-two different bands were detected, and primer OPA-13 was the best primers used, RAPD analysis had the high discriminatory capacity for typing *E. coli* isolates. Because of its simplicity and rapidity.

Number of bands and polymorphism revealed by RAPD

<b>Primer code</b>	<b>Nucleotide sequence, min-max</b>	<b>Total scorable bands</b>	<b>No. of polymorphic bands</b>	<b>polymorphic bands, %</b>
COL-1	10-750	25	8	32
OPA-03	200-3000	26	7	26.9
OPA-13	500-5500	45	13	28.88
OPC-12	1500- <sup>b</sup>	33	9	27.27
OPE-20	3500- <sup>b</sup>	9	3	33.3

1. Heijnen L., and Medema G., J. Water Health., 4, 487-498 (2016).
2. Maloy S.R., Experimental Techniques in Bacterial Genetics., Jones & Bartlett Learning., (1989).
3. Maurer J.J., Lee M.D. et al., Avian Disease., 42., 431-451 (1998).



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Демин В.А.<sup>1\*</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2,3</sup>, Сарычев М.Н.<sup>1</sup>, Шарипов М.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской  
академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vas.and.demin@gmail.com](mailto:vas.and.demin@gmail.com)

## COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING BONE SCAN FORMALIZATION AND PROCESSING METHODS

Demin V.A.<sup>1\*</sup>, Pankin V.V.<sup>1,2,3</sup>, Sarychev M.N.<sup>1</sup>, Sharipov M.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Institute of High-Temperature Electrochemistry of Ural Branch of the Russian  
Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The abstract is devoted to the comparison of existing methods of the bone scintigraphy formalization and processing and the development of the new one. Through the studies of literature, limitations of the existing methods were discovered. A new method for obtaining and processing the data is suggested, its reliability is verified.

Остеосцинтиграфия — метод радионуклидной диагностики, основанный на введении в организм пациента тропного к гистологическим структурам костной ткани радиоактивного фармацевтического препарата (РФП) и последующей регистрации его распределения путем сканирования тела пациента в передней и задней проекциях на гамма-камере. Данный метод востребован в радионуклидной диагностике благодаря своей высокой чувствительности, достигаемой за счёт выявления функциональных изменений.

Костная ткань представляет собой сложную многокомпонентную структуру, поэтому для описания процессов кинетики РФП в плазме и кости необходимо построение камерной модели. Так, в [1] приведены расчёты для модели из пяти камер (межклеточное пространство, кровь, костное межклеточное пространство, костная ткань, первичная моча). Подобное упрощение процессов кинетики в структуре костной ткани представляется излишним, поэтому была предложена другая модель, учитывающая характер взаимодействия различных гистотипов костной ткани с РФП (кровь, субкапиллярное пространство, содержащее структурированный коллоидный гель, поверхностный остеоидный слой органического костного матрикса).

В ходе анализа литературных данных были выделены основные методы формализации и обработки данных остеосцинтиграфии. В зарубежной практике

применяются методы [2]: площади под кривой (area under curve, AUC), Бреннера (Brenner) и графика Патлака (Patlak plot). Методы AUC и Бреннера используются только для определения интегрального коэффициента накопления радиоактивной метки костной тканью. Метод графика Патлака, напротив, может применяться для отдельных зон интереса. В отечественной литературе [3] определяется интегральный коэффициент накопления РФП костной тканью с одновременным измерением активности других органов и тканей.

На основании анализа данных методов был сделан вывод о необходимости создания нового метода формализации данных, позволившего бы получить дифференциальные коэффициенты накопления РФП, отражающие активность физико-химических и клеточно-ферментативных процессов в костной ткани, при сохранении дозовой нагрузки. Для формализации данных были проанализированы результаты клинико-экспериментальных исследований [3] которые аппроксимировали с использованием экспоненциального закона, достоверность которой была подтверждена с использованием критерия Пирсона ( $r = 0,993$ ,  $p < 0,001$ ). Экспоненциальный закон задаётся двумя параметрами: максимальным значением накопления, достигаемым через три часа после введения РФП, и коэффициентом динамики накопления. Максимальное значение характеризует объём костных структур, накапливающих РФП, коэффициент динамики накопления — скорость, с которой эти структуры накапливают РФП.

Разработанный метод нуждается в определении референсных значений получаемых параметров, которые будут определены в дальнейших исследованиях.

1. Charkes, N. D. et al., Studies of skeletal tracer kinetics. I. Digital computer solution of a five-compartment model of [18F]fluoride kinetics in humans, *Journal of Nuclear Medicine*, 19, 1301-1309 (1978).
2. Blake G. M. et al., Quantitative studies of bone using 99mTc-MethyleneDiphosphate skeletal plasma clearance, *Seminars in Nuclear Medicine*, 39, 369-379 (2009).
3. Лабушкина, А. А. Сравнительная оценка отечественных кардиотропных радиофармацевтических препаратов [Текст]: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.19 / Лабушкина Анна Антоновна. – Москва, 2000. – 83 с. –Библиогр.: с.54.

## АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ РАЗНЫМИ СТРАНАМИ

Десятов Д.Д.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [desyatovdenis1995@gmail.com](mailto:desyatovdenis1995@gmail.com)

## RADIOACTIVE WASTE APPROACHES ANALYSIS BY DIFFERENT COUNTRIES

Desyatov D.D.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This work includes approaches to the classification of radioactive waste by countries that pay particular attention to this problem. A comparative analysis of the classification systems of radioactive waste by different countries and the IAEA was carried out.

В сфере обращения с радиоактивными отходами в силу чрезвычайно большого их разнообразия значение классификации РАО трудно переоценить. Она служит основой выработки национальной стратегии обращения с РАО, определения динамики их образования, планирования и проектирования указанной деятельности [1].

Существуют различные методы создания системы классификации. При выборе методов их обработки главную роль играют характеристики отходов, которые зависят от многих факторов: вида ядерной деятельности, природы или области применения радиоактивных материалов. При классификации отходов рассматривается ряд параметров: от происхождения до биологических свойств [2]. Стоит отметить, что универсальной системы классификации отходов не существует, хотя за многолетний период изучения РАО было создан ряд таких систем. Недостатки систем классификации отходов вынуждает МАГАТЭ уделять проблеме классификации отходов пристальное внимание и работать над ее совершенствованием [3]. Более точная классификация отходов способна существенно облегчить задачи регулирующих органов стран по повышению безопасности обращения РАО.

В работе рассмотрены подходы к классификации РАО странами, уделяющими данной проблеме особое внимание. Выполнен сравнительный анализ систем классификаций РАО разными странами и МАГАТЭ.

1. Дмитриев С.А., Баринов А.С., Батюхнова О.Г. и др. Технологические основы системы управления радиоактивными отходами. – М.: ГУП Мос НПО Радон, 2007. 376 с.: ил.
2. M.I. Ojovan, W.E. Lee. An Introduction to Nuclear Waste Immobilization. – Elsevier, 2005, 315 p.
3. Classification of Radioactive Waste (Safety guide). – Vienna: IAEA, Safety series, № 111-G-1.1, STI/PUB/950, 1994.

## АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ПРИЕМЛЕМОСТИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ

Десятов Д.Д.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [desyatovdenis1995@gmail.com](mailto:desyatovdenis1995@gmail.com)

## ADMISSIBILITY CRITERIA ANALYSIS OF NPP RADIOACTIVE WASTES FOR DISPOSAL

Desyatov D.D.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The analysis of methods, methods of control and measurement of standardized indicators of acceptance criteria of RAO AES has been carried out. A study was conducted of the acceptance criteria for radioactive waste disposal by different countries, as well as by the IAEA.

Обращение с радиоактивными отходами (РАО) играет важнейшую роль для функционирования АЭС. Образование РАО является одним из основных вопросов, который широко обсуждается с учетом всей перспективы развития атомной энергетики [1]. В настоящий момент, когда наступает время вывода из эксплуатации большого числа АЭС в мире (по данным МАГАТЭ это более 65 реакторов АЭС и 260 реакторов, использующихся в научных целях) [2]. Таким образом, особенно актуальной становится проблема утилизации и захоронения РАО АЭС. Одной из важнейших задач является обоснование необходимого и достаточного перечня радионуклидов, который должен быть отражен в паспорте на упаковку при передаче РАО АЭС на захоронение. Другая важнейшая задача, без решения которой невозможна передача РАО на захоронение национальному оператору по обращению с РАО, это подтверждение соответствия РАО критериям приемлемости для захоронения.

Анализ методик, способов контроля и измерения нормируемых показателей критериев приемлемости РАО АЭС выявил недостаточное методическое обеспечение для организации подтверждения соответствия данным критериям.

1. А.В Васильев, А.А. Екидин и др., АНРИ. – 2017. № 2 (91). С. 2-9.
2. OPEX\_2018 [Электронный ресурс] // Официальный сайт Международного Агентства по Атомной Энергии. URL: <https://www.iaea.org/PRIS> (Дата обращения: 01.12.2018).

## СЕГМЕНТАЦИЯ И ТИПИРОВАНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Донец И.В.<sup>1</sup>, Каримов А.Ф.<sup>1</sup>, Манбатчурина Р.Р.<sup>1</sup>, Галембо Е.Д.<sup>1</sup>,  
Симонова К.А.<sup>1</sup>, Мишин А.Р.<sup>1</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [konstantin.ushenin@urfu.ru](mailto:konstantin.ushenin@urfu.ru)

## SEGMENTATION AND CLASSIFICATION OF WHITE BLOOD CELLS USING DEEP LEARNING

Donets I.V.<sup>1</sup>, Karimov A.F.<sup>1</sup>, Manbatchurina R.R.<sup>1</sup>, Galembo E.D.<sup>1</sup>,  
Simonova K.A.<sup>1</sup>, Mishin A.R.<sup>1</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

In this work, we presents preliminary results of data processing pipeline that performs segmentation and classification of the white blood cells. The data processing pipeline includes a segmentation step and a classification step. The first step is performed by a neural network with UNet architecture, and the second step is performed by the convolutional neural network. Quality of classification reaches 0.55 on the validation dataset in the categorical accuracy metric.

Лейкоцитарная формула является одним из важнейших, клинически значимых показателей в анализе крови. Несмотря на возможность ее расчета с использованием проточной цитофлуориметрии, все еще существенно распространен метод анализа мазка крови вручную, в поле оптического микроскопа. В данном исследовании мы демонстрируем первые результаты по автоматической сегментации и классификации лейкоцитов в поле оптического микроскопа с целью получения лейкоцитарной формулы.

Для создания обучающей выборки пять мазков крови были окрашены с использованием азур-эозина. Затем в поле оптического микроскопа со 100-кратным увеличением были найдены лейкоциты и сфотографированы камерой с разрешением 10Мп. Таким образом был собран набор данных состоящих из 342 изображений, каждое из которых содержит от 1 до 7 лейкоцитов.

Для обработки данных были использованы две нейронные сети, первая из которых сегментировала клетки на изображении, а вторая классифицировала их. Для задачи сегментации была выбрана архитектура нейронной сети UNET [1]. Для ее обучения изображения были разрезаны на фрагменты с размером 512x512. Затем была выполнена аугментация данных, путем зеркального отображения и поворота с шагом в 15 градусов. Аугментированные данные были разделены на обучающую и валидационную выборку в отношении 80% и 20%. Результаты сегментации совмещались для получения бинарного изображения оригинального

размера. Каждый регион с лейкоцитом, полученный по результату сегментации, был вырезан по размеру 128x128 пикселей для создания набора данных перед вторым этапом. На втором этапе сверточная нейронная сеть была обучена для классификации изображений на шесть классов, пять из которых соответствовали пяти типам лейкоцитов, а шестой был присвоен гистологическим артефактом и некорректной сегментации. Аугментация данных и разделение выборок проводилась аналогично.

Точность классификации лейкоцитов на валидационной выборке составила 55% в категориальной метрике.

*Благодарности: работа выполнена при поддержке Акта правительства РФ №211 от 16 марта 2013 года (соглашение 02.А03.21.0006).*

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation //International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. – Springer, Cham, 2015. – С. 234-241.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. – MIT press, 2016.

## **ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЛЮТЕЦИЯ-177**

Джолумбетов С.К. , Жуковский М.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [bublik94@mail.ru](mailto:bublik94@mail.ru)

## **THE RATIONALE FOR THE USE OF PROMISING RADIOPHARMACEUTICALS BASED ON LUTETIUM-177**

Dzholumbetov S.K. , Zhukovsky M.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

*Abstract.* Using WinAct and IDAC-Dose 2.1, dose coefficients were obtained for the following radiopharmaceuticals and radionuclides and the ionic form: Lu-MDP, Lu-EDTMP, Sm-EDTMP, <sup>177</sup>Lu, <sup>89</sup>Sr. The highest dose ratios were obtained for the kidneys, liver, red bone marrow and bone surface. The kidneys and liver are most exposed to radiation when <sup>177</sup>Lu is administered: 0.587 mGy/MBq and 0.362 mGy/MBq, respectively. Red bone marrow and bone surface with <sup>89</sup>Sr administration: 1.93 mGy/MBq and 5.25 mGy/MBq, respectively.

В настоящий момент используется большое количество радионуклидов в диагностике различных опухолей, но также есть несколько радионуклидов, которые используются для терапевтических целей. В основе радионуклидной диагностики и терапии лежит использование радиофармпрепаратов, особенностью которых является способность накапливаться в опухолях или её метастазах. Радионуклид является элементом, воздействующим на опухоль.

Использование радиофармпрепаратов в радионуклидной диагностике довольно хорошо изучено и подробно описано в 128 публикации Международной Комиссии по Радиологической защите (МКРЗ) [1]. Чего нельзя сказать о радионуклидной терапии. Поведение радиофармпрепаратов в организме человека можно описать с помощью системы дифференциальных уравнений первого порядка. Количество уравнений варьируется от 10 до 40.

Существует специализированный программный пакет WinAct, который позволяет получить информацию о распределении радиофармпрепарата в органах и тканях человека, а также количество распадов в органе источнике. Параметры для расчета поведения диагностических радиофармпрепаратов можно взять из 128 публикации МКРЗ. При радиоактивном распаде в органе источнике, облучению подвергаются соседние органы. Данный факт необходимо учитывать при расчете поглощенных доз. Для расчета поглощенных доз есть специализированный программный пакет IDAC-Dose 2.1 [2].

Параметры для расчета поведения большинства терапевтических радиофармпрепаратов в организме человека отсутствуют. Но на основе диагностических исследований, есть возможность оценить накопление и выведение радиофармпрепарата в органах и тканях человека и динамику в целом. На основе этого можно рассчитать параметры для описания поведения радиофармпрепарата в организме человека. Затем диагностический радионуклид заменяется на терапевтический, и с помощью WinAct и IDAC-Dose 2.1 рассчитываются поглощенные дозы.

Одним из наиболее перспективных терапевтических радионуклидов является лютеций-177 из-за своих благоприятных характеристик: максимальная энергия бета-излучения 500 кэВ, период полураспада 6 суток и наличие слабого гамма-излучения.

С помощью WinAct и IDAC-Dose 2.1 были получены дозовые коэффициенты для следующих радиофармпрепаратов и радионуклидов и ионной форме: Lu-MDP, Lu-EDTMP, Sm-EDTMP,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ . Наибольшие дозовые коэффициенты были получены для почек, печени, красного костного мозга и костной поверхности. Почки и печень наиболее подвержены облучению при введении  $^{177}\text{Lu}$ : 0,587 мГр/МБк и 0,362 мГр/МБк соответственно. Красный костный мозг и костная поверхность при введении  $^{89}\text{Sr}$ : 1,93 мГр/МБк и 5,25 мГр/МБк соответственно.

1. ICRP Publication 128. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances / 2014. – 315 с.
2. Martin Andersson. IDAC-Dose 2.1, an internal dosimetry program for diagnostic nuclear medicine based on the ICRP adult reference voxel phantoms [Текст] / Andersson M., Johansson L., Eckerman K. and Mattsson S. - Medical Radiation Physics, Department of Translational Medicine, Malmö, Lund University, Skåne University Hospital, SE-205 02 Malmö, Sweden, 2017. – 14 с.

## RED BIOTECHNOLOGY: A HEALTHY WORLD

Elsayed I.G, Ivantsova M.N.

Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Email: [Israa\\_gaber@yahoo.com](mailto:Israa_gaber@yahoo.com)

Red, is not only a color; it's a branch of biotechnology which helps mankind fight either infectious or inherited diseases. We are already in the 21<sup>st</sup> century, and yet we still witness multiple diseases. Some of them are even endemic, which makes it worse.

Red Biotechnology has been used since man discovered MOs and distinguished infectious agents. Since then we have been trying to find cures for different disease, biopharmaceuticals were being used effectively since the discovery of Penicillin by Alexander Fleming in 1928, and recombinant human insulin (rHI, trade name Humulin), which was developed by Genentech and marketed by Eli Lilly in 1982.

Since then, MOs have been evolving and we are running out of anti-biotics, as they grow resistant to it a day after day. Biotechnology is developing as well, but obviously not as fast. Techniques on its own is very expensive; trials take a long time as well. The question is, would biotechnology be able to meet the needs of a biological system? Would we be able some day to fight back MOs with their weapon?

Here, we'll try to review some of the latest techniques in the field, which makes us understand how far we've come, and realize our capabilities and challenges on top.

Transgenics is considered a solution for many dilemmas we have nowadays. We believe it's a promising solution, nothing is much better than using a bioreactor which could be an animal, plant or even a bacterium to produce a medicine which is desperately needed.

Nanomedicine ranges from the medical applications of nanomaterials and biological devices, to nanoelectronic biosensors, and even possible future applications of molecular nanotechnology such as biological machines. Current problems for nanomedicine involve understanding the issues related to toxicity and environmental impact of nanoscale materials.

3D BioPrinting, the process of using bioink composed of tissue or human cells, has come a long way over the last decade. The goal of developing functioning whole organs, such as kidneys, livers or hearts, is becoming more and more of a reality.

Host Cell Proteins (HCPs) are process-related impurities, expressed by the host cell used for production of biopharmaceutical proteins. During the purification process, the majority of HCPs are removed (>99%), but small HCP amounts remain in the distributed products, such as monoclonal antibodies (mAbs), antibody-drug-conjugates(ADCs), therapeutic proteins, vaccines, and other protein-based biopharmaceuticals.

Antibody-drug conjugates or ADCs are an important class of highly potent biopharmaceutical drugs. ADCs are a mixed complex of Anti-body and cytotoxic drug, which allows for discrimination between healthy and diseased cells, unlike chemotherapeutics.



In Conclusion, we could say that our future is safe with such techniques, but our present is still vague. All the technology we have today, are not applicable due to their great cost; but science has not limit. We might be able to use it tomorrow on daily basis in every laboratory or hospital. What we are not sure about is the revelation and challenges, the biological system is holding for us. That's why we need to be one step ahead all the way.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА**

Гривков А.В.\*, Смирнов А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.a.smirnov@urfu.ru](mailto:a.a.smirnov@urfu.ru)

## **APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR HEART DISEASES DIAGNOSTICS**

Grivkov A.V.\*, Smirnov A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The goal of the project is to design a program based on machine learning algorithms, performing analysis of a one-dimensional ECG signal and reporting a particular pathology.

Основной проблемой ЭКГ-метода диагностики сердечно-сосудистых заболеваний является то, что традиционные методы анализа достаточно часто обладают малой достоверностью. Некоторые серьезные заболевания сердца отражаются на ЭКГ лишь малозаметными изменениями амплитуды или формы пиков. В таких случаях точность диагноза зависит почти полностью от опыта и классификации врача. Для исключения «человеческого фактора» процесс необходимо автоматизировать и найти метод, способный распознавать любые характерные для определенного заболевания изменения. В данном проекте рассматривается вариант решения этой задачи с помощью использования искусственных нейронных сетей (ИНС) и алгоритмов машинного обучения.

Современные ИНС могут быть использованы в качестве средства прогнозирования во времени, средство распознавания образов, инструмент для поиска по ассоциациям, модель для поиска закономерностей в массивах данных.

Целью данного проекта будет создание ИНС, ее обучение с помощью находящихся в открытом доступе отечественных и зарубежных баз данных патологических и нормальных ЭКГ-сигналов, а также проектировка пользовательского интерфейса. Для написания программы будет использоваться язык

программирования C++, хотя для подобных целей подавляющее большинство использует Python. Выбор обусловлен:

- Низким уровнем языка, что означает более высокую скорость компиляции;
- Наличием небольшого опыта работы с этим языком;
- Наличием всех необходимых библиотек в открытом доступе.

## ELECTRON BEAM ENERGY CONTINUOUS MEASURING DEVICE

Groznykh M.V., Sturis A.Y., Ryabukhin O.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: [groznykh.m@gmail.com](mailto:groznykh.m@gmail.com)

Developing the device for controlling electron energy in sterilization process. As the electron beam goes through the set of aluminum plates, electric charges are formed in them. Charge distribution in the depth of the absorber allows one to determine primary beam's electron energy.

In modern medicine, various sterilization methods for medical products and personal protective equipment are used to ensure the sterility of the used ones. Radiation sterilization uses either electronic or gamma radiation. The Innovative Center for Radiation Sterilization in the Ural Federal University implements radiation treatment, including sterilization, of various products using the electron accelerator UELR-10-10C.

The process of radiation sterilization is strictly regulated by international and internal standards of production activity; it requires certification of accelerator set and validation of radiation effects on each type of product. The fulfillment of the established norms guarantees the quality of medical products and its safety.

The electron energy is one of the monitored parameters of the accelerator, which determines the penetrating power of electrons and their distribution into the depth of production. When the energy changed, for whatever reason, it is necessary to re-conduct the equipment certification and validate the process of radiation sterilization. Therefore, monitoring the value of electron energy is an integral task of the production process.

The target device is an assembly of aluminum plates, with dielectric material placed between them. Since the maximum range of electrons with energy of 10 MeV in aluminum is of the order of 1.4 cm, and the thickness of the metal plate is about 2.3 mm, we made 6 plates in all.

As the electron beam passes through this device, the particles will lose some of the energy in each plate, mainly due to ionization and excitation, until they lose their energy completely. As a result, the plates will accumulate a charge proportional to the energy losses. Further, measuring the charge accumulated on each plate, we will obtain

its depth distribution and determine the range of electrons and the energy of the particles.

During irradiation, the accumulated charge and its depth distribution in aluminum are measured. Further, according to the empirical formula, a calculation of the energy is carried out according to a certain projective range.

At the moment leakage currents and electrical breakdowns between the plates have a significant impact on the result. It is demand the selection of dielectric for elimination this problem. The dielectric material must be able to withstand severe external conditions: high temperature and the disrupt effects of ionization radiation.

## **ENZYMATIC TREATMENT TO INCREASE EXTRACT YIELD FROM CHLORELLA ALGAE**

YAMA I. \*, Kovaleva E.G.

Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: [uktr017@gmail.com](mailto:uktr017@gmail.com)

Algae has shown to contain bioactive compounds which is of interest for researchers in different fields. Feasible extraction methods are essential for researchers to perform their experiments on those bioactive compounds and for industry for mass production. The use of enzymes to pre-treat algae before extraction lead to much better yield and higher quality extract [1].

Chlorella is a single cell green algae. Chlorella growth factors are a group of water soluble proteins and peptides found in the algae which have proved to be of interest for researchers due to their biological activity in different fields [2]. Water extraction is the usual extraction method used in industry to extract Chlorella growth factors . We studied the effect of pre-treatment of the algae with Cellolux-A enzymatic preparation on the outcome of water extraction and to find the most efficient enzymatic treatment time.

Dry Chlorella powder and water as a solvent have been used to prepare extracts. Hot water at  $T=95^{\circ}\text{C}$  is used for 20 minutes to make the extraction. The final extracts were subjected to spectrophotometer analysis at 260 nm (Shimadzu U-1800, Japan). Other samples were prepared by treating them with Cellolux-A enzyme (Sibbiopharm, Russia) in different time. They were then processed with hot water the same as before. The final extracts were measured using spectrophotometer Shimadzu U-1800 (Japan) at the same wavelength to compare them with non-treated samples and to compare between the different treatment time applied.

Enzymatic pre-treatment has dramatically increased the final quality of extract. Growth factors content is calculated based on spectrophotometer analysis and the weight of solid extracted materials in the sample and shown in Table 1 .

Table1. GF Index for samples with enzymatic treatment and for non-treated ones

Sample	Temperature, °C	Enzyme weight, g	pH	Solid recovery, g	Absorbance at 260 nm	GF Index
1	95	0	5	0.446	0.27	3.0
2	95	0	5	0.313	0.293	2.3
3	95	0.06	5	0.696	0.442	7.7
4	95	0.06	5	0.644	0.443	7.1

Enzymatic treatment has doubled the growth factors index and increased solid recovery. Another test was made to find the optimum time for treatment, and the samples were prepared under the exact conditions, while changing the time of pre-treatment (Table 2). The sample without enzymatic treatment was prepared to ensure the validity of the results.

Table 2. GF Index for samples prepared at different pre-treatment times

Sample	Treatment time, min	Enzyme weight, g	pH	Solid recovery, g	Absorbance at 260 nm	GF Index
D1	120	0	5	0.189	0.327	3.1
D2	30	0.03	5	0.089	0.355	1.6
D3	60	0.03	5	0.23	0.452	5.2
D4	120	0.03	5	0.3135	0.488	7.6

The treatment period of 2 hours was found to show a significant result in GF index compared to that for other samples. The 1 hour treatment increased GFI by 68% while the 2 hours one did it by 145%. It means that the extra hour treatment resulted in 77% more GFI.

The enzymatic pre-treatment proved much better extract quality. It can be considered to be more effective method in extracting GF in industry and it also provide researchers with higher quality extract which may lead to better results in its bioactivity.

*The authors state that there is no conflict of interest. This work was supported by the RFBR under Grants 17-03-00641 and 18-29-12129 мк, respectively, the Ministry of Education of the Russian Federation within the framework of the basic part of the state task, Project № 4.9514.2017/8.9 and the Program 211 of the Government of the Russian Federation № 02.A03.21.0006.*

1. In M.J., Jang J.E., Kim D.H., J. Appl. Biol. Chem. 50(3), 132 (2007)
2. Han J.G., Kang G.G., Kim J.K. and Kim S.H., Food. Sci. Ind. 6, 64 (2002)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ В ПИВОВАРЕНИИ

Червина Н.М.\*, Гейде И.В., Селезнева И.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [geide\\_iv@mail.ru](mailto:geide_iv@mail.ru)

### THE STUDY OF POSSIBLE USE OF LACTIC BACTERIA IN BREWING

Chervina N.M., Geide I.V., Selezneva I.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, researches have been conducted to study the possibility of using *Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacterium bulgaricum*, *Bifidobacterium* and *Bifidobacterium longum* in brewing. It was found that the pre-treatment of wort using lactic-acid bacteria can improve the taste and characteristics of beer brand Berliner Weisse. The best results were shown by beer samples obtained using *Lactobacillus*.

В настоящее время в традиционной запатентованной технологии варки пива марки *Berliner Weisse* используются молочнокислые бактерии и верховые дрожжи [1, 2]. Эта технология обеспечивает характерную терпкость и кислостый вкус пива [3]. Поскольку известно что, терпкость стиля пива обусловлена метаболизмом лактобактерий [1, 2], то представляло интерес изучить влияние и выбрать оптимальное соотношение микроорганизмов для предварительного закисления сусла в производстве пива, а также установить зависимость вкусовых характеристик и скорости закисления сусла, что и явилось целью настоящей работы.

Нами было проведено исследование влияния, как индивидуальных молочнокислых бактерий, так и в комбинации их друг с другом на степень и скорость закисления сусла. Оптимальным диапазоном кислотности сусла является диапазон от 3,3 до 3,7 рН [1, 3]. В ходе экспериментов кислотность образцов сусла определяли с помощью рН-метра для жидкости АТС 2011. Результаты исследований представлены в таблице.

В результате установлено, что высокую скорость закисления сусла проявляют следующие молочнокислые микроорганизмы, добавляемые в сусло в количестве 0,1% по массе: монокультура рода *Lactobacillus* (при температуре 25 °С) и комбинация бактерий *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacterium bulgaricum* (при температуре 38 °С).

Именно эти комбинации микроорганизмов и температурные режимы были выбраны для предварительного закисления сусла и последующей экспериментальной варки пива.

В дальнейшем были определены характеристики полученных образцов готового пива, в частности кислотность, содержание спирта и видимого экстракта, а

также проведена дегустационная оценка их качества. Следует отметить, что образец пива, сваренного с использованием комбинации микроорганизмов, получило удовлетворительную оценку (18 баллов), а пиво с использованием монокультуры – отличную оценку (22 балла). Наряду с улучшением вкусовых качеств, следует отметить снижение расхода энергетических ресурсов при производстве пива за счет снижения температуры процесса закисления сусла с 38 °С до 25 °С при закислении сусла бактериями рода *Lactobacillus*.

## Изменение кислотности сусла

№ опыта	Микроорганизмы, добавляемые в сусло	Время, ч.				
		0	24	48	72	96
		Значения pH				
1	Сусло без добавления микроорганизмов*	6,0	5,0	4,1	3,9	3,5
2	<i>Lactobacillus</i> *	6,0	4,1	3,7	3,5	3,2
3	<i>Streptococcus thermophilus</i> *	6,0	5,0	4,1	3,9	3,6
4	<i>Streptococcus thermophilus</i> + <i>Lactobacterium bulgaricum</i> *	6,0	4,4	4,0	4,0	3,4
5	<i>Bifidobacterium longum</i> *	6,0	5,1	4,0	3,9	3,8
6	<i>Bifidobacterium</i> *	6,0	5,2	4,1	3,8	3,4
7	<i>Streptococcus thermophilus</i> **	6,0	5,3	5,0	4,8	4,1
8	<i>Streptococcus thermophilus</i> + <i>Lactobacterium bulgaricum</i> **	6,0	4,6	3,9	3,6	3,5

\* - температура 25 °С; \*\* - температура 38 °С

1. Кунце В. Технология солода и пива: пер. с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб: Профессия (2001).
2. Портал пивного рынка [электронный ресурс] URL: <https://profi-beer.ru/styles/bjcp/wheat-beer/berliner-weisse> (дата обращения 04.01.2019).
3. Berliner weisse: характеристики стиля и этапы производства [электронный ресурс] URL: <https://pivo.by/articles/reviews/berliner-weisse> (дата обращения 04.01.2019).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТАРУ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА

Ишкова М.И.<sup>1\*</sup>, Селезнева И.С.<sup>1</sup>, Баранова А.А.<sup>1</sup>, Казаков А.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [masha.ishkova@mail.ru](mailto:masha.ishkova@mail.ru)

## THE RESEARCH OF THE INFLUENCE OF IONIZING RADIATION DIFFERENT DOSES ON THE CONTAINERS FOR YOGURT PRODUCTION

Ishkova M.I.<sup>1</sup>, Selezneva I.S.<sup>1</sup>, Baranova A.A.<sup>1</sup>, Kazakov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Radiation treatment of containers and food products is based on the physical and biological effects on the living cell. The using ionizing radiation for the treatment of containers will allow to increasing the yoghurt shelf life. In this work the ionizing radiation effects on the microflora inside the containers for yoghurt production were researched. Glass and PET containers were used in the experiments. The magnitudes of ionizing radiation doses that suppress the growth of microorganisms inside the containers were determined.

Современные технологии обработки сельскохозяйственного сырья и продуктов питания с целью продления сроков их хранения, кроме традиционных способов сушки, консервирования высокими либо низкими температурами, а также химическими соединениями, предусматривают использование радиационных технологий [1, 2].

Ионизирующее излучение, воздействуя на микрофлору, способно обеспечить стерильность продукта. Это позволяет сократить применение химических консервантов, которые в большинстве своем являются чужеродными для организма человека. Применение ионизирующих излучений для обработки пищевых продуктов по сравнению с традиционными способами консервирования требует меньших затрат при большей эффективности воздействия [1].

В ходе эксперимента тара различного типа (стеклянные емкости и емкости из полиэтилентерефталата ПЭТ) для упаковки йогурта была простерилизована линейкой доз 5–15 кГр на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР-10-10С2 в инновационно-внедренческом центре радиационной стерилизации Физико-технологического института УрФУ. Упаковка тары до воздействия ионизирующего излучения осуществлялось тремя способами: 1 – емкости плотно закрывались крышкой, 2 – емкости упаковывались в полиэтиленовый пакет, предназначенный для стерилизации медицинской продукции, и запечатывались вакуумным способом, 3 – емкости упаковывались в пакеты бумажные самозапечатывающиеся, изготовленные из медицинской белой влагопрочной бумаги фирмы DGM Steriguard.

После облучения емкостей из них были взяты смывы в разведении 0,1 %. Влияние различных доз ионизирующего излучения на микрофлору внутри тары оценивали визуально по отсутствию или появлению выросших колоний микроорганизмов на питательной среде МПА (мясо-пептонный агар). Для обнаружения бактерий группы кишечной палочки использовали специальную питательную среду Агар-Эндо. В результате проведенных исследований установлено, что упаковка и материал тары, в отличие от величины дозы, не влияют на результат процесса стерилизации. Так, после облучения дозой 5 кГр во всех исследованных образцах емкостей независимо от того, в какой упаковке они находились, присутствует микрофлора, а при дозах 8,8, 13 и 15 кГр – микроорганизмы не обнаружены. В то же время, бактерии группы кишечной палочки не выявлены ни в одной из исследуемых емкостей.

Для определения влияния ионизирующего излучения на материал ПЭТ тары были сняты и изучены ИК спектры образцов необлученной тары из полиэтилен-терефталата в сравнении с необлученным контрольным образцом, а также рассмотрена их структура под электронным микроскопом. При этом существенных различий в ИК-спектрах и структуре внутренней поверхности исследованных образцов не обнаружено.

В перспективе планируется приготовить йогурт в таре, облученной оптимальной дозой, и определить срок его годности.

1. Петриченко Л.К., Васильева А.Г. Влияние ионизирующих излучений на продукты питания, 1, 95–98 (2004).
2. Черняев А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом, Физматлит (2004).



## СПЕКТРОМЕТРИЯ АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗОНАПОЛНЕННОЙ ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ

Изгагин В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [slava.izgagin-arti@yandex.ru](mailto:slava.izgagin-arti@yandex.ru)

## ALPHA RADIATION SPECTROMETRY WITH USING GAS-FILLED IONIZATION CHAMBER

Izgagin V.S.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. The relevance of performing alpha-radiation spectrometry for attaining the aims of radiation safety and techniques of radionuclide control are described. Furthermore, the operation principle of spectrometric instrument and its main parts are presented.

Контроль профессионального облучения занимает важное место в системе радиационной безопасности. На человека практически постоянно воздействуют те или иные источники ионизирующего излучения. Наибольшую опасность представляет внутреннее облучение за счет поступления радионуклидов в организм человека. При этом наибольшее внимание следует уделять альфа-излучающим радионуклидам вследствие их высокой повреждающей способности при ингаляционном или пероральном попадании в организм человека. Утвержденный перечень загрязняющих веществ, Правительства РФ от 8.07.2015 N 1316-р, содержит в себе 22 альфа-излучающих радионуклида в элементной форме. Контроль радионуклидов может осуществляться аспирационным методом отбора проб в воздухе с последующей спектрометрией или радиометрией фильтра. Широко используется метод жидко-сцинтилляционной спектрометрии образцов. Кроме того, применяется ионизационный метод спектрометрии с использованием газонаполненной ионизационной камеры.

Исследование альфа-активных радионуклидов проведено с использованием ионизационной камеры. Принцип работы камеры основан на ионизации рабочей газовой смеси альфа-частицами, дрейфе электронов и ионов под действием электростатического поля и измерении заряда, наведенного на собирающем электроде [1]. Количество образованных ион – электронных пар пропорционально энергии, потерянной  $\alpha$ -частицей в чувствительной области камеры. Ионизационная камера работает в составе спектрометров энергий альфа-частиц в качестве детектора, для измерения энергетического спектра этих частиц от плоских источников с тонким активным слоем. Помимо детектирующей части камера содержит следующие блоки и оборудование: аргоновая газовая магистраль, форвакуумный насос, высоковольтный блок питания, импульсный блок усиления, предусилители и спектрометрический АЦП [2].

Данная камера позволяет регистрировать дочерние продукты распада радона (ДПР):  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $\alpha$ -излучающие радионуклиды уранового и ториевого рядов, а также трансурановые элементы [3].

1. Сапрыгин А.В., Овчинников В.Ю. и др. Аналитика и контроль, Т.15, №2 (2011).
2. Ионизационная камера ИК-1: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Уральский Электрохимический комбинат, Новоуральск (1994).
3. Akira Katase, Yuzuru Matsumoto et al. Review of Scientific Instruments, 57, 945 (1986).

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБРАТНОГО ОСМОСА ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ЖИДКИХ ПРОБАХ**

Изгагин В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [slava.izgagin-arti@yandex.ru](mailto:slava.izgagin-arti@yandex.ru)

## **APPLICATION OF THE REVERSE OSMOSIS TECHNOLOGY FOR CONCENTRATION OF RADIONUCLIDES IN LIQUID SAMPLES**

Izgagin V.S.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. The techniques of the concentration of radionuclides in liquid samples are described. The advantages and disadvantages, appearing in sample preparing process are shown. The physical principles of the reverse osmosis method used for concentrating radionuclides are described.

При работе предприятий ядерного топливного цикла практически всегда имеет место сброс радиоактивных веществ в замкнутую или открытую гидрологическую систему [1], что требует проведения радиационного мониторинга данных объектов. Как правило, имеющиеся штатные средства контроля не позволяют определить уровни содержания загрязняющих радионуклидов.

Определение удельной активности техногенных радионуклидов, содержащихся в естественных в природных объектах, требует концентрирования радионуклидов. При этом необходимая степень концентрирования должна составлять 3–4 порядка. Один из наиболее распространенных на сегодняшний день методов концентрирования радионуклидов – выпаривание отобранной пробы воды до сухого остатка. К недостаткам данного метода относятся большие энергозатраты и длительность выпаривания больших объемов воды. В качестве альтернативного решения, для получения сухого остатка используется метод предварительного концентрирования с использованием осмотических мембран. Сущность данного

метода заключается в том, что если по разные стороны полупроницаемой мембраны, которая способна пропускать только молекулы воды, находятся водные растворы солей с разной концентрацией, то молекулы воды начнут проникать через осмотическую мембрану из слабо концентрированного раствора в более концентрированный [2]. В конечном итоге, применение данного метода на порядок уменьшает объем выпариваемой жидкости.

В эксперименте выполнен отбор 500 л воды для выпаривания и 500 л для предварительного концентрирования. Продолжительность выпаривания 500 литров воды составила 7 дней, в то время как для выпаривания предварительно полученного концентрата объемом 20 литров понадобилось 1,5 дня. В результате были получены счетные образцы с одинаковым количеством сухого остатка и активности радионуклидов.

1. Екидин А.А., Малиновский Г.П. и др. Атомная энергия. Т. 119. № 4. (2015). С. 219-221.
2. Черкасов С.В. Обратный осмос. Теория и практика применения [Электронный ресурс] // Мировые водные технологии. – URL: <http://wwtec.ru/?id=233> (Дата обращения: 06.12.18).

## МОДЕЛЬ АКТИВНОГО ТРАНСПОРТА ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ

Мелких А.В.<sup>1</sup>, Изможерова К.Д.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kira.n@list.ru](mailto:kira.n@list.ru)

## ACTIVE TRANSPORT MODEL OF WATER IN PLANTS

Melkikh A.V.<sup>1</sup>, Izmozherova K.D.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

New model of active water transport in plants is suggested. Driving force of such active transport is the difference of chemical potentials ATP-ADP. The model allows to explain water lift in plants to the heights of about 160 meters.

Одним из важных свойств растений является их способность транспортировать воду вместе с необходимыми для жизни веществами на достаточно большую высоту. Вместе с тем, механизмы транспорта воды в растениях остаются предметом дискуссий. За счет какой силы вода может быть поднята на достаточно большую высоту (до 150 метров)? Существующие модели транспорта воды в растениях не дают ответа на этот вопрос. Ранее в работах [1, 2] построены модели активного транспорта ионов в биомембранах различных клеток. На основании этих моделей построена новая модель транспорта воды в растениях, наиболее

существенным свойством которой является наличие движущей силы – разности химических потенциалов АТФ-АДФ. Именно эта сила, в конечном итоге является причиной транспорта воды в растениях. На основании предложенной модели рассчитаны концентрации ионов внутри клетки корневых волосков. Наибольший вклад в давление будут вносить ионы калия и непроникающие отрицательные ионы внутри клетки.

При не слишком больших концентрациях ионов давление внутри клетки может быть рассчитано по формуле:

$$p = n_K^i kT + n_A kT \quad (1)$$

Здесь  $n_A$ - концентрация непроникающих ионов внутри клетки,  $n_K^i$  - концентрация ионов калия внутри клетки.

Предположение о том, что клетки корневых волосков сообщаются при помощи пассивного транспорта с остальным растением, позволяет объяснить подъем воды до примерно 80 метров. Если же транспорт ионов (в первую очередь натрия) из клеток корневых волосков в растение является активным, то высота может достигать 160 метров, что соответствует наиболее высоким из известных деревьев.

1. Melkikh A., Sutormina M. Developing synthetic transport systems. – Springer Science & Business Media, 2013.
2. Melkikh, A.V., Seleznev, V.D., 2005. Models of active transport of ions in biomembranes of various types of cells. J. Theor. Biol. 324(3), 403–412.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЭКГ И ЭЭГ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Изможеров И.Б.<sup>1</sup>, Смирнов А.А.<sup>1</sup>, Кудрин Д.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.a.smirnov@urfu.ru](mailto:a.a.smirnov@urfu.ru)

## DEVELOPING OF PATOLOGIC ECG AND EEG CLASSICATOR BASED ON NEURAL NETWORKS

Izmozherov I.B.<sup>1</sup>, Smirnov A.A.<sup>1</sup>, Kudrin D.M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Comparison of different neural network architectures for EEG\ECG classification for medical purpose.

Статистические методы обработки информации давно используются в медицине. С её помощью определяют группы риска заболеваний, распределение тех или иных заболеваний в конкретной местности и т.д.

Поэтому видится достаточно оправданной попытка применения в медицинских целях современных методов машинного обучения, а именно нейронных сетей. Предполагается использовать нейронные сети для предварительной классификации патологических ЭКГ и ЭЭГ. Для определения наиболее оптимального способа классификации проводится тестирование различных архитектур нейронных сетей.

Для тестирования будут использоваться подготовленные наборы данных, в которых все классы патологий встречаются с одинаковой частотой. Предполагается использовать несколько наборов данных с различными типами представления сигнала: временное и частотное представление, набор статистических характеристик, коэффициенты формы и т.д. После определения наиболее эффективной пары «архитектура сети» - «форма представления данных» такая пара подвергнется более тонкой настройке параметров сети. На основе готовой и обученной сети будет создан комплекс анализа и классификации ЭКГ\ЭЭГ, включающий в себя саму нейронную сеть, а также средства предобработки для приведения произвольных сигналов к необходимому формату.

Для построения как архитектур нейронных сетей, так и готового комплекса был выбран язык программирования Python. Такой выбор обусловлен наличием большого количества библиотек анализа данных на данном языке, а также его полной открытостью.

## MICROENCAPSULATION OF VITAMIN D BY USING NATURAL POLYMERS (PECTIN & CELLULOSE)

Javed F.<sup>1\*</sup>, Mironov A.M.<sup>2</sup>

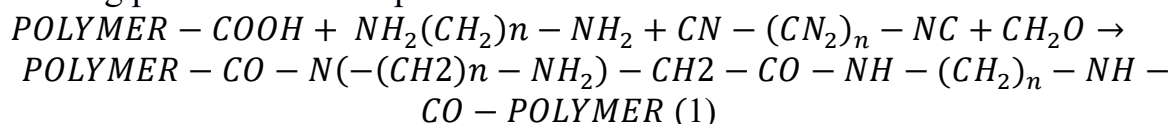
<sup>1)</sup> Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [fatimajaved114@gmail.com](mailto:fatimajaved114@gmail.com)

Abstract. Microencapsulation is the latest technology in the food industry. It is used to raise the controlled activity of biologically active components of food products, while production, storage and to transport them to the destination location in the body of a human being <sup>[1]</sup>. Many industries are using Microencapsulation technology, such as the medical industry for drug delivery systems <sup>[2]</sup>, the manufacturing of food for retaining taste and flavor, and the Cell microencapsulation in bioengineering <sup>[3]</sup>.

Vitamin D is fat soluble vitamin and plays a significant role in calcium balance and retaining bone structure. Because of less exposure to sunlight and limited natural sources of vitamin D, deficiency of it is reported in previous years <sup>[4]</sup>. To increase the bioavailability of vitamin D, it can encapsulate by synthesis of micro-gel based delivery systems <sup>[5]</sup>. We present here the novel method for encapsulation of fat-soluble compounds using microgels of natural polymers.

The Gelling ability of Pectin and cellulose increase the importance of them to use in the food sector <sup>[6]</sup>. Pectin and cellulose are the polysaccharides aimed to form nanoparticles during cross-linkage with polyamines. In this work, we used diisocyanides to promote the interaction between polysaccharides and diamines. Microgels can be formed by the combination of a mixture of diisocyanides/diamines and formaldehyde at optimizing pH and room temperature as follows:



During the optimization stage, we have found the optimal ratio between the participants of this process and obtained the microgels with desired parameters (size, surface charge, cross-linkage density). We have revealed that these microgels can form stable Pickering emulsions. On this basis, we plan to encapsulate vitamin D in the form of oil emulsions. The main challenge of this study is to get the optimal size of vitamin D microcapsule to make a stable food emulsion.

1. Korhonen H., International Journal of Dairy Technology., 55, 79 (2002).
2. Decher G., Science., 277, 1232 (1997).
3. Ziani K., Fang Y., & McClements D. J., Food Chemistry., 134, 1106 (2012).
4. Bell T. D., Demay M. B., Burnett-Bowie S. A., Journal of Cellular Biochemistry., 111, 7 (2010).
5. Ghosh I., Bose S., Vippagunta R., Harmon F., International Journal of Pharmaceutics., 409, 260 (2011).
6. Isobe N., Lee D. -S., Kwon Y. -J. et al., Cellulose., 18, 1251 (2011).

## СЕГМЕНТАЦИЯ И ТИПИРОВАНИЕ ТУЧНЫХ КЛЕТОК В ДАННЫХ ГИСТОЛОГИИ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Каримов А.Ф.<sup>1</sup>, Власова А.<sup>1,2</sup>, Манбатчурина Р.Р.<sup>1</sup>, Мишин А.Р.<sup>1</sup>,  
Симонова К.А.<sup>1</sup>, Храмцова Ю.С.<sup>1,2</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [konstantin.ushenin@urfu.ru](mailto:konstantin.ushenin@urfu.ru)

## SEGMENTATION AND CLASSIFICATION OF MAST CELLS AT HISTOLOGICAL IMAGES USING DEEP LEARNING

Karimov A.F.<sup>1\*</sup>, Vlasova A.<sup>1,2</sup>, Manbatchurina R.R.<sup>1</sup>, Mishin A.R.<sup>1</sup>,  
Simonova K.A.<sup>1</sup>, Khramtsova Y.S.<sup>1,2</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

In this work, we propose a method for automatic segmentation of mast cells on histological images. The method includes a segmentation step and a classification step. The first step is performed by a neural network with UNet architecture, and the second step is performed by the convolutional neural network. Quality of classification reaches 0.68 at the validation dataset in the categorical accuracy metric.

Анализ тучных клеток на гистологических изображениях является востребованной задачей в иммунологических исследованиях, так как их активность связана со многими заболеваниями человека и животных. В данной работе предложен подход для автоматической сегментации тучных клеток на гистологических изображениях с использованием методов глубокого обучения нейронных сетей.

Набор входных данных алгоритма состоял из 82 фотографий гистологических срезов семенных пузырьков и придатков самцов крыс Wistar. Окрашивание было выполнено толуидиновым синим. Каждый кадр содержал от 1 до 8 тучных клеток. Разметка данных осуществлялась экспертом вручную.

Для обработки данных были использованы две нейронные сети, первая из которых сегментировала клетки на изображении (искала в поле зрения), а вторая классифицировала (типировала) их. Для задачи сегментации была выбрана архитектура нейронной сети UNET [1]. Для ее обучения изображения были разрезаны на фрагменты с размером 512x512. Затем была выполнена аугментация данных, путем зеркального отображения и поворота с шагом в 15 градусов. Аугментированные данные были разделены на обучающую и валидационную выборку в отношении 80% и 20%. Результаты сегментации совмещались для получения бинарного изображения оригинального размера. Каждый регион с клеткой, полученный по результату сегментации, был вырезан по размеру 128x128 пикселей для создания набора данных перед вторым этапом. На втором этапе сверточная

нейронная сеть [2] была обучена для классификации изображений на пять классов, четыре из которых соответствовали четырем типам тучных клеток, а пятый был эквивалентен гистологическим артефактом и некорректной сегментации. Аугментация данных и разделение выборок проводилось аналогично.

Результаты обучения UNet составляли 92% для валидационных данных в Dice-метрике, и 84% после склеивания изображения целиком. Точность классификации клеток на валидационной выборке составила 64% в категориальной метрике.

*Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания ИИФ УрО РАН (тема № АААА-А18-118020590108-7) и поддержана Актом правительства РФ №211 от 16 марта 2013 года (соглашение 02.А03.21.0006).*

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation //International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. – Springer, Cham, 2015. – С. 234-241.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. – MIT press, 2016.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Касьянова В.В.<sup>1\*</sup>, Оштрах М.И.<sup>1</sup>, Бажукова И.Н.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ValentinaKasianova@yandex.ru](mailto:ValentinaKasianova@yandex.ru)

## **BIOMEDICAL APPLICATION OF MÖSSBAUER SPECTROSCOPY**

Kasyanova V.V.<sup>1\*</sup>, Oshtrakh M.I.<sup>1</sup>, Bazhukova I.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The interrelation of Mossbauer parameters, the electronic structure of the iron ion, and its stereochemistry in various iron-containing biomolecules and their analogs has been studied. The Mossbauer spectra of several samples were approximated using different models. The Mössbauer parameters were analyzed on the basis of available information on the structure of biomolecules.

Хорошо известно, что практически все химические реакции, протекающие в живой клетке, происходят с участием белков. Среди них особую роль выполняют железосодержащие белки, наиболее яркими представителями которых являются гемоглобины и ферритины. Функциональные свойства данных молекул непосредственно связаны с состоянием иона железа в них [1]. Одним из наиболее точных и информативных методов исследования электронной структуры иона железа является мессбауэровская спектроскопия.



В данной работе была изучена взаимосвязь мессбауэровских параметров, электронной структуры железа и молекулярной структуры железосодержащих биологических макромолекул и их аналогов.

В качестве исследуемых объектов были выбраны макромолекулы гемоглобина кролика, выделенного ферритина печени человека и его аналог – фармацевтический препарат Ferrifol®. Исследование электронной структуры иона железа в данных макромолекулах проводилось методом мессбауэровской спектроскопии с высоким скоростным разрешением.

Мессбауэровские спектры окси- и дезоксигемоглобина кролика были измерены при температуре 90 К. Аппроксимация спектров была проведена с использованием двух моделей – модели эквивалентной и неэквивалентной электронной структуры иона Fe(II) в  $\alpha$ - и  $\beta$ -субъединицах гемоглобина, в рамках которых спектры были аппроксимированы одним и двумя дублетами соответственно. В рамках второй модели были выявлены отличия мессбауэровских параметров, полученных для двух квадрупольных дублетов. Данные отличия были сопоставлены с небольшими различиями электронной структуры иона железа и его стереохимии в  $\alpha$ - и  $\beta$ -субъединицах оксигемоглобина кролика и каждый дублет был связан с одной из субъединиц в тетрамере. При аппроксимации спектра дезоксигемоглобина была обнаружена дополнительная компонента, связанная с наличием в образце гемохрома.

Мессбауэровские спектры ферритина печени человека и препарата Ferrifol® были измерены при температурах 90 и 295 К. Аппроксимация спектров проводилась на основе моделей гомогенного и гетерогенного «железного ядра». В рамках обеих моделей были обнаружены отличия параметров сверхтонкой структуры спектров ферритина и препарата Ferrifol®, свидетельствующие о неодинаковой структуре их «железных ядер» [2]. На основе модели гетерогенного «железного ядра» спектры были аппроксимированы суперпозицией нескольких квадрупольных дублетов. Каждая полученная компонента была сопоставлена с определенной областью или слоем внутри «железного ядра». Сравнительный анализ спектров, измеренных при двух температурах, показал изменение относительных площадей соответствующих компонент спектров при уменьшении температуры от 295 до 90 К. Данный результат был связан с протеканием в «железных ядрах» исследуемых образцов низкотемпературного структурного перехода [3].

1. Oshtrakh M.I., Semionkin V.A., Milder O.B. et al., *Spectroscopy*, 24, 593–599 (2010).
2. Alenkina I.V., Oshtrakh M.I., Klepova Yu.V. et al., *Spectrochimica Acta – Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 100, 88–93 (2013).
3. Oshtrakh M.I., Alenkina I.V., Vinogradov A.V. et al., *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 1, 317–332 (2016).

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ МАЛЬТОДЕКТРИНОМ

Касьянова В.В.<sup>1\*</sup>, Бажукова И.Н.<sup>1</sup>, Мышкина А.В.<sup>1</sup>,  
Бакшеев Е.О.<sup>1</sup>, Машковцев М.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ValentinaKasianova@yandex.ru](mailto:ValentinaKasianova@yandex.ru)

## PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF MALTODEXTRIN STABILIZED CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES

Kasianova V. V.<sup>1\*</sup>, Bazhukova I. N.<sup>1</sup>, Myshkina A. V.<sup>1</sup>,  
Baksheev E. O.<sup>1</sup>, Mashkovtsev M. A.

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Physical and chemical properties of maltodextrin stabilized cerium dioxide nanoparticles were investigated by optical spectroscopy. The ability of nanoparticles to mimic the enzyme catalase was also considered.

На сегодняшний день одной из актуальных задач в области нанотехнологий является поиск и исследование материалов, которые могут быть использованы с диагностическими и терапевтическими целями [1]. Большой интерес с этой точки зрения привлекает нанокристаллический диоксид церия.

Эффективность использования наночастиц диоксида церия в медицине напрямую связана с химическими свойствами их поверхности, которые являются результатом методики синтеза наночастиц. Использование при синтезе токсичных прекурсоров или стабилизаторов может существенно ограничить сферы биомедицинского применения данного материала. В связи с этим возникает проблема синтеза стабильных и при этом нетоксичных наночастиц  $\text{CeO}_2$ . На сегодняшний день уже предложено большое количество методов синтеза  $\text{CeO}_2$  для биомедицинских целей [2], однако получаемые при этом наночастицы не всегда удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям стабильности и нетоксичности. В данной работе наночастицы диоксида церия были синтезированы с использованием в качестве стабилизатора нетоксичного биологически совместимого мальтодекстрина. Преимуществом данного метода является возможность регулировки размера образующихся наночастиц путем варьирования концентраций соединений церия и мальтодекстрина, что в свою очередь позволяет изменить его биологическую активность.

Целью данной работы является исследование свойств полученных наночастиц  $\text{CeO}_2$  методом оптической спектрометрии, а также изучение проявляемой ими ферментоподобной активности.

Спектр оптического поглощения суспензии нанопорошка  $\text{CeO}_2$  (рис. 1) содержит широкую интенсивную полосу поглощения в области 200-450 нм с

максимумом при  $\lambda \approx 300$  нм. Появление данной полосы обусловлено фотоиндуцированными оптическими переходами с переносом заряда с 2p-орбитали кислорода на незаполненную 4f-орбиталь иона  $\text{Ce}^{4+}$  [4].

Для исследования каталазоподобной активности синтезированных наночастиц  $\text{CeO}_2$  в приготовленные на их основе суспензии была добавлена перекись водорода, после чего через 1 и 5 минут были измерены спектры их оптического поглощения. При добавлении  $\text{H}_2\text{O}_2$  оптическое поглощение в области 300-450 нм увеличивается (рис. 1), что можно объяснить образованием ионов  $\text{Ce}^{4+}$  при взаимодействии  $\text{H}_2\text{O}_2$  с ионами  $\text{Ce}^{3+}$ .

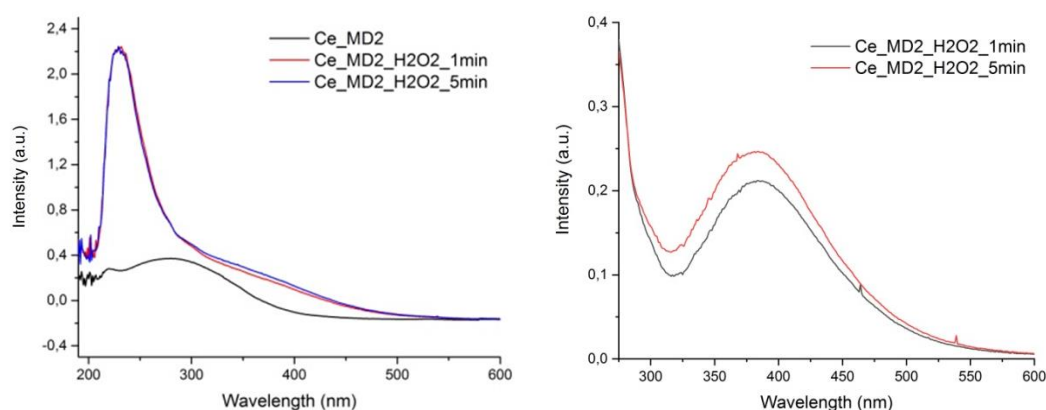


Рис.1. Спектры оптического поглощения наночастиц  $\text{CeO}_2$ , стабилизированных мальтодекстрином до и после добавления перекиси водорода (слева) и разностные спектры оптического поглощения  $\text{CeO}_2$  через 1 и 5 минут после добавления  $\text{H}_2\text{O}_2$  (справа)

Исследование возможностей применения данного материала в биомедицинской практике требует дальнейших исследований его свойств, а также проведения эксперимента с целью оценки токсичности нанопорошка и проявляемой им биологической активности.

1. Медведева Н.В., Ипатова О.М., Иванов Ю.Д., Дрожжин А.И., Арчаков А.И. Биомедицинская химия, 52, 529, (2006).
2. Das S., Dowding J.M., Klump K.E., McGinnis J.F., Self W., Seal S. Nanomedicine, 8(9), 1483, (2013).
3. Патент РФ №2484832, 04.04.2012.
4. Medalia A., Byrne B.. Anal Chem 23, 453 (1951).

## THE CYTOTOXIC EVALUATION AND REGENERATIVE POTENTIALS OF ISOFLAVONES IN DIABETIC ANIMAL MODELS

Duru K.C.<sup>1\*</sup>, Kovaleva E.G.<sup>1</sup>, Danilova I.G.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch RAS, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [kduru@urfu.ru](mailto:kduru@urfu.ru)

The present study evaluated the antidiabetic effect of daidzein based on its ability to lower blood glucose, and influence the regenerative mechanism of pancreatic  $\beta$ -cell in type 1 diabetic animal models. Furthermore, the cytotoxic effect of this isoflavone at dose of 100mg/kg and 200mg/kg of animal body weight was evaluated in the kidney.

Diabetes mellitus (DM) is a global burden afflicting a substantial population, the disease is characterized by the disruption of glucose homeostasis which arises from the dysfunction of insulin to act on peripheral tissues (insulin resistance). Disruption of glucose homeostasis results in damaging consequences to many vital organs such as the kidney, heart, eyes as well as the nervous system and, if left untreated, with a decrease in quality of life and an increased rate of mortality [1]. Isoflavones such as daidzein, genistein and glycitein are phytochemicals compounds richly found in leguminous plants, and have been suggested as potential antidiabetic agents owing to their ability to reduce hyperglycemia, and to act as an anti-inflammatory and antioxidant agents [2]. The present study is aimed to study the possible cytotoxic effect of daidzein at different doses, while simultaneously evaluating the regenerative potential of this phytochemical in diabetic animal models. Daidzein belongs to isoflavones, phytochemicals identified as potential antidiabetic therapeutic owing to their ability to lower hyperglycemia, counter reactive oxygen species, and reduce inflammation.

Animals were rendered diabetic using a single intraperitoneal injection dose of alloxan monohydrate at a dose of 170 mg kg<sup>-1</sup> body weight of animal. After 4 weeks of treatment with daidzein led to increase their body weight. The biochemical evaluation showed a decrease in glucose by 33% and Hb1Ac levels in the blood of diabetic animals as compared to the diabetic control group. Histological examination of kidney showed no structural changes even at doses of 200 mg/kg of animal body weight. Additionally, immunohistochemical and morphometric evaluation showed that isoflavones enhanced the proliferation of insulin producing cells in the pancreatic islet. It could be suggested from the findings that daidzein at dose of 100 or 200 mg/kg of animal body weight showed no cytotoxic effects, and act as possible hypoglycemic agent in type 1 diabetic animal model.

This work was supported by the RSF and RFBR under Grants 16-15-00039 and 18-29-12129mk, respectively, and the Ministry of Education of the Russian Federation within the framework of the basic part of the state task, Project №4.9514.2017/8.9.

1. Bjornholm M, Zierath, JR. *Biochem Soc Trans.*33, 354–7 (2005).
2. Duru KC, Kovaleva EG, et al., *Nutr research.* 59, 1–15 (2018)

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНОПОРОШКОВ $Al_2O_3+Ag$

Киселева М.А.<sup>1\*</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>1,2</sup>, Балезин М.Е.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский Федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [MaryVery20.05@yandex.ru](mailto:MaryVery20.05@yandex.ru)

## SYNTHESIS AND STUDY OF $Al_2O_3+Ag$ NANOPOWDERS COMPOSITE PROPERTIES

Kiseleva M.A.<sup>1\*</sup>, Sokovnin S.Yu.<sup>1,2</sup>, Balezin M.E.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics of the Ural Branch of RAS

Annotation. Due to bactericidal properties, silver nanopowders may be used as the basis of new classes of bactericidal preparations and pharmaceutical substances in medicine and agriculture. The analysis of aluminum oxide nanopowder with silver covering produced by radiation-chemical method in various liquid solutions was conducted. Also the antibacterial toxicity on different microorganisms was evaluated.

В последние десятилетия большое внимание уделяется нанопорошкам (НП) и их использованию в разных сферах человеческой деятельности. В частности, серебро является одним из самых перспективных веществ, используемых в медицине, благодаря своим уникальным антибактериальным[1], противовирусным[2], фотокаталитическим[3] и другим свойствам[4],[5]. Одним из актуальных применений наночастиц (НЧ) серебра является их комбинация с различными веществами, позволяющими получить комплексное действие композита и экономию серебра, например, такими как антибиотики, при сочетании с которыми увеличивается антимикробная активность[1], при симбиозе с противоопухолевыми лекарственными препаратами результатом стало увеличение уровня апоптоза раковых клеток[6] и т.д.

НП оксида алюминия является инертным (отсутствует токсическое действие) для биообъектов, поэтому имеет большой потенциал в медицинском применении.

Благодаря своим свойствам и возможности применения к биологическим организмам, в качестве исследуемого композита был выбран оксид алюминия, покрытый слоем серебра.

Целью работы было разработать оптимальные требования для создания композита: при разных дозах облучения и стабилизации растворов на основе глицерина и сорбита; с помощью различных поверхностно активных веществ определить наилучшие условия радиационной технологии создания наноразмерного серебряного покрытия на НП оксида алюминия. Кроме того, провели исследование антибактериальных свойств композитных НЧ при действии на микроорганизмы.

1. Salomoni R., Léo P. et al., Nanotechnology, Science and Applications, 10, 115 (2017).
2. Long YM., Yan-Min Long et al., International Journal of Nanomedicine, 12, 3193 (2017).
3. Tanori J., Vargas D. et al., BIT's 8<sup>th</sup> Annual World Congress of Nano Science & Technology-2018, 112 (2018).
4. Rónavári A., Igaz N. et al., International Journal of Nanomedicine, 13, 695 (2018).
5. Toh H.S., Faure R.L. et al., Nanotechnology, Science and Applications, 10, 147 (2017).
6. Yuan Y., Peng Q. et al., International Journal of Nanomedicine, 12, 6487 (2017).

## **АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МОДЕЛЯХ С ДИФФУЗИЕЙ**

Колиниченко А.П. \*, Ряшко Л.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kolinichenko\\_ale@gmail.com](mailto:kolinichenko_ale@gmail.com)

## **ANALYSIS OF STOCHASTICALLY FORCED TRANSITIONS IN DISTRIBUTED MODELS WITH DIFFUSION**

Kolinichenko A.P. \*, Ryashko L.B.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Spatiotemporal pattern formation examples are found in various fields of science. Study of this process is essential for researching complex dynamical systems. In this work, a distributed reaction-diffusion system is analyzed. It is shown that in the Turing instability zone this system generates various spatial patterns. Stochastic sensitivity of these patterns is investigated and studied.

Формирование пространственных паттернов является одной из форм самоорганизации в сложных динамических системах. Это явление связано с неустойчивостью Тьюринга. В соответствующих параметрических зонах пространственно-однородное состояние системы рассеивается с последующим образованием множества неоднородных структур.

В данной работе исследована распределенная система реакции-диффузии. Показано, что в параметрической зоне неустойчивости Тьюринга формируются пространственно-неоднородные структуры разной формы. Исследована мультистабильность системы при разных значениях системных параметров. Также рассмотрен сценарий генерации паттернов в параметрической зоне предельных циклов.

Отдельное внимание уделено стохастическим переходам между паттернами. Показано, что разные по форме структуры имеют разные степени устойчивости

к случайным возмущениям. Проведено моделирование процессов перехода и численный анализ чувствительности структур.

*Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект №16-11-10098).*

## **ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАДИОИММУНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ В ОНКОЛОГИИ**

Корус В.М.\*, Вазиров Р.А., Зафирова М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [korusvika@mail.ru](mailto:korusvika@mail.ru)

## **DOSIMETRIC CONTROL OF RADIOIMMOLOGICAL METHODS OF DIAGNOSTICS AND THERAPY IN ONCOLOGY**

Korus V.M.\*, Vazirov R.A., Zafirova M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work will examine radiation-immune therapy, namely the method of targeted therapy in oncology. We have studied the kinetics of the distribution of a monoclonal body associated with a radionuclide.

На сегодняшний день, основными методами лечения онкологических заболеваний являются хирургия, лучевая терапия и лекарственное лечение (таргетная, иммуноотерапия, химиотерапия), а также их комбинация. Основной целью лучевой терапии является подведение необходимой поглощенной дозы излучения к злокачественной опухоли. При проведении облучения ионизирующим излучением помимо опухолевых клеток повреждаются нормальные окружающие ткани. Поэтому при лечении и диагностике в онкологии требуется улучшение методов доставки радиоактивных изотопов к опухолевым клеткам.

Для решения этой проблемы и снижения лучевой нагрузки используются современные препараты для таргетной доставки радиоизотопов.

Суть данного метода заключается в направленном транспорте комплексов опухолеселективных белковых молекул – моноклональных антител, соединенных при помощи хелатирующих агентов с радионуклидом, в опухолевый очаг. Антитела специфически связываются с антигенными детерминантами на опухолевых или других клетках, а радионуклид уничтожает эти клетки путем локального облучения.[1]. Таргетные препараты способны повысить локализацию радиоизотопов в патологическом очаге, увеличивая дозовую нагрузку в опухоли и снижая в нормальных тканях

Целью данной работы является исследование кинетики распределения моноклонального антитела, соединенного с радионуклидом в организме человека и создание программного обеспечения, которое будет использоваться для расчета поглощенной дозы в зависимости от источника ионизирующего излучения и моноклоального антитела.

Для проведения исследований было выбрано моноклоальное антитело, которое используется для таргетной терапии. К нему был присоединен радионуклид, который в последствии воздействовал ионизирующим излучением на опухолевые клетки. Было исследовано, какую дозу радиации получают органы, взаимодействовавшие с данным антителом. С помощью созданного программного обеспечения была рассчитана поглощенная доза в исследуемом органе человека.

1. William Small, Jr ,Combining Targeted Biological Agents with Radiotherapy, 201,(2008)

## **RADIOBIOLOGICAL MODELLING-BASED COMPARISON OF RADIOTHERAPY PLANS FOR NASOPHARYNGEAL CANCER**

Kurzyukova A.Yu.<sup>1</sup>, Odlozilikova A.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Masaryk Memorial Cancer Institute, Faculty of Medicine Masaryk University, Brno, Czech Republic

\*E-mail: [odlozilikova@mou.cz](mailto:odlozilikova@mou.cz)

Abstract. In this study, we consider a comprehensive approach to the selection of an optimal treatment plan for a patient with nasopharyngeal cancer. The approach is based on the evaluation of not only dosimetric radiation parameters but also radiobiological ones. Hence, it provides information about long-term consequences that is crucial for a qualitative radiotherapy.

Despite the rapid development of technologies that promote high-precision target volume irradiation, it remains essential to consider a late normal tissue response since the radiation-related complications have a tremendous impact on the quality of life. The complications may depend on a decision regarding a type of ionizing radiation [1-2]. Nevertheless, prescribing the treatment for a patient, insurance companies mostly follow the ALARA principle (as low as reasonably achievable) that states achieving of the greatest benefit for the patient at the lowest expenses. Such a solution is not always the most effective one in terms of achieving a therapeutic effect. Thus, an integrated approach based on the analysis of physical (dosimetric) parameters as well as radiobiological calculations should take place in a real practice in order to determine the most convenient type of radiation therapy.



In the research, we compared irradiation plans for both proton and photon radiotherapy for a patient with nasopharyngeal cancer. All the irradiation plans were designed in separate planning systems and then, imported into the VARIAN Eclipse 11.0 planning system to be able to compare and analyze them. As the result, we received Dose-Volume Histograms (DVHs) reflecting the dose distributions in both tumor and organs at risk. These results were compatible with the radiobiological modelling program BioGray which allowed us to move from the dosimetric quantities to a biological effect of the doses [3]. Therefore, in the BioGray, we performed calculations of normal tissues complications probability (NTCP) as well as tumor control probability (TCP) that comprise information about the late complications. According to these probability values we compared both treatment plans for proton and photon therapy.

The data obtained in the experiment show that the plans comparison based only on the dose distribution depicted on DVHs is not sufficient, whereas the radiobiological modelling makes it possible to calculate the probability of late effects through the NTCP and TCP. Eventually, it contributes to the determination of a radiation therapy strategy that is more likely to destroy the tumor while preserving the vital organs.

1. Bhandare N., Mendenhall W.M., Journal of Nuclear Medicine and Radiation Therapy, 2, 1-9 (2012).
2. Nahum A.E., Uzan Ju., Computational and Mathematical Methods in Medicine, 1-13 (2012).
3. Matula P., Koncik J., Key to radiobiological modelling effects in radiation oncology, LAP LAMBERT Academic Publishing (2018).

## **ОЦЕНКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА БРАХИТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ VARISOURCE SERIES 200 В ПЕРИОД 2002-2017**

Курзюкова А.Ю.<sup>1</sup>, Одложиликова А.<sup>2\*</sup>, Тиха Г.<sup>2</sup>

- 1) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
- 2) Масариков онкологический институт, Медицинский факультет Масарикова университета, Брно, Чешская Республика

\*E-mail: [odlozolikova@mou.cz](mailto:odlozolikova@mou.cz)

## **ASSESSMENT OF THE VARISOURCE SERIES 200 BRACHYTHERAPY SYSTEM ERRORS OCCURRED IN 2002-2017**

Kurzyukova A.Yu.<sup>1</sup>, Odlozilikova A.<sup>2\*</sup>, Ticha H.<sup>2</sup>

- <sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
- <sup>2</sup>Masaryk Memorial Cancer Institute, Faculty of Medicine Masaryk University, Brno, Czech Republic

Abstract. The purpose of this paper is to analyze the errors and failures that occurred during the VariSource Series 200 Brachytherapy Unit operation for 2002 - 2017.

Согласно руководству пользователя фирмы Varian Medical Systems неисправности, полученные на брахитерапевтической установке VariSource Series 200, были разделены на следующие классы: ошибки персонала (класс 02) и неисправности оборудования (классы 06, 09, 0A).

Класс 02 связан с работой персонала и составил 66% от всех ошибок. При этом 34% всех поломок составляют неисправности, связанные с неправильной работой оборудования. Класс 06 включает в себя ошибки, являющиеся следствием неправильной работы аппаратного обеспечения. К классу 09 относятся ситуации, когда по каким-либо причинам невозможно поместить обратно в контейнер неактивный тестирующий провод. Неисправности класса 0A встречаются, когда система не может определить, находится ли источник излучения внутри контейнера или нет.

Полное количество неисправностей и ошибок за каждый год представлено на рисунке 1. Полученную картину можно объяснить следующим образом. Вначале было зарегистрировано большое количество ошибок, связанных с ошибками персонала, что может быть объяснено вводом новой установки в эксплуатацию и временем, необходимым для обучения персонала. Повторный рост количества сбоев наблюдался в период с 2013 - 2017 гг, что было связано с деградацией деталей установки.

Следует отметить, что 33% всех ошибок были обнаружены во время регулярного ежедневного тестирования установки, при этом сбои, зафиксированные при проведении брахитерапевтических процедур, составили 67%. Однако такие ошибки чаще всего случались по невнимательности персонала и могли быть

своевременно исправлены оператором системы или самим персоналом.

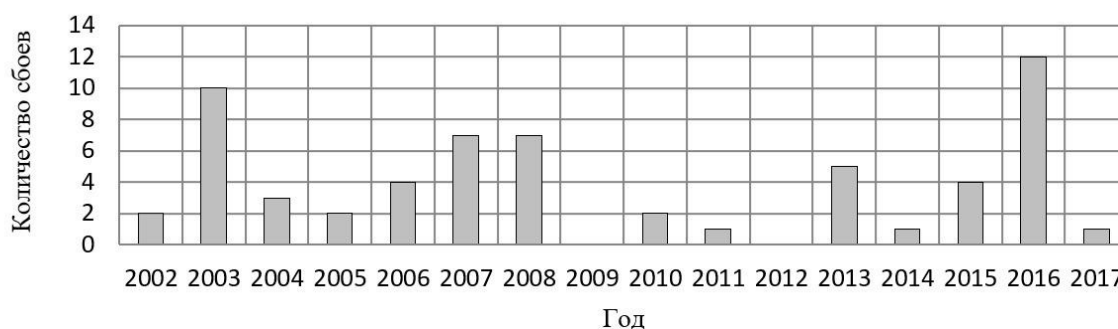


Рис. 1. Количество неисправностей на установке VariSource Series 200

На данной установке в Масарикиновом онкологическом институте было успешно облучено более 2000 онкологических пациентов за 15 лет. Поэтому в целом можно считать, что установка оправдала себя за время работы.

## MEDICAL BIOTECHNOLOGY: ITS PROSPECTS AND DEVELOPMENT

Abotrabi K.<sup>1\*</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [qusay2071@hotmail.com](mailto:qusay2071@hotmail.com)

Abstract. Medical (red) biotechnology is a process which utilizes organisms to improve health care and help the body to fight diseases. This technology is beneficial in the field of Veterinary science and poultry farming as well. Other areas where red biotechnology is useful are in the fields of tissue engineering, cancer research, production of biochips and so on.

Medical (red) biotechnology is a branch of modern biotechnology which is utilized in the field of medicine. It is of great value not only to the pharmaceutical industry but also to the medical profession as it facilitates the enhancement of the quality of life on one hand and the alleviation of human suffering on the other.

Red biotechnology has become a very important part of the medical field and is of tremendous use in the field of diagnostics, gene therapy and clinical research and trials.

Genetic engineering and the development and production of various new medicines to treat the different life threatening diseases, are also part of the benefits of red biotechnology. The various branches of medicine in which this technology assumes great importance are the production of combination vaccines like DPT, combined with Hepatitis B, Hepatitis A, as also a polio vaccine which is meant to be injected. This technology is beneficial in the field of Veterinary science and poultry farming as well. Other areas where red biotechnology is useful are in the fields of tissue engineering, cancer research, production of biochips and so on. The field of tissue engineering

utilizes this technology to produce artificial skin, bone, cartilage, and spinal discs. As such, tissue engineering deals with the process of tissue implantation.

The required cells are cultivated on bio- degradable and bio- compatible materials. Red biotechnology is also used in the treatment of Parkinson's disease as also in the field of cancer research. To treat Parkinson's disease, the technology helps to discover the mutations as well as the amplifications of the gene that causes the disease. In the field of cancer research, the technology makes it possible to detect whether the anti- cancer drugs are effective for a particular patient as the efficacy of these drugs depend on the gene disposition of the patient to whom the drug is administered.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ**

Летягин Д.К., Баранова А.А., Хохлов К.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [denletyagin@gmail.com](mailto:denletyagin@gmail.com)

## **INFLUENCE OF ALTERNATING HIGH-FREQUENCY MAGNETIC FIELD ON LIVING ORGANISMS**

Letyagin D.K., Baranova A.A., Khokhlov K.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this report the influence of alternating high-frequency magnetic field on living organisms is presented.

В настоящее время в медицинской практике известно большое количество способов воздействия на живые организмы с целью их излечения от онкологических заболеваний. Одним из таких воздействий является переменное высокочастотное магнитное поле определенных характеристик. Исследовалась зависимость биологического эффекта от таких характеристик поля, как: времени нарастания, амплитуды магнитной индукции, частоты. Перед нами стояла задача доказать или опровергнуть предположение о том, что переменное магнитное поле высокой частоты и определенных характеристик провоцирует гибель пораженных клеток.

Разработана и собрана электрическая схема, создающая переменное высокочастотное магнитное поле с возможностью отслеживания и программного изменения его характеристик.

Проведено исследование радиационно-индуцированной адаптации на дрожжевую культуру штамма *Saccharomyces cerevisiae*. Дрожжевая культура

содержалась в питательной среде состава: 4% сахара, 96% дистиллированной воды. Подсчет клеток осуществлялся при помощи камеры Горяева.

В результате работы выявлена зависимость выживаемости микроорганизмов от характеристик поля для различного времени воздействия. Найдено пороговое значение магнитного поля, которое запускает деструктивную реакцию в клетках.

1. Донник И.М., Волобуев А.П., Способ лечения злокачественных опухолей у собак, патент РФ 2348435, Бюл. изобретений № 7. (2009).
2. Дерстуганов А.Ю., Хохлов К.О., Усков Е.Д., Магнитотерапевтическая установка, Проблемы спектроскопии и спектрометр., Вып. 26., С. 282–291. (2010).
3. Донник И.М., Волобуев А.П., Усков Е.Д., Способ подавления функций и разрушения клеток злокачественных опухолей, патент РФ 2376043. (2009).

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА**

Липатникова А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [NL95@yandex.ru](mailto:NL95@yandex.ru)

## **MULTIFUNCTIONAL DEVICE FOR MONITORING HUMAN VITAL SIGNS**

Lipatnikova A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The goal of the work is to develop a device that allows measuring such physiological indices as ECG, skin resistance and photoplethismography.

To date, it is impossible to imagine medicine without the use of electronic medical equipment, whose primary purpose is to monitor the human health.

The relevance of the work is required because the interest in human health has increased, and the development of compact and portable devices have been gaining popularity now, especially wireless and long-distance data transmission.

The purpose of this work is to develop device that allows the conduct of evaluation measurements such human physiological characteristics as electrical activity of the heart (ECG), skin resistance and photoplethismography.

Device development was carried out in the Altium Designer program. It is a PCB and electronic design automation software package for printed circuit boards.

To ECG measurement operational amplifiers AD620 was used. It designed specifically for measuring biological potentials. For the skin resistance measurement an usual non-inverting amplifier was used.

Switching between the circuits of skin resistance and ECG measurement are carried out using analog switches controlled from a microcontroller.

To control the device clock buttons will be used. In total there will be 4 of them: on /off, 2 control buttons and an input button.

The microcontroller will use the following data interfaces: I2C and SPI. I2C interface is used in the chip for measuring photoplethysmography, the SPI interface is used in electronic potentiometer to adjust the gain in an ECG measurement circuit.

One of the important development parts is the organization of the device power supply. The device has both digital and analog components, so it is necessary to create separate digital and analog power and ground. The power requirements for the various components of the device are as follows:

- 1.8 V for power in the chip for photoplethysmography;
- 3.3 V to power the microcontroller;
- 5 V analog for powering operational amplifiers;
- 5V digital for display power.

In systems with mixed signals, it is desirable to physically divide the ground into digital and analog. This is done to ensure that currents flowing in digital circuits interfere with sensitive analog signals. Separate buses for analog and digital grounds were organized in this device. Their integration on the board will be through the low impedance jumper.

As a result, the electrical circuit of the device was developed and the PCB was traced. Due to the presence of digital and analog circuits in the device separate power and ground buses were organized, voltage converters were selected for this purpose.

## СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ОДИНОЧНЫХ КЛЕТОК МИОКАРДА

Логинова Д.В.<sup>1\*</sup>, Мячина Т.А.<sup>1,2</sup>, Бутова К.А.<sup>1,2</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dascha173@mail.ru](mailto:dascha173@mail.ru)

## A COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF METHODS FOR ISOLATION OF MYOCARDIAL SINGLE CELLS

Loginova D.V.<sup>1\*</sup>, Myachina T.A.<sup>1,2</sup>, Butova K.A.<sup>1,2</sup>, Khokhlova A.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute Immunology and Physiology, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

Myocardial single cells are used in a wide range of experimental techniques to study cardiac physiology at the cellular and subcellular levels. This comparative study provides a short overview of different methods for isolation of heart cells and assessment of their effectiveness.

Актуальной задачей физиологии и патофизиологии сердца является изучение электрофизической и сократительной функции миокарда на уровне одиночных кардиомиоцитов. Однако перед исследователями встаёт вопрос выбора методики выделения изолированных клеток сердца. В данной работе представлено три метода, которые отличаются реализацией, имеют свои преимущества и недостатки.

Наиболее часто применяется методика выделения по Лангендоффу, которая заключается в следующем: в аорту помещается канюля, через которую осуществляется активная перфузия по ретроградному типу. Для разделения ткани на отдельные кардиомиоциты используется раствор, содержащий коллагеназу, которая обеспечивает расщепление внеклеточного каркаса, с дальнейшей бережной механической дезагрегацией ткани[1]. Недостатком методики является то, что для её реализации требуется специальное оборудование и навык быстрого канюлирования аорты. В связи с этим необходим поиск альтернативных способов.

В работе представлено две такие методики. Одной из них является пассивная ферментативная обработка, которая заключается в том, что сердце измельчается и помещается в заранее приготовленные растворы, один из которых содержит коллагеназу. Преимуществом данной методики является простота реализации, возможность использовать сердце для экспериментов на разных уровнях организации миокарда, что позволяет снизить расход животных; не требует использования специального оборудования. Однако сохраняется проблема контроля состояния изолируемых клеток в ходе эксперимента.

Второй новой методикой является активная перфузия камер сердца без установки Лангендорфа при помощи шприца. Преимуществом данного метода

является полное погружение тканей сердца в перфузионный раствор и простота контроля за успешностью изоляции. Данная техника обеспечивает большее количество жизнеспособных кардиомиоцитов по сравнению с предыдущими [2].

Эффективность исследуемых методов выделения кардиомиоцитов из сердца крысы оценивали методом световой микроскопии, а также анализируя жизнеспособность кардиомиоцитов по окраске погибших клеток трипановым синим в течение 8 часов после выделения. Также была проведена оценка сократительной активности клеток сердца, полученных разными методами, по изменению длины саркомеров кардиомиоцитов в течение сократительного цикла.

*Работа поддержана Постановлением Правительства РФ №211 от 16.03.2013, темой № АААА-А18-118020590031-8.*

1. Iribe G, Kaneko T, Yamaguchi Y, Naruse K. Progress in biophysics and molecular biology, 115(2), 103-114 (2014)
2. Ackers-Johnson M, Li P, Holmes A, O'Brien S.-M, Pavlovic D, Foo R. Circulation research, 119, 909-920 (2016)



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕТРОСПЕКТИВНУЮ ЭПР-ДОЗИМЕТРИЮ ЗУБОВ ЖИТЕЛЕЙ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ловцевич Т.Л.<sup>1\*</sup>, Баранова А.А., Киселева Д.В.<sup>2</sup>, Щапова Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup>УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [lovtsevichtanya@gmail.com](mailto:lovtsevichtanya@gmail.com)

## PARAMETERS AFFECTING EPR DOSE RECONSTRUCTION IN THE TEETH OF SVERDLOVSK REGION RESIDENTS

Lovtsevich T.L.<sup>1\*</sup>, Baranova A.A.<sup>1</sup>, Kiseleva D.V.<sup>2</sup>, Shchapova Yu.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup>Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Annotation. EPR parameters such as lower limit of detection (LLD), linearity of dose response, variation of radiation sensitivity between different tooth enamel samples (intact, carious and with increased abrasion) as well as time/temperature stability of EPR biodosimetry in tooth enamel were investigated for the patients of Sverdlovsk region (Ekaterinburg and Novouralsk).

В настоящее время поглощенные дозы облучения определяют ретроспективно, используя биодозиметры, созданные природой [1]. В основе метода биодозиметрии лежит тот факт, что под действием ионизирующего излучения в некоторых биологических тканях и материалах накапливаются долгоживущие парамагнитные центры, количество которых пропорционально поглощенной дозе. Такие стабильные радиационно-индуцированные парамагнитные центры возникают, в частности, в эмали зубов и костях. Они жестко фиксированы и не могут рекомбинировать друг с другом [2]. Считывание информации о суммарной накопленной дозе в таком индивидуальном дозиметре осуществляется методом ЭПР-спектроскопии, регистрирующим радикалы, образовавшиеся на данный момент в эмали зубов [3-5].

Исследованы образцы эмали зубов (интактных, с кариозными поражениями, с повышенной стираемостью), удаленных у пациентов стоматологических клиник г. Екатеринбурга и г. Новоуральска по ортодонтическим показаниям.

Облучение образцов эмали проведено на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР-10-10С2 в инновационно-внедренческом центре радиационной стерилизации Физико-технологического института УрФУ. Регистрация ЭПР-спектров проведена на радиоспектрометре ESR-70-03 DX/2.

В результате эксперимента выявлены зависимости ряда параметров (пределов обнаружения, области линейности отклика дозы, вариаций радиационной чувствительности) зубной эмали с различными стоматологическими заболеваниями, влияющих на проведение ретроспективной ЭПР дозиметрии пациентов Уральского региона.

Результаты проведенных исследований актуальны в области биологической дозиметрии человека и позволяют оценить экологическую обстановку в Свердловской области.

Дополнительно планируется провести регистрацию ЭПР-спектров на радиоспектрометре Bruker Elexsys E580 (в лаборатории магнитного резонанса кафедры Теоретической физики и прикладной математики ФТИ УрФУ им. Б.Н.Ельцина).

*Спектроскопия ЭПР частично проведена в ЦКП «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.*

1. Н.Н. Бримкулов и др. Вестник КРСУ, том 2, № 1 (2002).
2. Тихонов А.Н. Электронный парамагнитный резонанс в биологии. Соросовский Образовательный Журнал, 11, 8-15 (1997).
3. С.Л. Вотяков и др. Физико-химические характеристики ископаемых костных остатков млекопитающих и проблема оценки их относительного возраста. Часть 2: ИК и радиоспектроскопия, микроскопия, 35-50 (2009).
4. Г.А. Вагнер. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. Москва, 243-252 (2006).
5. E. Demidenko et al. Radiation Measurements, 42, 1089–1093(2007).

### **ФЕРМЕНТАТИВНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ХИТОЗАНА С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА ЦЕЛЛОЛЮКС-А, ИММОБИЛИЗОВАННОГО НА ОКСИДЕ АЛЮМИНИЯ**

Любякина П.Н.<sup>1\*</sup>, Тамбасова Д.П.<sup>1</sup>, Антонов Д.О.<sup>1,2</sup>, Ковалева Е.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail [ms.lyubyakina@mail.ru](mailto:ms.lyubyakina@mail.ru)

### **ENZYMATIC DECOMPOSITION OF CHITOSAN USING COMPLEX ENZYME PREPARATION CELLOLUX-A IMMOBILIZED ON ALUMINUM OXIDE**

Lyubyakina P.N.<sup>1\*</sup>, Tambasova D.P.<sup>1</sup>, Antonov D.O.<sup>1,2</sup>, Kovaleva E.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The study of the catalytic activity of a heterogeneous catalyst based on aluminum oxide and the complex enzyme preparation CelloLux A in the reaction of chitosan hydrolysis, has been performed.

В настоящее время одним из перспективных направлений науки является переработка природных полимеров с целью создания на их основе медицинских

препаратов и биологически активных веществ. Так, хитин и хитозан (деацетилованный хитин), входящие в состав панцирей ракообразных, скелета насекомых и мицелия грибов, являются источником промышленного получения вещества глюкозамина, обладающего противоартрозной активностью. В промышленности основной способ получения глюкозамина – кислотный гидролиз. Альтернативным, более экологичным способом получения данного вещества является ферментативный гидролиз. Однако применение в промышленности ферментов ограничивается их дороговизной, этот недостаток устраняется при использовании иммобилизованных ферментов.

Данная исследовательская работа посвящена изучению каталитической активности комплексного ферментного препарата ЦеллоЛюкс-А, иммобилизованного на поверхности  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  в виде порошка, в реакции гидролитического разложения хитозана с целью получения глюкозамина и количественного определения спектрофотометрическим методом.

Комплексный ферментный препарат ЦеллоЛюкс-А был иммобилизован на поверхности порошкового  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с удельной поверхностью  $204 \text{ м}^2/\text{г}$  и со средним диаметром частиц  $2,60 \text{ мкм}$  физической адсорбцией и ковалентным связыванием с помощью глутарового альдегида, предварительно адсорбированного на поверхности оксида. Реакция ферментативного гидролиза хитозана со степенью ацетилирования  $18 \%$  проводилась при  $\text{pH}=5$  и температуре  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение суток. Оценка каталитической активности комплексного ферментного препарата проводилась по концентрации образовавшегося глюкозамина в гидролизате спектрофотометрическим методом при длине волны  $540 \text{ нм}$  по модифицированной методике Эрлиха-Моргана [1]. Было установлено, что наибольшей каталитической активностью обладает ЦеллоЛюкс-А, иммобилизованный на  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  путем ковалентного связывания с помощью глутарового альдегида, максимальная степень конверсии при данных условиях составила  $3,01 \%$ .

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 18-29-12129, 17-03-00641 и Минобрнауки РФ в рамках базовой части государственного задания, проект №4.9514.2017/8.9.*

1. Thomas W., Morgan J., Elson L.A. Biochem. J.,28, 988 (1934)

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GREEN BIOTECHNOLOGY

Alkhateeb M.K.<sup>1\*</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [kamalkhatib563@gmail.com](mailto:kamalkhatib563@gmail.com)

The section focuses on studying the genetic side of the organism and on the methods and techniques of gene transfer from one organism to another to modify an attribute or improve a defect.

Green biotechnology is a part of biotechnology in Agricultural, such as the production of genetically modified plants with a variety of benefits, non-chemical pesticides and bio-fertilizers.

Green biotechnology has opened up very wide horizons in plant production in terms of:

- The possibility of transferring the genes of some desired traits (such as temperature tolerance and lack of water from desert plants) to other plants.
- Control the sizes and shapes of fruits and plants in general (increase size and change color and shape as desired).
- Possibility of raising the nutritional value of food.
- Doubling the quantities of fine and complex fields.
- Production of biofuel.

Genetically modified foods are foods produced from organisms that have had specific changes introduced into their DNA with the methods of genetic engineering. These techniques have allowed for the introduction of new crop traits as well as a far greater control over a food's genetic structure than previously afforded by methods such as selective breeding and mutation breeding.

Green biotechnology is the use of genetically modified plants or animals for the production of more environmentally friendly agricultural solutions as an alternative to traditional agriculture, horticulture and animal husbandry.

- Address food safety issues
- Reduce the environment
- Fuel systems

Examples of this are the development of transgenic plants, which are designed for survival in precise environmental conditions. A major goal of green biotechnology is to increase the number of environmentally friendly solutions, for example, to find a way to eliminate the need for pesticides.

One hope is that green biotechnology can provide greener solutions than traditional industrial farming. An example of this is the creation of an installation for the expression of pesticides, which eliminates the need for the external use of pesticides.

## **СИНЕРГИЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ДРОЖЖИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЙ**

Маслова С.А., Бажукова И.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [serafimamaslova@mail.ru](mailto:serafimamaslova@mail.ru)

## **THE SYNERGY OF THE COMBINED EFFECTS OF IONIZING RADIATION AND ULTRASOUND ON YEAST CELLS**

Maslova S.A., Bazhukova I.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The combined effect of small doses of ultrasonic and ionizing radiation ( $\gamma$ -radiation of  $^{241}\text{Am}$ ) on the yeast culture of the *Saccharomyces cerevisiae* strain was studied. Yeast culture was contained in the nutrient medium, cell count was carried out using the Goryaev chamber. The synergistic effect of ultrasonic and ionizing radiation on the studied cell culture was found.

Исследование последовательного воздействия на клетки ультразвукового и ионизирующего излучений носит актуальный характер. Подобная совокупность воздействий встречается в клинической диагностике и терапии, и поэтому требует пристального внимания.

Толстая клеточная стенка дрожжей позволяет им быть резистентными по отношению к ультразвуковому воздействию и оставаться жизнеспособными при достаточно интенсивном и длительном ультразвуковом облучении. Благодаря этому их используют как модель для изучения действия ультразвука.

Синергетический эффект действия ультразвука (УЗ) и  $\gamma$ -излучения исследовался на дрожжевых клетках, находящихся в стационарной фазе роста. Обнаружено, что УЗ усиливал действие  $\gamma$ -излучения. В результате комбинированного действия факторов зафиксирована пониженная способность клеток к восстановлению, по сравнению с действием факторов по отдельности.

В работе в качестве объекта исследования использованы винные дрожжи штамма *Saccharomyces cerevisiae*. Биологические объекты содержались в питательной среде состава: 4% сахара, 96% дистиллированной воды. Разведение суспензии и дальнейшее выдерживание дрожжевых клеток в питательной среде осуществлялось при температуре 30°C. В качестве источника излучения был выбран изотоп  $^{241}\text{Am}$ . Воздействие УЗ-излучение осуществлялось с помощью установки АУЗХ-100-01-«ФОТЕК». Для изучения биологического эффекта действия ионизирующего излучения и УЗ определяли жизнеспособность клеток в культуре при помощи микроскопа МБИ-15 и камеры Горяева.

Предполагается, что ответственными за синергическое взаимодействие являются некоторые дополнительные эффективные повреждения, вызываемые комбинированными воздействиями. Степень выраженности синергизма зависит от

последовательности применения агентов (более высокая для последовательности  $\gamma$ -излучения + УЗ). Дополнительные летальные повреждения возникают в результате взаимодействия субповреждений, индуцированных обоими агентами, причем эти субповреждения не являются эффективными, когда агенты применяются раздельно.

## **ДИНАМИЧЕСКАЯ СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ИНТАКТНЫХ И ИНФИЦИРОВАННЫХ ВИРУСАМИ КЛЕТОК**

Михайлова Ю.А.<sup>1,2\*</sup>, Владимиров А.П.<sup>1,2</sup>, Бахарев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> «Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций»  
Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [julia\\_mikhailova2104@mail.ru](mailto:julia_mikhailova2104@mail.ru)

## **DYNAMIC SPECKLE-INTERFEROMETRY OF INTACT AND VIRUS-INFECTED CELLS**

Mikhailova Yu.A.<sup>1,2</sup>, Vladimirov A.P.<sup>1,2</sup>, Bakharev A.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> «Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections» of Rospotrebnadzor,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The report aim is to familiarize with the application of dynamic speckle interferometry method for the study of cultured cells infected with ECHO11 virus. The obtained data are compared with the speckle dynamics regularities obtained earlier in the study of cells infected with another virus.

При освещении тонкого биологического объекта лазерным излучением, на экране, расположенным на некотором расстоянии от объекта, наблюдается в макроскопическом смысле однородная, но в микроскопическом смысле неоднородная структура рассеянного излучения. Неоднородности, или спеклы (в переводе с англ. – пятно) случайного размера и яркости появляются в результате взаимной интерференции многих когерентных волн, распространяющихся от центров рассеяния со случайными амплитудами и фазами. Если в наблюдаемом объекте происходят микроскопические процессы, локально изменяющие показатель преломления среды, то интерференционная картина спеклов будет меняться – наблюдается динамика спеклов.

В настоящее время биоспеклы применяются для изучения активности различных биологических объектов. В работе [1] для тонкого прозрачного объекта представлена теория и методика, позволяющие по спекловым изображениям изучать изменения средних значений, дисперсии и времена релаксации разности оптических путей волн. В работе [2] показано, что метод регистрации динамики спеклов

позволяет различать процессы, происходящие в интактных клетках и клетках, зараженных вирусом герпеса первого типа (ВПГ-1).

Цель работы – установление закономерностей динамики спеклов в плоскости изображения монослоя культивированных клеток в случае заражения другим вирусом.

Объектом исследования являлись клетки Л-41 из коллекции Банка-музея клеточных культур ФБУН ЕНИИВИ Роспотребнадзора. Для экспериментов использовался монослой клеток (250 тыс. клеток в монослое) на стеклянной подложке, помещенной в прозрачную кювету с питательной средой. Клетки заражались вирусом ЕСНО11 по стандартной методике.

В экспериментальной установке в качестве источника света использовался полупроводниковый лазерный модуль KLM-D532-20-5 ( $\lambda = 0,532$  мкм). Излучение от модуля попадало на матовый диффузер, далее – на кювету с объектом исследования, затем – на объектив с диафрагмой, формирующей картину спеклов. В опытах использовалась монохромная телекамера типа Видеоскан – 415/П/К-USB (время экспонирования составляло 9 с). Оптическая система установки находилась в жидкостном термостате для поддержания необходимой для нормальной жизнедеятельности клеток температуры. Запись кадров – картин спеклов – осуществлялась в течение 15-24 часов. Исследуемым параметром являлся коэффициент корреляции  $\eta$  фрагмента цифрового спеклового изображения, зарегистрированного в начальный и текущий моменты времени. По величинам  $\eta$  впервые получены значения среднеквадратических отклонений  $\sigma_{\eta}$  разности оптических путей пар волн, характеризующих активность клеток с вирусом ЕСНО11. Показано, что значения  $\sigma_{\eta}$  для вируса ЕСНО11 в 4,5 раза больше величины  $\sigma_{\eta}$ , полученной для вируса ВПГ-1. Сделан вывод о необходимости дальнейших исследований для изучения воспроизводимости результатов на разных клетках при больших и малых увеличениях оптической системы.

1. Владимиров А.П., Известия вузов. Радиофизика, 57, 632 (2014).
2. Владимиров А.П. и др., Медицинская техника, 4, 8 (2014).

## EFFECT OF ACTIVITY PARTICLE SIZE DISTRIBUTION ON DEPOSITION FRACTION OF INHALED RADON DECAY PRODUCTS IN HUMAN RESPIRATORY SYSTEM

Sara Sakr<sup>1</sup>, M. Y.A. Mostafa<sup>1,2\*</sup>, A. Mohamed<sup>1</sup>, A.A. Ahmed<sup>1</sup>, Mona moustafa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Department of Physics, Minia University, El-Minia, Egypt

<sup>2</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [Mostafa\\_85@mail.ru](mailto:Mostafa_85@mail.ru)

The activity particle size distribution is an important factor governing if the aerosols can be deposited at various respiratory tract regions in human. Radon decay products are the second cause of lung cancer after smoking. A lot of dosimetric models have been built in to calculate the effective dose and effective depth dose in different region and tissues of human respiratory system<sup>1</sup>. The deposition fraction estimation is the first step of dose calculation. Therefore, the dependence of radioactive aerosols deposition fraction in human respiratory system on their size should be studied. In this work, the activity size distributions of <sup>222</sup>Rn decay products (<sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Pb and <sup>214</sup>Bi,) are measured in indoor air. Only unattached fraction of <sup>218</sup>Po (active median thermodynamic diameter AMTD~ 1-1.5 nm) was measured with developed diffusion battery. Nearly 85% of <sup>218</sup>Po activity is free with its short half-life time. Most of the measured attached activities of (<sup>214</sup>Pb and <sup>214</sup>Bi) are associated with the aerosol particles of the accumulation mode (0.2 μm to 2 μm). The activity distribution of the two radionuclides is typically identical. The active median aerodynamic diameter (AMAD) is 0.42 μm with a geometric standard deviation (GSD) of 3.4. Given that dose estimation is sensitive to environmental conditions and based on the obtained experimental results, the local energy deposition of (<sup>214</sup>Pb and <sup>214</sup>Bi) by adult male for various levels of physical exertion (sleeping, sitting, light exercise and Heavy exercise) is computed with LUDEP program. For unattached particles (1-5 nm) nearly 98% are deposited unlike accumulated fraction (0.42 μm in our case) not more 30 % is deposited in the respiratory system.

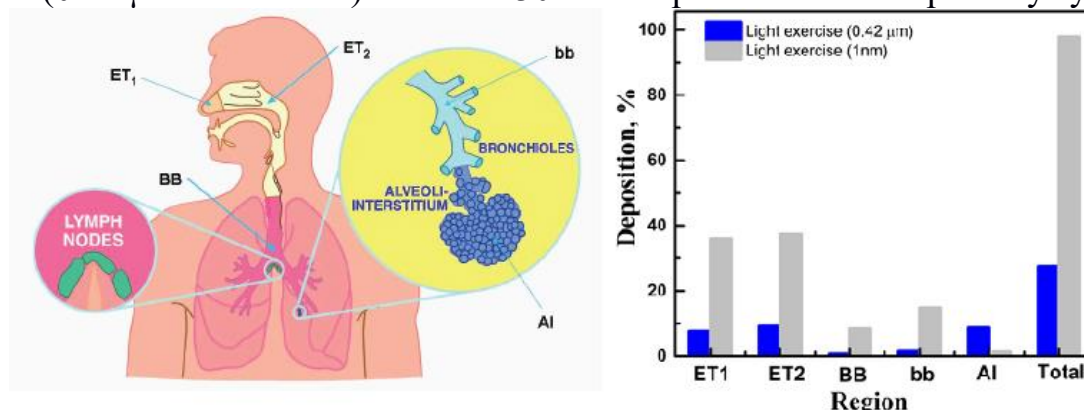


Fig. 1. Deposition fractions of attached (0.42 μm) and unattached (1 nm) radon progeny in different regions of human respiratory tract for physical exertion light exercise.

3. Yuness M, Mohamed A, AbdEl-hady M, et al. Appl Radiat Isot., 97, 34-39 (2015)



## ПРИМЕНЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ СТРУКТУРНЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАРДИОМИОЦИТОВ

Мячина Т.А.<sup>1,2</sup>, Лукин О.Н.<sup>1,2</sup>, Бутова К.А.<sup>1,2</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии  
наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [myachina.93@mail.ru](mailto:myachina.93@mail.ru)

## THE USE OF FLUORESCENT DYES IN THE STUDIES OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CARDIOMYOCYTES

Myachina T.A.<sup>1,2</sup>, Lookin O.N.<sup>1,2</sup>, Butova K.A.<sup>1,2</sup>, Khokhlova A.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

Investigation of the structure and function of heart cells requires the use of different types of fluorescent probes. For this purpose, calcium sensitive and potentiometric dyes are used simultaneously in this study. This method allows one to register the dynamics of  $Ca^{2+}$  ions in a cell and improve the current algorithm for determining the mean sarcomere length of a cardiomyocyte.

Нарушения структуры и функции клеток сердца являются причиной заболеваний сердечно-сосудистой системы. В данном исследовании для комплексного анализа структуры кардиомиоцита и его механической функции были одновременно использованы ион- и потенциал-чувствительные флуоресцентные красители.

Потенциал-чувствительные красители фиксируются на поверхности клеточной мембраны и применяются не только для регистрации мембранного потенциала, но и для визуализации t-тубул, что позволяет использовать их для определения средней длины саркомера. В этом исследовании были применены флуорофоры di-4-ANEPPS (возбуждение – 450/510 нм, эмиссия – >570 нм) и di-4-ANBDQPQ (возбуждение – 650 нм, эмиссия – 720 нм).

Ион-чувствительные флуоресцентные красители связываются с ионами внутри клетки и используются для измерения их концентрации. Так как ионы  $Ca^{2+}$  играют важную роль в регуляции электромеханического сопряжения в сердечной клетке, особый интерес представляют  $Ca^{2+}$ -чувствительные красители. В данном исследовании были использованы  $Ca^{2+}$ -чувствительные флуорофоры fluo-8 (возбуждение – 490 нм, эмиссия – 520 нм) и rhod-2 (возбуждение – 552 нм, эмиссия – 581 нм).

Работа выполнялась на одиночных изолированных кардиомиоцитах, полученных методом ретроградной (по Лангендорфу) перфузии изолированного

сердца мелких грызунов раствором с добавлением коллагеназы, расщепляющей внеклеточный каркас. Окраска клеток осуществлялась по стандартным протоколам, представленным в литературе.

Регистрация флуоресценции осуществлялась с помощью конфокального микроскопа Carl Zeiss серии LSM-710, имеющего несколько лазерных источников: Ar-лазер (458, 488, 514 нм; 25 мВт), DPSS-лазер (561 нм; 20 мВт), HeNe-лазер (633 нм; 5 мВт), которые позволяют работать с мультиканальной флуоресценцией. В ходе эксперимента с временным дискретом 1-3 мс, достаточным для точной регистрации процессов, происходящих в клетках, выполнялось сканирование изображений флуоресцентно-окрашенных клеток с последующим анализом динамики флуоресценции.

Совместное применение  $Ca^{2+}$ - и потенциал-чувствительных флуоресцентных красителей позволило одновременно визуализировать  $t$ -тубулы клетки и регистрировать изменения внутриклеточного  $Ca^{2+}$  и средней длины саркомеров клетки миокарда. Также в работе было проведено сравнение работы алгоритма определения средней длины саркомера кардиомиоцита без применения и с применением флуоресцентных красителей.

*Работа поддержана Постановлением Правительства РФ №211 от 16.03.2013, темой № АААА-А18-118020590031-8 и РНФ № 18-74-10059 (анализ динамики внутриклеточного  $Ca^{2+}$ ).*

## СТОХАСТИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ В ДВУМЕРНОМ ДИСКРЕТНОМ ОТОБРАЖЕНИИ НЕЙРОНА

Насырова В.М.\*, Ряшко Л.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nasyrova.ven@yandex.ru](mailto:nasyrova.ven@yandex.ru)

## STOCHASTIC OSCILLATIONS IN A TWO-DIMENSIONAL DISCRETE MAP OF A NEURON

Nasyrova V.M.\*, Ryashko L.B.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. We study the two-dimensional Rulkov model with discontinuous function under the influence of random disturbances. We considered a zone where periodic oscillations are observed. The impact of random disturbances on the system leads to a change in the regime of neural activity. Using direct numerical simulation, the stochastic sensitivity function technique and the method of confidence domains, we describe this phenomenon.

В последнее время интенсивно развивается изучение динамических принципов и механизмов, которые происходят в нейронных сетях. Исследования

нейронных сетей основано на численном моделировании систем с большим количеством взаимосвязанных нейронов. В связи с этим важно изучение систем, которые демонстрируют разнообразие динамики одного нейрона. Для описания подобной динамики все чаще используют феноменологические модели на основе дискретных отображений. Здесь внимание привлекает двумерное отображение, предложенное Рутьковым [1]. Данная модель демонстрирует три основных типа нейронной активности: покой, спайкинг и берстинг. Так как нейрон – это живая клетка, то она способна реагировать на случайные возмущения. Под воздействием шумов в дискретном отображении Рутькова происходит изменение режима нейронной активности от спайкинга к стохастическому берстингу, что сопровождается изменением характера осцилляций: от периодических к хаотическим. Данный стохастический феномен можно исследовать прямым численным моделированием, однако данный метод для параметрического анализа требует много времени. Поэтому в нашей работе мы использовали методы функции стохастической чувствительности (ФСЧ) и доверительных областей [2]. Данные методы были успешно применены для двумерной модели Рутькова без разрыва [3, 4].

Целью нашей работы было исследование двумерной модели Рутькова с разрывом в зоне, где наблюдаются периодические осцилляции, под воздействием случайных возмущений. С помощью методов ФСЧ и доверительных областей мы исследовали изменение порогового значения интенсивности случайных возмущений при разных параметрах, а также описали характер изменения осцилляций.

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-11-10098).*

1. Rulkov N.F., Phys. Rev. E., 65, 041922 (2002).
2. Bashkirtseva I., Ryashko L., Tsvetkov I., Dyn. Cont. Discr. Impul. Syst., Ser. A: Math. Analysis, 17, 501 (2010).
3. Irina Bashkirtseva, Venera Nasyrova, Lev Ryashko, Chaos, Solutions and Fractals, 110, 76 (2018).
4. Irina Bashkirtseva, Venera Nasyrova, Lev Ryashko, Commun Nonlinear Sci Numer Simulat, 63, 261 (2018).

## ТРИТИЙ И УГЛЕРОД-14 В ВЫБРОСАХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК

Назаров Е.И.<sup>1\*</sup>, Пышкина М.Д.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [e.nazarov1005@gmail.com](mailto:e.nazarov1005@gmail.com)

## TRITIUM AND CARBON-14 IN DISCHARGES OF REACTOR INSTALLATIONS

Nazarov E.I.<sup>1\*</sup>, Pyshkina M.D.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Conservative estimate of the C-14 and H-3 discharges into atmosphere was made for all reactor installations in the world. The results showed that discharges from all NPP of the world during the whole operation time contribute less than 1% to the atmospheric concentration of C-14 and H-3. The main contribution was made by the testing of nuclear weapons in the second half of the 20th century. The method of C-14 and H-3 control is suggested.

В настоящее время важным практическим способом подтверждения безопасной работы АЭС является мониторинг выбросов радионуклидов в атмосферу [1]. Наибольший вклад в годовую активность выбросов АЭС, за исключением инертных газов, вносят тритий (<sup>3</sup>H) и углерод-14 (<sup>14</sup>C) [2, 3]. С целью оценки поступления <sup>14</sup>C и <sup>3</sup>H в атмосферу, были рассмотрены данные производственного радиационного контроля на всех АЭС Европы с различными типами реакторных установок в период с 1995 по 2016 гг. Для каждого типа реакторных установок рассчитаны средние и медианные показатели удельного выброса <sup>14</sup>C и <sup>3</sup>H в атмосферу. На основе полученных данных произведена консервативная оценка вклада выбросов АЭС мира за все время их эксплуатации в содержание <sup>14</sup>C и <sup>3</sup>H в атмосфере. Полученные результаты показали, что вклад выбросов АЭС в содержание <sup>14</sup>C и <sup>3</sup>H в атмосфере составляет менее 1%. Основной вклад в атмосферную активность данных радионуклидов за последние 60 лет был обусловлен испытаниями ядерного оружия во второй половине XX века.

Существенный вклад <sup>14</sup>C и <sup>3</sup>H в активность выбросов АЭС является основанием для ведения рутинного мониторинга данных радионуклидов. В связи с этим, возникла необходимость разработки стенда для отбора проб <sup>14</sup>C и <sup>3</sup>H из вентиляционной трубы реакторной установки. В стенде отбор проб ведется методом барботирования, в качестве абсорбента для <sup>14</sup>C используется Na(OH), для <sup>3</sup>H – дистиллированная вода. Предлагаемый метод позволяет измерять объемную активность <sup>14</sup>C и <sup>3</sup>H с НПИ не выше 7 Бк/м<sup>3</sup> и 5 Бк/м<sup>3</sup> соответственно.

1. Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты: серия норм безопасности МАГАТЭ, №. RS-G-1.8, Вена: Международное агентство по атомной энергии (2016).

2. Екидин А.А., Жуковский М.В., Васянович М.Е., Атомная энергия, №. 2, С. 106-108 (2016).
3. Пышкина М.Д., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, №. 2 (18), С. 98-107 (2017).

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРЕНИЕ КАРДИОМИОЦИТОВ ПРЕДСЕРДИЙ ЧЕЛОВЕКА И СОБАКИ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Нестерова Т.М.<sup>1</sup>, Шмарко Д.В.<sup>1,2</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2\*</sup>, Соловьёва О.Э.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [konstantin.ushenin@urfu.ru](mailto:konstantin.ushenin@urfu.ru)

## IN SILICO STUDY OF CARDIOMYOCYTES AGING IN HUMAN AND CANINE ATRIUMS

Nesterova T.M.<sup>1</sup>, Shmarko D.V.<sup>1,2</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2\*</sup>, Solovyova O.E.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

In this work, we study aging in atrial cardiomyocytes of human and canine using four computer models. Obtained results reveal the importance of IK1 current in changes that observed in atrial cardiomyocytes during aging.

Возрастные изменения электрофизиологических свойств кардиомиоцитов предсердий влияют на аритмогенный субстрат мерцательных аритмий и индивидуальную чувствительность к лекарственным препаратам. Несмотря на хорошо описанную электрофизиологическую функцию кардиомиоцитов предсердий человека, ее изменение с возрастом все еще является предметом дискуссий, в основном, в связи с отсутствием экспериментальных данных.

В нашем исследовании методами математического моделирования были проанализированы особенности нормальных возрастных изменения кардиомиоцитов предсердий человека и собаки.

В трех моделях кардиомиоцитов предсердий человека ([1], [2], [3]) и одной модели собаки [4] была ингибирована максимальная проводимость  $Ca^{2+}$  тока L-типа ( $I_{CaL}$ ) на 50% и был увеличен внутренний выпрямленный ток ( $I_{to}$ ) на 40%, что соответствует экспериментальным данным по возрастным изменениям этих токов у собак, полученных методом локальной фиксации потенциала [5].

Все модели отвечали на введенные изменения падением высоты точки максимального перегиба потенциала действия (dome-регион, переход со спайка к плато), что соответствует экспериментальным данным для собак. Однако, только

модель [1] ответила увеличением длительности потенциала действия на уровне 90%, который наблюдается у собак во множестве экспериментальных работ. Для объяснений данных результатов был проведен сравнительный анализ чувствительности всех рассмотренных моделей к изменению максимальной проводимости каждого тока по отдельности. На основании этого анализа сделан вывод, что форма калиевых каналов внутреннего выпрямления ( $I_{K1}$ ) ответственна за наблюдаемую разницу в поведении моделей. Разница в особенностях этого тока у человека и собаки может является основной причиной различий между электрофизиологической функцией кардиомиоцитов предсердий человека и собаки в позднем зрелом возрасте.

1. Courtemanche M. et al., American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 275, H301-H321 (1998)
2. Maleckar M. M. et al., Progress in biophysics and molecular biology, 98, 161-170 (2008)
3. Nygren A. et al. Circulation research, 82, 63-81 (1998)
4. Ramirez R. J. et al., American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 279, H1767-H1785 (2000)
5. Dun W. et al., Cardiovascular Research, 58, 526-534 (2003)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФОРМ ЙОДА-131 В ВЫБРОСАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Никитенко Е.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [e.i.nikitenko89@gmail.com](mailto:e.i.nikitenko89@gmail.com)

## **DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL FORMS OF IODINE-131 EMISSIONS OF THE INDUSTRIAL REACTOR UNIT**

Nikitenko E.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. To improve the system of cleaning of emissions of radioactive substances, aiming to minimize radiation exposure of the industrial reactor unit the study of physical forms and chemical compounds of radioactive iodine to a cascade of filters of a ventilation system. It is shown that the gas-aerosol mixture in the vent system before the gas purification system mainly contains radioactive iodine in the form of gaseous organic compounds. For  $^{131}\text{I}$ , the most probable ratio of the volume activity of organic compounds, molecular compounds and iodine aerosols was obtained-98.99%; 0.94% and 0.07% respectively.

Для получения продукции различного назначения на ФГУП «ПО «Маяк» эксплуатируется промышленная реакторная установка. Вследствие не герметичности оболочек топливных элементов радиоактивный йод поступает в

теплоноситель и воздушную среду системы вентиляции. По результатам ряда оценок радиоактивный йод входит в число основных дозообразующих радионуклидов при облучении населения от выбросов реакторных установок [1-3]. В публикациях МАГАТЭ изотопы йода  $^{131}\text{I}$  и  $^{133}\text{I}$  рассматриваются, как важные факторы радиационного воздействия от выбросов ядерных реакторов [4].

Механизмы преобразования изотопов йода в формы и соединения на этапах перемещения от активной зоны реактора до атмосферы остаются недостаточно изученными. Метод исследования основан на различии осаждения радиойода на трех типах фильтров, что позволяет определить отдельно аэрозольную, молекулярную и органическую формы  $^{131}\text{I}$  [5-7].

Показано, что газоаэрозольная смесь перед системой газоочистки, в основном содержит радиоактивный йод в форме газообразных органических соединений. Для  $^{131}\text{I}$  получено наиболее вероятное соотношение объемной активности органических соединений, молекулярного соединения и аэрозолей йода – 98,99%; 0,94% и 0,07% соответственно.

1. Екидин А.А., Жуковский М.В. и др., Атомная энергия. 2016. Т. 120. № 2. С. 106-108.
2. Пышкина М.Д., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 98-107.
3. Екидин А.А., Васильев А.В. и др., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 67-74.
4. INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Environmental Impact of Stressors, NG-T-3.15, IAEA, Vienna, 2016.
5. Екидин А.А., Васянович М.Е. и др., Атомная энергия. – 2016. – Т. 121. – № 4. – С. 237-239.
6. Екидин А.А., Васянович М.Е. и др., Вопросы радиационной безопасности. 2016. № 3 (83). С. 17-24.
7. Екидин А.А., Васянович М.Е. и др., Ядерная физика и инжиниринг. 2017. Т. 8. № 6. С. 563-569.

## **АНАЛИЗ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Никитенко Е.И.<sup>1\*</sup>, Терентьев Д.А.<sup>1</sup>, Пышкина М.Д.<sup>2</sup>, Екидин А.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [e.i.nikitenko89@gmail.com](mailto:e.i.nikitenko89@gmail.com)

## **ANALYSIS OF APPLIED SOFTWARE PRODUCTS FOR THE CALCULATION OF EMISSIONS OF THE ATOMIC INDUSTRY ENTERPRISES**

Nikitenko E.I.<sup>1\*</sup>, Terentjev D.A.<sup>1</sup>, Pyshkina M.D.<sup>2</sup>, Ekidin A.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The calculations of effective dose on critical population group in critical point were performed using CAP-88 v3, GENII and PDV ARM program codes. The influence of diapason of used meteorological data was determined. Contribution of year season on estimation of effective dose was studied.

Нормативы предельно допустимых выбросов для объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) устанавливаются исходя из выделенной квоты эффективной дозы облучения населения. Оценка воздействия ОИАЭ на население оценивается в критической точке на критическую группу населения с учетом радиоактивного распада нуклидов, их вымывания с осадками, гравитационным осаждением, а также с учетом турбулентного рассеивания примеси в атмосфере. Оценка эффективной дозы населения ведется с учетом путей облучения: облучение от радиоактивного облака, облучение от осажденных радионуклидов на поверхность почвы, ингаляционное поступление радиоактивных веществ и поступление нуклидов с пищей. Расчеты эффективной дозы облучения населения от выбросов ОИАЭ являются трудоемкой задачей, для решения которой применяются компьютерные коды.

В данной работе было проведено сравнение результатов расчетов эффективной дозы облучения критической группы населения в критической точке с использованием трех программных продуктов: CAP-88 v3, GENII и PDV ARM. Также исследованы влияние объема выборки метеорологических данных на формируемое воздействие на население, вклада времени года на выбросы предприятия атомной промышленности в критических точках.

*Работа выполнена при поддержке Уральского отделения Российской академии наук, проект 18-11-2-2.*



## ADVANCEMENT OF FOOD PROCESSING BIOTECHNOLOGY IN DEVELOPING COUNTRIES

Okechukwu Q.N.<sup>1\*</sup>, Javed F.<sup>1</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [queencyokechukwu@gmail.com](mailto:queencyokechukwu@gmail.com)

**Abstract:** Biotechnology is an applied science which represents a blending of the principles and practice of biochemistry, genetics and microbiology. The recent breakthroughs in molecular biology have transformed biotechnology into a precision science. These developments have brought in further refinements to areas like protein chemistry, nucleic acid biochemistry, fermentation and immunology, which unfortunately are not common to developing countries.

In its broadest definition, biotechnology is any technique which uses living organisms to make products, to improve plants or animals, or to develop microbes for specific uses. Food processing which transforms raw ingredients into food makes use of various unit operations and technologies to convert relatively bulky, perishable and typically inedible raw materials into more useful shelf-stable and palatable foods or potable beverages. Processing contributes to food security by minimizing waste and losses in the food chain and by increasing food availability and marketability.

Biotechnology is being applied in ways that will affect agriculture, health, the environment, and many other aspects of science and industry in the decades to come. Most current applications are centred in the developed countries and, as a result, priorities for research and development are, in general, established by these nations.

In developing countries about 650 million of the poorest people live in rural areas where the local production of food is the main economic activity. Here, subsistence farmers eke out meager livings, and the ability to provide enough food for survival is often less than assured, the vital importance of staple crops such as rice, sweet potato and cassava cannot be overstated. Burgeoning population, especially in the developing world, will soon outstrip food production [1].

As the number of biotechnology-derived products increases, they can be expected both to coexist with conventional products and to replace them. The development of new products, and the competition and new opportunities they will create, has serious implications for developing countries. Biotechnology processes depend on sources of raw materials that can be processed into new products with a much higher value [2]. These biological resources are found naturally in many developing countries, but are at risk due to ever-increasing populations, agricultural expansion, logging, and resettlement programs. Without a sustained conservation effort, many species of plants and animals will disappear. Continued loss of biodiversity would be a serious blow to biotechnology and this situation begs for cooperation between countries that are rich in biological resources but poor in technological resources, and countries that are rich in technological resources but poor in biological resources.

This document discusses the prospects and potential of applying biotechnology in food processing operations in developing countries. The objective is to address food security and respond to changing consumer trends in developing countries by addressing food safety issues through the incorporation of biotechnology in safe processing and preservation in food systems.

1. Edwardson, W and Graham, E. (eds). *Biotech. in Dev. Countries*. Int. Dev. Res. Centre Env.t and Nat. Res. Div. (1994)
2. Prakash C. S. *AgBioWorld* (2011)

### **МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИЙ СЛЕЗНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ТРАНСМИССИОННОЙ И ЭМИССИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Панкин С.В.<sup>1\*</sup>, Сюрдо А.И.<sup>1,2</sup>, Панкин В.В.<sup>1,3</sup>, Сарычев М.Н.<sup>1</sup>, Зеленин А.В.<sup>4</sup>,  
Агеев А.Н.<sup>5</sup>, Ободов В.А.<sup>6</sup>, Щелканов А.А.<sup>1</sup>

- 1) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
- 2) Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
- 3) Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
- 4) Областная детская клиническая больница №1, г. Екатеринбург, Россия
- 5) Областная клиническая больница №1, г. Екатеринбург, Россия
- 6) АО Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [savva.pankin@urfu.ru](mailto:savva.pankin@urfu.ru)

### **A METHOD FOR DIAGNOSING PATHOLOGIES OF THE LACRIMAL AND SALIVARY GLANDULAR STRUCTURES USING COMBINED TOMOGRAPHIC METHODS OF TRANSMISSION AND EMISSION DIAGNOSTICS**

Pankin S.V.<sup>1\*</sup>, Syurdo A.I.<sup>1,2</sup>, Pankin V.V.<sup>1,3</sup>, Sarychev M.N.<sup>1</sup>, Zelenin A.V.<sup>4</sup>, Ageev  
A.N.<sup>5</sup>, Obodov V.A.<sup>6</sup>, Shchelkanov A.A.<sup>1</sup>.

- 1) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
- 2) M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
- 3) Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia
- 4) Regional Children's Clinical Hospital, Yekaterinburg, Russia
- 5) Regional clinical hospital №1, Yekaterinburg, Russia
- 6) IRTC Eye Microsurgery Yekaterinburg Center, Yekaterinburg, Russian Federation

Pathology of the lacrimal glands is one of the most important factors complicating the work of the visual apparatus. Assessment of morphofunctional changes of the tear-producing organ of the organ of vision allows to assess the degree of gland damage.

Патология слезных желез является одним из важнейших факторов, осложняющих работу зрительного аппарата [1]. Оценка морфофункциональных изменений слезопродуцирующего отдела органа зрения позволяет оценить степень поражения железы. В то же время сцинтиграфия слезных желез осложняется их малыми размерами и накоплением сравнительно малых объемов радиоактивного препарата в сравнении с общим объемом, вводимым в кровяное русло. Также на качество проведенных исследований влияет сложность оптимального позиционирования детекторов гамма-камеры вблизи объекта исследования.

Целью данной работы является разработка методики проведения динамической сцинтиграфии слезной железы. С учетом схожести функциональных особенностей для проведения предварительных исследований проводился анализ существующих технических возможностей оценки морфофункциональной топографии слюнных желез с учетом показателей кинетики радиоактивного фармакологического препарата в системе кровообращения и тканевых структурах.

Сопоставление результатов различных видов томографических исследований железистых структур с оценкой их объема и функциональной активности позволяет получить максимальный объем диагностической информации [2]. Предложен вариант проведения совмещенного МРТ и ОФЭКТ исследования с обоснованием необходимости применения портативных радиометров при проведении динамической сцинтиграфии.

Совмещенное исследование МРТ позволяет провести предварительную оценку объема железистой структуры с последующим уточнением зоны интереса при проведении исследования на ОФЭКТ. Особенности анатомо-топографического строения слезной и слюнной железы с учетом специфики возможностей ОФЭКТ диагностики исследуемого объекта требуют применение многоканального радиометрического программируемого аппаратного комплекса для оптимизации позиционирования детекторов вблизи исследуемого объекта и повышения чувствительности радиометрии. Применение многоканального портативного радиометра в том числе позволяет снизить дозовую нагрузку на пациента.

1. Ободов В.А. Травматические дакриоциститы и облитерации слезоотводящих путей: Практическое руководство. – М.: Изд-во «Офтальмология», 2015. – С. 8-29.
2. Pfann В., Lowicke G. и Endert G. Функция околоушных слюнных желез в норме по данным сцинтиграфии с  $^{99m}\text{Tc}$  // Медицинская радиология – 1977. Т. 22, № 12. - С. 38-42.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПАТТЕРНОВ И ИНДУЦИРОВАННЫЕ ШУМОМ ПЕРЕХОДЫ В МОДЕЛИ ОСЦИЛЛЯТОРА ХИГГИНСА С ДИФФУЗИЕЙ

Панкратов А.А.<sup>1\*</sup>, Башкирцева И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alexandrpankratov9@gmail.com](mailto:alexandrpankratov9@gmail.com)

## PATTERN FORMATION AND NOISE-INDUCED TRANSITIONS IN HIGGINS MODEL WITH DIFFUSION

Pankratov A.A.<sup>1\*</sup>, Bashlirtseva I.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A distributed variant of the Higgins glycolytic model with the diffusion is considered. A parametrical description of the zone with Turing instability is found. By computer simulations a process of the spatial pattern formation is studied. The multistability of the distributed Higgins model was discovered and the variety of patterns and their amplitude characteristics was described. For the stochastic variant of this model, noise-induced transitions between coexisting patterns and the phenomenon of “stochastic preference” are discussed.

Процесс формирования паттернов в системах с диффузией важен для различных областей науки. Процесс самоорганизации таких систем сложен для аналитического рассмотрения, поэтому основную роль в его изучении играют численные методы и компьютерная симуляция. В своей работе [1] Тьюринг впервые показал, что пространственные паттерны могут возникать из гомогенных в пространстве структур без действия каких-либо внешних сил, исключительно в силу особого типа неустойчивости системы.

Данная работа посвящена изучению формирования паттернов в процессе гликолиза [2]. Рассмотрена модель гликолитического осциллятора Хиггинса [3].

Приводятся параметрические условия возникновения неустойчивости Тьюринга [4], найдена соответствующая бифуркационная граница для распределённой модели Хиггинса. С помощью компьютерной симуляции изучено формирование паттернов. Показана мультистабильность и существование нескольких негомогенных в пространстве аттракторов. Изучено влияние случайных возмущений на модель. Обнаружены индуцированные шумом переходы между существующими паттернами, рассмотрено явление «стохастического предпочтения».

1. A. M. Turing, The chemical basis of morphogenesis, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 237 (1952) 37–72.
2. J. Zhou, J. Shi, Pattern formation in a general glycolysis reaction-diffusion system, *IMA Journal of Applied Mathematics* 80 (2015) 1703–1738.
3. J. Higgins, A chemical mechanism for oscillation of glycolytic intermediates in yeast cells, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 51 (1964) 989–994.

4. Bashkirtseva I., Pankratov A., Ryashko L. Analysis of dynamics in the distributed model of glycolysis //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2018. – Т. 2015. – №. 1. – С. 020007.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕЩНОГО ВЛИЯНИЯ  
НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА И ПРЕПАРАТА ЭПИН-ЭКСТРА  
НА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ *HORDEUM VULGARE L***

Павшенко Д.А.

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия  
биологии и химии, Симферополь, Крым, Россия

E-mail: [darya.pavshenko@mail.ru](mailto:darya.pavshenko@mail.ru)

**A STUDY OF THE COMBINED EFFECT OF LOW-INTENSITY  
ELECTROMAGNETIC RADIATION OF MILLIMETER RANGE AND EPIN-  
EXTRA DRUG ON THE SALT RESISTANCE *HORDEUM VULGARE L*.**

Pavshenko D.A.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University Taurian Academy Biology  
and chemistry, Simferopol, Crimea, Russia

This article shows combined effect of low-intensity electromagnetic radiation of the millimeter range and the Epinextra drug on the salt-tolerant sort of barley – Ogon'kovskiy. Currently, salinization refers to the actual problems of crop husbandry in the Crimean Republic. When the intensification of agriculture is growing it is important to search and use effective methods of pre-sowing seed with the goal to receive plants with the resistance to various stressful environmental conditions, including salinization. This article shows the selection of an effective method of pre-sowing seed treatment *Hordeum vulgare L.* and methods of increasing the germination energy and germination.

Засоление - одна из актуальных проблем растениеводства Республики Крым, основной деградиационный процесс, ограничивающий плодородие почв засушливых территорий. В условиях интенсификации сельского хозяйства, важное значение приобретает поиск и использование эффективных способов предпосевной обработки семян с целью получения растений, устойчивых к различным стрессовым условиям внешней среды, в том числе, и к засолению. Повышение солеустойчивости возможно и с использованием предпосевной обработки регуляторами роста растений. Брассиностероиды, к которым относится эпибрасинолид (Эпин-экстра).

Объектом исследований служили семена растений ячменя обыкновенного сорта Огоньковский (*Hordeum vulgare L.* CV/Огоньковский/). Семена подвергали воздействию низкоинтенсивного ЭМИ мм-диапазона с длиной волны 7,1 мм,

плотностью потока мощности  $0,1 \text{ мВт/см}^2$ , при экспозиции однократно 30 минут. Контролем служили необработанные семена. Для моделирования осмотического стресса в кюветы наливали по 100 мл NaCl с различными концентрациями солей NaCl (50 мМ, 100 мМ, 150 мМ, 200 мМ). Контролем служила  $\text{H}_2\text{O}$  – дистиллированная.

Данное исследование показало, что низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона оказало положительное влияние на энергию прорастания и всхожесть *Hordeum vulgare* L. сорта Огоньковский при хлоридном засолении. Концентрации NaCl 50 мМ и NaCl 100 мМ оказались приемлемые для прорастания семян, а NaCl 150 мМ и NaCl 200 мМ оказали ингибирующее действие на растение. Исследуемое излучение показало положительный результат на изменение морфометрических показателей *Hordeum vulgare* L. в условиях осмотического стресса.

## ESR-DOSIMETRY OF IONIZING RADIATION WITH THE HELP OF TEFLON DETECTORS

Popova M.A.\*

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [mari.mashapopova@mail.ru](mailto:mari.mashapopova@mail.ru)

The abstract is devoted to the method of measurement of absorbed dose of ionizing radiation with the help of an ESR-spectrometer “Minsk-12M”. It is based on the determination of calibration curve for the device using teflon detectors and comparison of its obtained spectra with reference data for alanine dosimeters.

ESR-dosimetry of ionizing radiation (IR) became widely used in research after the discovery of the electron paramagnetic resonance by Zavoisky in 1944. Nowadays, in the practice of determining the absorbed dose of IR (ADIR) are used such methods as: photographic, ionization, thermoluminescent. The method of determining ADIR using ESR phenomenon provides more accurate values (error less than 5%) in the range of doses 5-200 kGy. To this date, ESR-dosimetry hasn't been widely adopted in Russia due to the lack of instrumentation base and the high cost of imported ESR-spectrometers.

The purpose of this work is to study the possibility of ESR-dosimetry usage for ADIR of electron radiation measurements during sterilization of medical products in the CRS UrFU with the help of teflon detectors.

ESR-spectrometer “MINSK-12M” was used in this work. Spectrometer was provided by the department of experimental physics of the PTI UrFU. We used alanine detectors (in the form of strips) produced by BRUKER to study the characteristics and to check the possibility of correct operation of the ESR-spectrometer in the IR dose measurement mode. Standard  $\text{Mn}^{2+}$  in *MgO* and samples of teflon together with strips

dosimeters SO PD(F)R – 5/50, which is the state standard of photon and electron radiation, were also used for these purposes.

Alanin forms a stable free radical under the action of IR, which produces a characterizing it ESR-signal. Its intensity is proportional to the absorbed dose and doesn't depend on the power and energy of radiation [1]. The spectra of alanine and standard  $Mn^{2+}$  in  $MgO$  were compared with literature data with the help of ESR-spectrometer "MINSK-12M". Since alanine detectors are rather expensive and difficult to buy, it was decided to find cheaper substances suitable for routine dosimetry. In this work we use teflon for these purposes. It gives characterizing ESR signal, which intensity rises with the increasing of absorbed dose. Its samples were irradiated in CRS UrFU in the dose range between 14 and 65 kGy. The dose dependency, which play a role of calibration curve for teflon detectors has been built according to the measured data of ESR-spectra and strip dosimeters. The analytical dependency between the peak amplitude in ESR signal and absorbed dose is found as well. The results of studies of the main technical parameters of the ESR-dosimeter have shown the possibility of its usage for solving issues in the field of high-dose dosimetry of quantum radiation with the help of Teflon detectors.

*Author thanks professor Igor Milman for the research assistance.*

1. Desrosiers M.F., Peters M., Puhl J.M., Radiation Physics and Chemistry, 78, 465-467 (2009).

## ПОСТУПЛЕНИЕ ИНЕРТНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

Пыркова А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [pyalal@yandex.ru](mailto:pyalal@yandex.ru)

## EMISSIONS OF NOBLE GASES TO THE ATMOSPHERE DURING NORMAL OPERATION OF NPP

Pyrkova A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The analysis of data on noble gas emissions from nuclear power plants with various types of reactor installations was carried out. Radioactive isotopes of argon and xenon, which form at least 50% of the activity of NPP emissions with any type of reactor facility, have been determined.

Инертные радиоактивные газы (далее ИРГ) формируют от 55% до 90% суммарной активности выбросов АЭС [1]. При работе реакторов типов АGR, ВWR и LWGR ИРГ вносят наибольший вклад в формирование эффективной дозы

критической группы населения [2]. В России "перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды" содержит 15 изотопов инертных газов, шесть из которых участвуют в формировании 99% дозы облучения населения от выбросов АЭС: Ar-41, Kr-85m, Kr-87, Kr-88, Xe-133, Xe-133m, Xe-135 [3]. Радиоактивный изотоп аргона образуется в результате активации стабильного изотопа. Радиоактивные изотопы криптона и ксенона образуются в результате деления ядерного топлива в активной зоне реактора АЭС.

В работе проведен анализ структуры выброса на основе данных с европейских АЭС, так как в России до 2015 года проводился только контроль суммарной активности выброса, без определения вклада каждого отдельного изотопа. Информация о радионуклидном составе ИРГ в выбросах АЭС была получена по 79 АЭС Европы за период с 1995 г по настоящее время. Для сравнения воздействия АЭС с различным типом РУ было введено нормирование годового выброса на годовую выработку электроэнергии, ГБк/ГВт\*ч. В работе использованы медианные значения таких удельных показателей, так как они менее чувствительны к случайным отклонением по сравнению со средним значением.

Анализа данных о выбросах АЭС Европы показал, что состав ИРГ в выбросах специфичен для каждой станции и не имеет устойчивого соотношения активностей во времени. Не меньше 50% активности выброса АЭС с любым типом реакторной установки определяют три изотопа: Ar-41, Xe-133, Xe-135. Значимость вклада остальных ИРГ в активность выбросов АЭС зависит от типа реакторной установки.

1. Пышкина М.Д., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 98-107.
2. Екидин А.А., Жуковский М.В. и др., Атомная энергия. 2016. Т. 120. № 2. С. 106-108.
3. Екидин А.А., Васильев А.В. и др., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 67-74.



## СЕГМЕНТАЦИЯ СЕРДЦА ПО ДАННЫМ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Разумов А.А.<sup>1,2\*</sup>, Те-Шен-Тин Е.Н.<sup>1</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>)Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>)Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [airplaneless@yandex.ru](mailto:airplaneless@yandex.ru)

### HEART SEGMENTATION ON MAGNETIC RESONANCE IMAGING DATA WITH DEEP LEARNING METHODS

Razumov A.A.<sup>1,2\*</sup>, Tya-Shen-Tin Y.N.<sup>1</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

Manual heart segmentation from MRI data takes considerable time even with a highly qualified expert. Automatic segmentation by deep neural networks may shorten the time needed to diagnose of a single patient and speed up the payback of expensive equipment. In our work, we have analyzed various modifications of the U-NET deep neural network architecture for automatic segmentation of the left ventricular myocardium, the internal volume of the left and right ventricle according to MRI data into the end of diastole or systole.

Одним из методов диагностики, который широко применяется в современной медицине, является магнитно-резонансная томография (МРТ). Она позволяет неинвазивно исследовать данных о структуре и функциональных особенностях тканей и органов, и в частности, используется в кардиологии. Одной из важных прикладных задач является сегментация полостей и стенок сердца по данным МРТ, которая в основном решается специалистами вручную. Автоматическая сегментация методом глубоких нейронных сетей может сократить время диагностики одного пациента.

В нашем исследовании мы изучаем различные модификации архитектуры глубокой нейронной сети U-Net [1] на задаче сегментации миокарда левого желудочка, внутреннего объема левого и правого желудочка по данным МРТ в конечную диастолу и систолу. Данные МРТ были взяты из открытого набора данных Automated Cardiac Diagnosis Challenge (ACDC) MICCAI challenge 2017 [2]. Лучший из проанализированных методов сегментации позволял достичь точности 0.88 по dice-метрике при верификации обученной нейронной сети против сегментации эксперта.

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation //International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. – Springer, Cham, 2015. – С. 234-241.
2. Welcome to the Automated Cardiac Diagnosis challenge (ACDC) // <https://acdc.creatis.insa-lyon.fr/> – 2017.

## THE ROLE OF WHITE BIOTECHNOLOGY IN OBTAINING SECONDARY METABOLITES FROM EDIBLE FUNGI

Salazar P.J.<sup>1\*</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [xiomy91013@gmail.com](mailto:xiomy91013@gmail.com)

**Abstract.** The macromycetes and among them, the edible mushrooms, offer a number of secondary metabolites with recognized biological activities. Among the various biological activities exhibited by the secondary metabolites that have been proven are: antioxidant, hypocholesterolemic, hypoglycemic, antibacterial, antiviral, regulatory activities of the cardiovascular system, anticarcinogenic and immunomodulatory [1].

Edible mushrooms are known for their high protein value, their considerable concentration of vitamins, minerals, dietary fiber, low levels of sodium and unsaturated fats. This makes them an excellent nutraceutical because their medicinal properties are directly related to compounds that present biological actions with therapeutic potential. These compounds can be isolated from both the mycelium and the carpophore and from the spent culture medium. Among these are: glucans, enzymes, polyketides, fatty acids, polyphenols, flavonoids and terpenoids, among others.

The development of biotechnology facilitates the management of the variables in the cultivation of edible fungi and in the processes of extraction for the obtaining of the active components, achieving an increase in the production of their metabolites of pharmacological and nutritional interest, which has boosted considerably the production of: commercial, pharmaceutical and quasi-pharmaceutical medicines and functional foods.

In this case, biotechnology develops profitable and productive techniques to obtain these secondary metabolites that become a significant reduction of time and increase in the production of their metabolites which would lead to a reduction in costs and, in the end, a reduction in the price for the consumer.

This review contains different types of processes used in this field, which biotechnology has developed; the improvement in the results and some examples of products that have been developed using those technologies.

1. Carolina Suárez A., Ivonne Nieto, Rev Iberoam Micol. (2012).

## РАДИОНУКЛИДЫ В ВЫБРОСАХ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Самбуров А.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [samburov-86@mail.ru](mailto:samburov-86@mail.ru)

## RADIONUCLIDES IN THE EMISSIONS OF BELOYARSK NPP UNDER NORMAL OPERATION

Samburov A.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The results of determining the radionuclide composition and volume activity of radioactive aerosols, noble gases, tritium, radiocarbon in emissions of organized sources of the Beloyarsk NPP are presented. The obtained data is necessary to justify the list of standardized radionuclides and to determine the activity of the permissible release of each organized source of emissions of the Beloyarsk NPP during normal operation.

Стремление к устойчивому развитию определяет необходимость активного пересмотра нормативно-правовой и методической документации в области охраны окружающей среды. В области ограничения антропогенного воздействия объектов использования атомной энергии нововведением является перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 8 июля 2015 г. N 1316-р. Данный перечень содержит 94 радиоактивных изотопа в элементной форме и в виде соединений, отнесенных к веществам, загрязняющим атмосферный воздух. Для каждого источника выбросов радиоактивных веществ требуется определить какими радионуклидами из перечня формируется 99% годовой эффективной дозы населения. Состав выбросов АЭС с реакторными установками на тепловых нейтронах AGR, BWR, LWGR, PWR, CANDU может быть получен из анализа информации по контролю выбросов в Европе [1, 2], за исключением реакторов на быстрых нейтронах.

Методы исследования радионуклидного состава в каждом источнике выбросов Белоярской АЭС позволяли отдельно определять: инертные радиоактивные газы, углерод-14, тритий, радиоактивные аэрозоли, радиоактивный йод в форме органических и неорганических соединений. Нижний порог измерения методов был на 2-3 порядка ниже, чем применяемые в штанных системах радиационного контроля. Для остановленных энергоблоков АМБ-100 и АМБ-200 99% годовой эффективной дозы формируют Co-60, Cs-137, Cs-134. Для действующих энергоблоков 3 и 4 БН-600 и БН-800 установлено 13 основных дозобразующих радионуклидов: H-3, C-14, Ar-41, Co-60, Kr-85m, Kr-87, Kr-88, Sr-90, I-131, Cs-134, Cs-

137, Xe-133, Xe-135. Полученные результаты не противоречат рекомендациям МАГАТЭ и ранее полученным данным [3, 4].

1. Екидин А.А., Жуковский М.В. и др., Атомная энергия. 2016. Т. 120. № 2. С. 106-108.
2. Пышкина М.Д., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 98-107.
3. INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Environmental Impact of Stressors, NG-T-3.15, IAEA, Vienna, 2016
4. Екидин А.А., Васильев А.В. и др., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 67-74.

## **РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Самбуров А.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [samburov-86@mail.ru](mailto:samburov-86@mail.ru)

## **RADIATIVE FORCING OF BELOYARSK NPP ON THE ENVIRONMENT**

Samburov A.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Beloyarsk NPP is the largest electricity producer in the Sverdlovsk region. The operation of Beloyarsk NPP contributes to solving the global problem of reducing greenhouse gas emissions. The long-term monitoring of radionuclide emissions and discharges confirms the high level of radiation safety at the Beloyarsk NPP.

Два энергоблока БН-600 и БН-800 играют существенную роль в обеспечении электроэнергией потребителей в Свердловской области. Среди всех электростанций области по суммарной установленной мощности Белоярская АЭС (1400 МВт) находится на третьем месте после Рефтинская ГРЭС (3 800 МВт) и Среднеуральская ГРЭС (1578,5 МВт). При сопоставимой мощности Белоярская АЭС обладает неоспоримыми преимуществами по уровню воздействия на окружающую среду по количеству выбросов парниковых газов и образующихся отходов производства, особенно в сравнении с Рефтинской ГРЭС, использующей в качестве топлива уголь. Вместе с тем, широкий круг заинтересованных лиц, особое внимание уделяет специфичным видам воздействия атомных электростанций на окружающую среду, связанными с выбросами в атмосферу и сбросами в водные объекты радиоактивных веществ, а также образования радиоактивных отходов [1].

Безопасные условия для захоронения радиоактивных отходов АЭС определяются обязательными для выполнения критериями приемлемости [2]. До ввода в действие комплекса кондиционирования РАО, БАЭС не передает отходы для захоронения, а осуществляет разрешенное накопление в безопасных условиях. С целью предотвращения негативных изменений в окружающей среде для каждой АЭС устанавливаются разрешенные значения активности выбросов и сбросов радионуклидов, гарантирующие сохранение качества окружающей среды. Система радиационного контроля сбросов Белоярской АЭС показывает, что ежегодные фактические сбросы и выбросы радиоактивных веществ значительно ниже разрешенных. Так поступление радионуклидов в водную систему р. Пышма не превышает 1% от разрешенного количества, а фактические выбросы в атмосферу не превышают 3% [3].

1. Уткин В.И., Чеботина М.Я. и др., Радиоактивные беды Урала. г.Екатеринбург, 2000.
2. Васильев А.В., Екидин А.А. и др., АНРИ. 2017. № 4 (91). С. 23-30.
3. Годовой отчет по экологической безопасности БАЭС. г.Заречный, 2017.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТЕРИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ**

Савинцева М.С. \*, Вазиров Р.А., Агданцева Е.Н., Тарханова Е.А., Баранова А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [m.savintseva@mail.ru](mailto:m.savintseva@mail.ru)

**RESEARCH OF PROPERTIES OF PACKAGING MATERIALS  
FOR STERILIZATION PROCESSING OF MEDICAL INSTRUMENTS**  
Savintseva M.S. \*, Vazirov R.A., Agdantseva E.N., Tarhanova E.A., Baranova A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The effect of medical paper and kraft-paper on the preservation of sterility of medical instruments. The samples were subjected to steam, air and radiation sterilization. The results showed a larger pore size of kraft-paper, the sterility of medical instruments is maintained for a longer period when packed in medical paper.

Вопросы защиты изделия от реинфицирования должны решаться на всех этапах подготовки, стерилизации и использования стерильных материалов. Согласно ВОЗ, инфицирование пациентов, связанное с оказанием медицинской помощи, является одной из наиболее распространенных разновидностей неблагоприятных последствий, происходящих в ходе оказания такой помощи, и ежегодно

затрагивает миллионы пациентов по всему миру. Обеспечение полной стерильности медицинских изделий может изменить положение в лучшую сторону. Для этого необходимо улучшить методику стерилизационной обработки. Важной задачей является и защита простерилизованных изделий от повторного заражения при их транспортировке и хранении. На сегодняшний день в России применяется несколько видов упаковочных материалов для стерилизационной обработки медицинских инструментов, каждый из которых обладает определенными характеристиками.

Данная работа посвящена сравнительному анализу различных видов упаковки на сохранение стерильности медицинских инструментов.

В качестве исследуемых образцов были выбраны медицинская бумага и крафт-бумага (коричневая и отбеленная). Образцы подвергались паровой, воздушной и радиационной стерилизации. Для определения эффективности методов хранения медицинских инструментов проводилось сравнение размеров пор бумаги до и после обработки с помощью электронного микроскопа. Проводилась оценка микробиологической контаминации поверхности инструментов после обработки в различных упаковочных материалах через длительные интервалы времени.

Размер пор медицинской бумаги значительно меньше, чем у коричневой и отбеленной крафт-бумаги. Стерильность медицинских инструментов сохраняется на больший срок при упаковке в медицинскую бумагу.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что медицинская бумага обладает характеристиками, которые обуславливают больший срок стерильности медицинских изделий, по сравнению с крафт-бумагой. Большой размер пор крафт-бумаги может объяснять короткий срок сохранения стерильности продукции.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭПР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Савинцева М.С.\* , Вазиров Р.А., Баранова А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [m.savintseva@mail.ru](mailto:m.savintseva@mail.ru)

## THE USE OF EPR FOR THE CONTROL OF DIFFERENT METHODS OF RADIATION PROCESSING OF FOOD PRODUCTS

Savintseva M.S.\* , Vazirov R.A., Baranova A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electron Paramagnetic Resonance efficiency study as a method to control food products subjected to radiation processing. Samples of chilled chicken meat were subjected to ionizing radiation for a long time. To determine the efficiency of the spectrometer the spectra were compared to unirradiated and irradiated samples of chicken meat.

Продукты питания должны быть безопасны для потребителя. Одним из факторов опасности является микробиологическая загрязненность. Радиационная обработка является эффективным методом снижения микробиологической загрязненности пищевых продуктов вследствие универсальности поражающего действия ионизирующего излучения на любые биологические объекты.

Нельзя утверждать, что данный метод является полностью безопасным. При облучении в пищевых продуктах возможно протекание различных химических реакций, которые могут изменить органолептические свойства продуктов, что вынуждает устанавливать пределы поглощенной дозы при их облучении. К тому же исследованиями ученых было установлено, что при передозировке уровня облучения в мясе на кости могут образовываться свободные радикалы и радиотоксины [1].

Несмотря на то, что с 2017 года введен ГОСТ о радиационной обработке пищевых продуктов, нельзя с уверенностью сказать, что продукция, поступающая из других стран, не прошла радиационную стерилизацию или могла быть поставлена из неблагополучных в радиационном отношении районов. Поэтому появляется необходимость введения контроля облученных пищевых продуктов для выявления факта облучения и определения остаточных явлений.

Данная работа посвящена исследованию эффективности использования электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) в качестве метода контроля пищевых продуктов, подвергшихся радиационной обработке.

В качестве исследуемого образца было выбрано охлажденное мясо курицы. В работе были использованы линейный ускоритель электронов с энергией до 10 МэВ и УРТ-1.0, портативный автоматизированный спектрометр ЭПР. Мясо подвергалось воздействию ионизирующего излучения длительное время. Доза

облучения мяса птицы составила 12 кГр. Для определения эффективности спектрометра проводилось сравнение спектров для необлученных и облученных образцов мяса кур. Полученные экспериментальные результаты коррелируют с литературными данными [2].

1. Чиж Т.В., Козьмин Г.В., Полякова Л.П., Мельникова Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности. // Вестник Российской Академии. Естественных наук. — 2011. — № 4. — С. 44–49.
2. Тимакова Р. Т., Тихонов С. Л., Тарарков А. Н., Кудряшов Л. С. Оценка радиационной безопасности охлажденного мяса с использованием метода электронного парамагнитного резонанса. // Теория и практика переработки мяса. – 2016. - №3. – С. 57-65.

## **СДВИГ РАВНОВЕСИЯ МЕЖДУ АКТИВНОСТЬЮ ДПР РАДОНА ДЛЯ АЭРОЗОЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ АКТИВНОСТИ**

Семянников В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [sspbuiyf@yandex.ru](mailto:sspbuiyf@yandex.ru)

## **SHIFT IN THE BALANCE BETWEEN ACTIVITY OF RADON PROGENY FOR AEROSOLS OF VARIOUS ACTIVITIES**

Semyannikov V.S.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. The results of measurement shift in balance between activity of radon progeny for aerosols of various activities using filter devices: diffusion battery, cascade impactor, analytical filters are presented.

Контроль за воздействием на здоровье человека природных источников ионизирующего излучения, в том числе радона и продуктов его распада, в жилых домах, детских учреждениях, общественных и производственных зданиях составляет одно из важнейших направлений обеспечения радиационной безопасности населения в РФ. Это направление закреплено в Указе Президента РФ от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности российской федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

Радон и дочерние продукты его распада (ДПР) повсеместно присутствуют в атмосфере. Измерение радиоактивности короткоживущих ДПР радона позволяет изучить сдвиги равновесия между активностью ДПР радона, при прохождении аэрозолей через различные фильтрующие материалы [1]. Для этой цели могут быть использованы импакторы, диффузионные батареи, аналитические фильтры



с различной проницаемостью аэрозолей. Определение сдвигов равновесия между активностью необходимо для корректной оценки дозы, получаемой населением и работниками при ингаляционном поступлении в организм дочерних продуктов распада радона.

Для определения объемной активности ДПР радона и эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе применялся аспирационный метод отбора проб воздуха на фильтрующем материале. Измерение активности фильтров выполнялось альфа радиометром с блоком детектирования БДПА-01. В результате анализа данных сделан вывод о сдвигах активностей ДПР радона при прохождении через различные фильтрующие материалы.

1. М.А.Рогозина, М.В.Жуковский и др. Приборы и техника эксперимента. 2013. № 6. С. 74-76.
2. М.А.Саломатова, А.А.Екидин и др. АНРИ. 2009. № 3 (58). С. 42-49.

## **РАЗМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТЕЙ ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА РАДОНА**

Семянников В.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [sspbuiyf@yandex.ru](mailto:sspbuiyf@yandex.ru)

## **ACTIVITY SIZE DISTRIBUTION OF RADON PROGENY** Semyannikov V.S.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. The results of measurement the activity size distribution of radon progeny using filter devises: diffusion battery, cascade impactor, analytical filters are presented. The obtained data is necessary for understanding the prevailing fraction of radon progeny in air.

Контроль за воздействием на здоровье человека природных источников ионизирующего излучения, в том числе радона и продуктов его распада, в жилых домах, детских учреждениях, общественных и производственных зданиях составляет одно из важнейших направлений обеспечения радиационной безопасности населения в РФ. Это направление закреплено в Указе Президента РФ от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности российской федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

Радон и дочерние продукты его распада (ДПР) повсеместно присутствуют в атмосфере. Измерение радиоактивности короткоживущих ДПР радона позволяет изучить распределение по размеру аэрозольных частиц, к которым они присоединены [1]. Для этой цели могут быть использованы импакторы, диффузионные

батарей, аналитические фильтры с различной проницаемостью аэрозолей. Определение размерного распределения необходимо для корректной оценки дозы, получаемой населением и работниками при ингаляционном поступлении в организм дочерних продуктов распада радона.

Для определения эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе применялся аспирационный метод отбора проб воздуха на фильтрующем материале. Измерение активности фильтров выполнялось альфа радиометром с блоком детектирования БДПА-01. В результате анализа данных сделан вывод о размерном распределении активностей ДПП радона в воздухе. Превалирующей фракцией оказалась неприсоединённая фракция с диаметром частиц 1-2 нм [2].

1. М.А.Рогозина, М.В.Жуковский и др. Приборы и техника эксперимента. 2013. № 6. С. 74-76.
2. М.А.Саломатова, А.А.Екидин и др. АНРИ. 2009. № 3 (58). С. 42-49.

## **РАЗРАБОТКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Ишемгулов А.И.<sup>1\*</sup>, Севастьянов М.С.<sup>1</sup>, Хохлов К.О.<sup>1</sup>, Вазиров Р.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [arслан.ishemgulov@gmail.com](mailto:arслан.ishemgulov@gmail.com)

## **DESIGN AND ECONOMIC OPTIMIZATION OF THE DEVICE FOR NON- CONTACT THERMOMETRY OF BIOLOGICAL OBJECTS**

Ishemgulov A.I.<sup>1</sup>, Sevastyanov M.S.<sup>1</sup>, Khokhlov K.O.<sup>1</sup>, Vazirov R.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation: infrared thermometer with an accuracy that meets the requirements of the Ministry of Health of the Russian Federation for measuring devices in the field of health. The main goals in the design were low cost and import substitution.

В настоящее время в медицинской практике используются ртутные, электронные, жидкокристаллические термометры основным недостатком которых является необходимость контакта с поверхностью биологического объекта. В условиях использования данных средств измерений в многопользовательском режиме повышается вероятность передачи инфекции, появляются дополнительные расходы на дезинфекцию и затраты трудового времени на осуществление подготовки и проведения измерения медицинским персоналом. Альтернативным перспективным способом является бесконтактная инфракрасная термометрия поверхности лба человека. Лоб - идеальное место, где можно измерить температуру, потому что он снабжается височной артерией, которая получает кровь из аорты

и сонной артерии, которые обеспечивают значительный кровоток в этой области. В то же время голова - это первая часть тела, которая меняет свою температуру, когда находится в лихорадочном состоянии, как при повышении температуры, так и при снижении.

Согласно исследованию [1] бесконтактный инфракрасный термометр нельзя использовать взаимозаменяемо с термометрами, которые используются в настоящее время в отделении неотложной помощи для взрослых. Данный вывод был сделан, основываясь на результаты сравнения показаний измерений инфракрасного термометра с термометрами другого вида, откуда следовало, что результат измерения инфракрасным термометром оказывался постоянно ниже. Однако данное расхождение обусловлено тем, что исследуемые термометры измеряют температуру различных поверхностей тела человека, отчего показания могут меняться. Так же в этом исследовании было отмечено, что измерение инфракрасным термометром являлось наиболее быстрым и удобным. Поэтому данной альтернативой пренебрегать нельзя.

На сегодняшний день на рынке представлен единственный отечественный производитель оборудования для инфракрасной бесконтактной термометрии медицинского назначения удовлетворяющий приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации (Минздрав России) от 21 февраля 2014 г. № 81н. Для измерения температуры человека в диапазоне измерений от 32 до 42 °С включительно предъявляется требование к предельно допустимой погрешности прибора  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Стоимость готового устройства варьируется от 2100 до 3000 рублей при оптовом заказе.

В ходе данной работы была разработана и рассчитана принципиальная электрическая схема устройства, выполняющего бесконтактное измерение температуры биологического объекта. Для снижения стоимости производства готового изделия были предложены несколько вариантов технической реализации: на отечественной элементной базе, на элементной базе импортного производства. Проведен анализ и экономическая оптимизация двух вариантов схем, с итоговой компенсацией отечественных элементов высокой стоимости и заменой их функциональными аналогами низкой стоимости. Предложено решение для снижения стоимости измерительного тракта. Произведена разводка платы, изготовлена плата на итоговом, оптимизированном перечне элементов, проведены отладка и испытания.

Итоговое устройство имеет более низкую стоимость относительно существующих аналогов импортного и отечественного производства. Следующим этапом развития данного устройства является его метрологическая сертификация по требованиям, предъявляемым измерительным устройствам в области здравоохранения.

1. Alison L. Dunkan, Anthony J. Bell, Kevin Chu, Jaimi H. Greenslade. *Australasian Emergency Nursing Journal* (2008) 11, 130—134.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАБУХАНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛУВЗАИМОПРОНИКАЮЩИХ СЕТОК НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛИАКРИЛАМИДА

Шабадров П.А.<sup>1,2\*</sup>, Старкова Т.Д.<sup>2</sup>, Сафронов А.П.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [p.shabadrov@mail.ru](mailto:p.shabadrov@mail.ru)

## RESEARCH OF SWELLING BEHAVIOR AND MECHANICAL PROPERTIES OF SEMI-INTERPENETRATING NETWORKS BASED ON POLYMETHRYLIC ACID AND POLYACRYLAMIDE

Shabadrov P.A.<sup>1\*</sup>, Starkova T.D.<sup>2</sup>, Safronov A.P.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The present paper is devoted to the synthesis of semi-interpenetrating networks (semi-IPN) based on crosslinked polymethacrylic acid and linear polyacrylamide and the study of the effect of monomer concentration, crosslinking degree and linear polymer on the swelling ratio and elastic modulus. It has been found that an increase in these parameters reduces the swelling ratio of semi-IPN and leads to obtaining mechanically more durable materials.

Одним из способов расширения функциональности синтетических полимерных гидрогелей для биомедицинских применений является комбинация полимеров в виде полувзаимопроникающих полимерных сеток (полу-ВПС). В связи с этим, особый интерес представляет изучение взаимного влияния сшитого и линейного полимеров на свойства будущей конструкции.

Настоящая работа посвящена синтезу полу-ВПС на основе сшитой полиметакриловой кислоты (ПМАК) и линейного полиакриламида (ПАА) и исследованию влияния концентрации мономера, степени сшивки и линейного полимера на степень набухания и модуль упругости.

Объекты исследования – полу-ВПС – получали в два этапа. Сначала радикальной полимеризацией акриламида в воде готовили 8.5% раствор полиакриламида. Далее в разбавленные растворы полиакриламида вводили метакриловую кислоту (МАК), общая концентрация которой в реакционной смеси составляла 1.6 и 2.7 М. Сшивающий агент, которым служил метилendiакриламид  $\text{CH}_2(\text{NHCOCH}_2)_2$ , добавляли в количестве, необходимом для достижения степени сшивки 1:100 и 1:200. Инициатором полимеризации служил пероксодисульфат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  (концентрация 3 мМ). Полимеризацию проводили при температуре 80°C в течение 1 часа. В итоге получали 4 серии полу-ВПС с различным содержанием МАК и степенью сшивки, в каждой из которых

концентрация линейного полиакриламида варьировалась от 0.5 до 3.5%. После полимеризации все синтезированные образцы промывали в течение двух недель.

Показано, что увеличение концентрации мономера (МАК) и степени сшивки уменьшают степень набухания полу-ВПС. При этом во всех четырех сериях образцов установлено двукратное снижение степени набухания при введении 3.5% линейного ПАА в сетку сшитой ПМАК. Повышение эффективной степени сшивки в данном случае способствует получению механически более прочных материалов, что подтверждается результатами измерения модуля упругости.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ФАНТОМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ**

Щелканов А.А.<sup>1\*</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2</sup>, Сарычев М.Н.<sup>1</sup>, Панкин С.В.<sup>1</sup>, Абашев Р.М.<sup>1,3</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alex.ekbfti@gmail.com](mailto:alex.ekbfti@gmail.com)

## **EXPERIMENTAL STAND FOR PHANTOMIC RESEARCH IN MEDICAL RADIOLOGY**

Shchelkanov A.A.<sup>1\*</sup>, Pankin V.V.<sup>1,2</sup>, Sarychev M.N.<sup>1</sup>, Pankin S.V.<sup>1</sup>, Abashev R.M.<sup>1,3</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A description of the experimental stand, including measuring systems and complexes, as well as phantoms for modeling the behavior of radiopharmaceuticals. Considered the scope and prospects of use.

Появившаяся в 2013 году [1], тенденция к росту числа диагностических процедур с применением радиофармацевтических препаратов (РФП), позволяет говорить о возросших дозовых нагрузках на население и персонал отделений радионуклидной диагностики. Также, внедрение новых методов диагностики, таких как ОФЭКТ/КТ и ПЭТ/КТ, в совокупности с применением современных методик исследования, способствует существенному росту доз облучения [2,3].

В сложившейся ситуации, необходимо решение задачи оптимизации дозовых нагрузок в соответствии с требованиями актуальных методик исследования и новой, более эффективной, регистрирующей аппаратуры [4].

Для решения вышеописанной задачи, целесообразно воспользоваться фантомным моделированием. Наиболее подходящими, в таком случае, являются фантомы, с возможностью имитации динамики поведения РФП в ткани, органе и системах.

Измерительные системы экспертного класса – томографы, в случае применения в исследовательских лабораториях, эффективнее заменить на портативные многодатчиковые радиометрические системы. Для исследования проб применяются стандартные медицинские радиометры – дозкалибраторы.

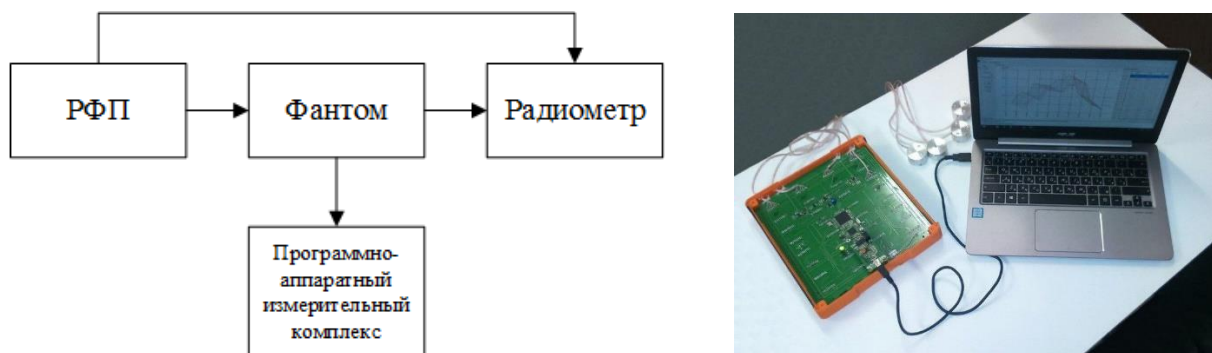


Рис. 1. Схема стенда (слева) и применяемый программно-аппаратный измерительный комплекс (справа)

Совокупность, описанных выше, устройств представляет собой экспериментальный стенд, который позволяет моделировать параметры изучаемого биологического объекта и проводить большой спектр исследований. Следует отметить, что степень приближения модели к реальному объекту определяется, преимущественно, фантомом.

Данный стенд позволяет как проводить моделирование, так и обучение персонала радиологических отделений лечебных учреждений. Результатом проведения данных мероприятий станет оптимизация дозовых нагрузок на население и персонал радиологических подразделений.

1. И.А.Звонова – Радионуклидная диагностика в Санкт-Петербурге: текущее состояние и проблемы развития (2015)
2. Hamid Abdollahi, et al.- Radiation Dose in Cardiac SPECT/CT: An Estimation of SSDE and Effective Dose (2016)
3. Mathieu Charest, MD, Chantal Asselin, TIM - Effective dose in nuclear medicine studies and SPECT/CT - Dosimetry survey across Quebec province (2017)
4. Frederic H. Fahey, S. Ted Treves, and S. James Adelstein - Minimizing and Communicating Radiation Risk in Pediatric Nuclear Medicine (2012)

## МЕТОД ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ МОДЕЛЕЙ КАРДИОМИОЦИТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Шмарко Д.В.<sup>1,2\*</sup>, Нестерова Т.М.<sup>1</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2</sup>, Соловьёва О.Э.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [d.shmarko@yandex.ru](mailto:d.shmarko@yandex.ru)

## METHOD OF PERSONALIZATION OF CARDIOMYOCYTE MODELS BASED ON EXPERIMENTAL DATA

Shmarko D.V.<sup>1,2\*</sup>, Nesterova Y.M.<sup>1</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2</sup>, Solovyova O.E.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The study is devoted to the development of a method for analyzing experimental data and automatic creation of complex mathematical models of cell electrophysiology. The method was tested with data from sharp-electrode records of rat atrium cells.

Использование математических моделей для интерпретации экспериментальных данных и предсказания возможных механизмов наблюдаемых явлений предполагает решение задачи идентификации параметров модели по данным экспериментов, и для её решения в настоящее время всё шире развиваются подходы, связанные с популяционным моделированием.

В данном исследовании представлены пилотные результаты тестирования предложенного нами метода автоматического подбора параметров в математических моделях электрической активности кардиомиоцитов, основанного на популяционном подходе.

Предложенный метод заключается в создании популяции моделей и сравнении формы потенциала действия (ПД) каждой модели из популяции с конкретной экспериментальной записью ПД. Разница между формой потенциалов действия переводится в значение функции плотности вероятности [1] для набора параметров, при которых был получен анализируемый потенциал действия из популяции моделей. Минимальное значение разности находится как функция расстояния между модельными и экспериментальными данными ПД в каждый момент времени. Далее находится диапазон параметров вблизи математического ожидания полученного распределения, дающий наиболее близкие к нулю значения разности сигналов. После считается функция плотности вероятности как обратная величина от функции расстояния. Функция плотности вероятности показывает, насколько хорошо подобраны параметры модели.

Для численного эксперимента по тестированию метода была выбрана модель электрической активности предсердных неонатальных клеток крыс Majumder [2].

Параметры этой модели были случайным образом изменены для получения псевдо-экспериментальных данных о форме потенциала действия с целью тестирования разработанного метода. Популяция моделей была построена путем варьирования максимальной проводимости каждого из трансмембранных ионных токов в модели Majumder [2] в диапазоне 0%-300%. Результаты применения метода представлены на Рисунке 1.

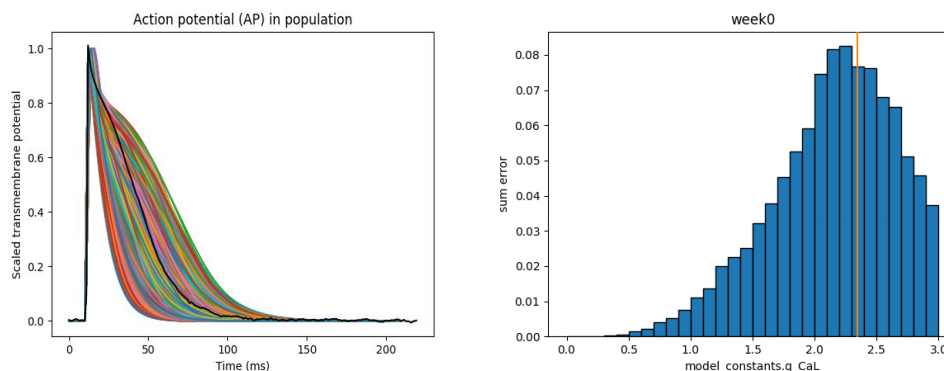


Рис. 1. Слева: цветные линии — потенциалы действия в популяции моделей, черная линия — потенциал действия в псевдо-экспериментальных данных, выбранных для тестирования метода. Справа: распределение плотности вероятности для значения максимальной проводимости  $\text{Ca}^{+2}$  тока L-типа, где за 1.0 принято оригинальное значение из статьи [2]. Реальное значение максимальной проводимости канала для тестируемых данных (рыжая линия) лежит в области одного стандартного отклонения от математического ожидания полученного распределения.

*Благодарности. Работа поддержана грантом РФФИ (№ 18-015-00368) и Программой Президиума РАН № 27.*

1. Blanco-Silva, Francisco J. *Mastering SciPy*. Packt Publishing Ltd, 2015.
2. Majumder, R., Jangsanthong, W., Feola, I., Ypey, D. L., Pijnappels, D. A., & Panfilov, A. V. (2016). A mathematical model of neonatal rat atrial monolayers with constitutively active acetylcholine-mediated  $\text{K}^{+}$  current. *PLoS computational biology*, 12(6), e1004946.



## MULTIFUNCTIONAL DEVICE FOR MONITORING HUMAN VITAL SIGNS

Shubin A. V.<sup>1\*</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [a.v.shubin@net-ustu.ru](mailto:a.v.shubin@net-ustu.ru)

Annotation. Development of the device for monitoring human vital signs requires programming of software part.

In modern society, more and more attention is paid to human health. In connection with this, recently a number of wearable devices have appeared on the consumer market, which have the ability to perform evaluation measurements of the parameters of the human body. Thus, the relevance of this work is conditioned by the needs of the worldwide market of portable electronics.

The relevance of this work is that there are very few wearable devices on the market that determine blood pressure and ECG, and present the received information in a convenient form. Also, the data obtained are used raw, without any additional analysis.

The purpose of this work is to design software for a multifunction device that will not yield to competitors of the highest class, and even exceed them in some parameters. The device for monitoring vital signs should record the basic characteristics of the human body, in particular, the saturation of blood with oxygen, as well as the number of heartbeats.

In order to program a microcontroller, it is required to write a program code for a specific type of microcontroller, in our case it is STM32F103. Absolute leader in popularity is the integrated development environment Keil Microvision. The main advantage of this program is that it is free.

This software package is in conjunction with the program STM32Cube. This program allows you to assign functions of various outputs of the microcontroller in a convenient graphical interface, as well as configure the peripheral clocking, peripheral power, and the necessary microcontroller performance.

The software architecture of the device for monitoring human vital signs was developed. The main advantage that this system has is that, in fact, the controller begins to have the likeness of multitasking.

Also the register system memory was developed and tested on the debug board. This register system is available from all services of the program code, which provides protection against duplication of various variables and constants, which contributes to saving the internal program memory as well as the microcontroller's RAM.

For some modules (ECG, a galvanic skin response unit), the algorithm of operation turned out to be quite simple, and, therefore, the description of their services was limited to a simple poll of the ADC and adjustment of the electronic potentiometer via the SPI interface.

The necessity and relevance of this work are substantiated, the theoretical foundations of the operation of this device were described, since the physiology of the human

body was the determining factor in this work. Blocks of executable code are designed, a universal program structure for microcontrollers is developed.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОГО АДАПТИВНОГО ОТВЕТА  
И ПОСТРОЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФАКТОРА ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗЫ  
ОТ ВРЕМЕНИ**

Силина Е.С.<sup>\*</sup>, Вазиров Р.А., Коротовских О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tdutifrkbyf@gmail.com](mailto:tdutifrkbyf@gmail.com)

**MATHEMATICAL MODELLING OF PROCESSES OF RADIATION-  
INDUCED ADAPTIVE RESPONSE AND PLOTTING OF DEPENDENCE OF  
DOSE CHANGE FACTOR FROM TIME**

Silina E.S.<sup>1\*</sup>, Vazirov R.A.<sup>1</sup>, Korotovskikh O.I.<sup>1</sup>.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The subject of this research is an analysis of the process of radiation-induced adaptive response, stimulated by low doses of radiation. And also constructing of the dependence of dose change factor from different time intervals.

Радиобиология — постоянно развивающаяся, комплексная наука, которая имеет множество направлений. На данный момент одним из самых спорных и насущных проблем является воздействие «малых» доз ионизирующего излучения и их опасность для человека. Дискуссии также вызывает и количественное определение «малых» доз [1, 2]. Так позитивным эффектом «малых» доз принято называть радиационный гормезис. Одним из его проявлений является феномен адаптивного ответа, который представляет собой универсальную реакцию клеток на облучение в «малых» дозах, выражающуюся в приобретении устойчивости к поражающему действию ионизирующего излучения в «большой» дозе. [1, 3].

Целью данной работы является анализ процесса радиационно-индуцированного адаптивного ответа и построение зависимости фактора изменения дозы от времени.

В качестве «малых» доз обычно принимают дозы до 1 Гр. После облучения такими дозами может наблюдаться повышение устойчивости биологических объектов к экстремальным условиям, а именно повторное воздействие большими дозами ионизирующего излучения. Изменение выживаемости после облучения и является критерием адаптивного ответа. При этом интервалы времени между воздействиями являются фиксированными [2].

1. Богданов И.М., Сорокина М.А., Маслюк А.И., Бюллетень сибирской медицины., 2, с. 145-151 (2005) .
2. Кудряшов Ю.Б., Радиационная биофизика (ионизирующее излучение)., ФИЗМАТЛИТ, (2004) .
3. Кузин А.М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке. М.: Наука, 1995

## **ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ФУНКЦИЮ МИОКАРДА**

Герцен О.П.<sup>1</sup>, Симанова Ю.А.<sup>2</sup>, Набиев С.Р.<sup>1</sup>, Никитина Л.В.<sup>1</sup>, Селезнева И.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Химико-технологический институт Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: [o.p.gerzen@gmail.com](mailto:o.p.gerzen@gmail.com)

## **THE INFLUENCE OF LEAD IONS ON THE MECHANICAL FUNCTION OF MYOCARDIUM**

Gerzen O.P.<sup>1</sup>, Simanova I.A.<sup>2</sup>, Nabiev S.R.<sup>1</sup>, Nikitina L.V.<sup>1</sup>, Selezneva I.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Immunology and Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Chemical Engineering of Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: [o.p.gerzen@gmail.com](mailto:o.p.gerzen@gmail.com)

Lead intoxication was modeled by intraperitoneal injection of lead acetate to rats 5 weeks 3 times a week. The velocity of thin filaments movement at different calcium concentrations on myosin extracted from the right ventricle of the rats' hearts of «Pb» and «K» groups was estimated using an In Vitro Motility Assay. Lead intoxication reduced the maximum velocity of movement by 30% because of the shift of myosin isoforms towards slow ones and did not influence on calcium activation.

По данным ВОЗ сердечно-сосудистые болезни являются основной причиной смертности во всем мире, и воздействие токсичных веществ способствуют возникновению или обострению этих патологий. Свинец, наряду с другими тяжелыми металлами (кадмий, цинк, медь, ртуть), является наиболее распространенным ксенобиотиком, присутствующим в воздухе, домашней пыли, почве, воде, продуктах питания. Накопление его в среде характеризуется стойкостью и создаёт условия для токсического воздействия на людей через много лет после прекращения промышленной эмиссии. Влияние свинца на функцию сердечной мышцы исследовано эпизодически, результаты противоречивы и механизмы этого действия остаются невыясненными.

Цель – изучить влияние ионов свинца на механическую функцию сердечной мышцы на молекулярном уровне.

Методика. Аутбредным крысам-самцам массой тела 300 г многократно внутривенно вводили сублетальные дозы ацетата свинца (однократно 12,5 мг/кг веса по свинцу) 3 раза в неделю 5 недель (группа «Pb»). Группа контрольных («K») крыс получали тот же объем стерильной дистиллированной воды. Состав изоформ тяжелых цепей миозина (ТЦМ) из миокарда правого желудочка крыс определяли с помощью денатурирующего гель-электрофореза с последующей окраской кумасси и сканированием с помощью денситометра (BioRad) для определения процентного соотношения  $\alpha$ - и  $\beta$ -ТЦМ в пробе. Методом искусственной подвижной системы (*in vitro motility assay*) определяли скорость движения реконструированных тонких филаментов, состоящих из актина, тропонина и тропомиозина, по миозинам, выделенным из правого желудочка крыс групп «Pb» и «K» при разных концентрациях кальция в растворе. По характеристикам связи «pCa-скорость», таким как коэффициент кооперативности Хилла и кальциевая чувствительность ( $pCa_{50}$ ), оценивали влияние свинцовой интоксикации на регуляцию сократительной активности миокарда [1].

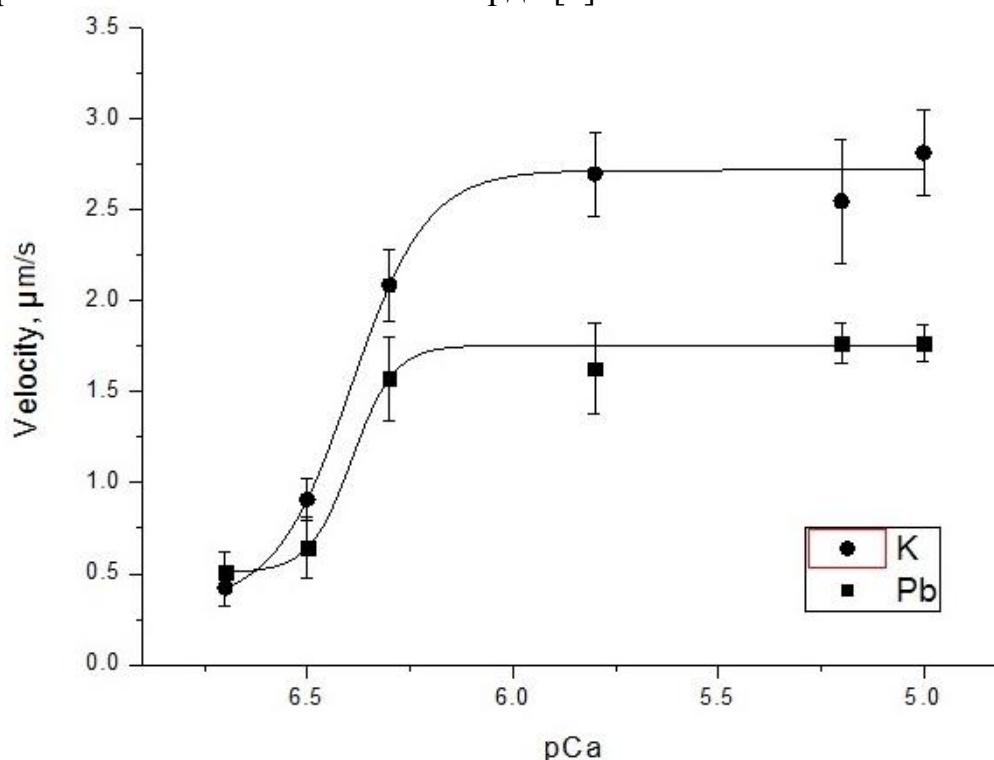


Рис. 1. Зависимости скорости движения реконструированного тонкого филамента от концентрации кальция по миозинам из правого желудочка сердца крыс групп «K» и «Pb». pCa - отрицательный десятичный логарифм концентрации кальция. Линия регрессии соответствует уравнению Хилла. Скорости представлены как среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение по четырем экспериментам.

Результаты: Установлена более выраженная экспрессия  $\beta$ -ТЦМ в миокарде сердец крыс после свинцовой экспозиции. На рисунке 1 показана связь «pCa-скорость» для миокарда крыс групп «Pb» и «K». Свинцовая интоксикация

уменьшала максимальную скорость скольжения филаментов на 30%, не меняла коэффициент Хилла и кальциевую чувствительность, т.е не влияла на кальциевую регуляцию.

1. Никитина Л.В. и др., Успехи биол. химии, 55, 255–288 (2015).

**ВЫДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА ФУКОИДАНА ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ  
*FUCUS VESICULOSUS* И *LAMINARIAE THALLI* С ЦЕЛЬЮ ЕГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ В  
КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ**

Сопелкина К.И.\*, Селезнева И.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [k.sopelkina@yandex.ru](mailto:k.sopelkina@yandex.ru)

**ISOLATION AND PURIFICATION OF FUCOIDAN FROM BROWN ALGAE  
*FUCUS VESICULOSUS* AND *LAMINARIAE THALLI* WITH THE PURPOSE  
OF ITS USE AS A FOOD SUPPLEMENT IN CULTURED MILK PRODUCTS**

Sopelkina K.I., Selezneva I.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Fucoidan is a polyvalent biomodulator with a wide range of biological activity: immunomodulatory, antiviral, anti-inflammatory, antibacterial and antitumor properties. The use of fucoidan in the yogurt production technology allows improving its functional properties. Our research connected with the extraction of fucoidan from brown algae, its purification and its use for the yogurt production. The characteristics of the yogurt obtained were investigated and its microbiological analysis was carried out.

В последние годы проблема разработки функциональных продуктов питания получила развитие в виде научных разработок, что позволяет создавать современные продукты высокой биологической ценности и целенаправленного действия. Кисломолочный продукт, обогащенный полисахаридом фукоидан, вызывает особый интерес, что обусловлено широким спектром биологической активности фукоидана, который обладает иммуномодулирующими, противовирусными, противовоспалительными, антибактериальными и противоопухолевыми свойствами [1].

Фукоиданы – семейство высокосульфатированных, водорастворимых, обычно разветвленных гетеро- и гомополисахаридов, где основным моносахаридным остатком выступает L-фукоза (рис. 1).

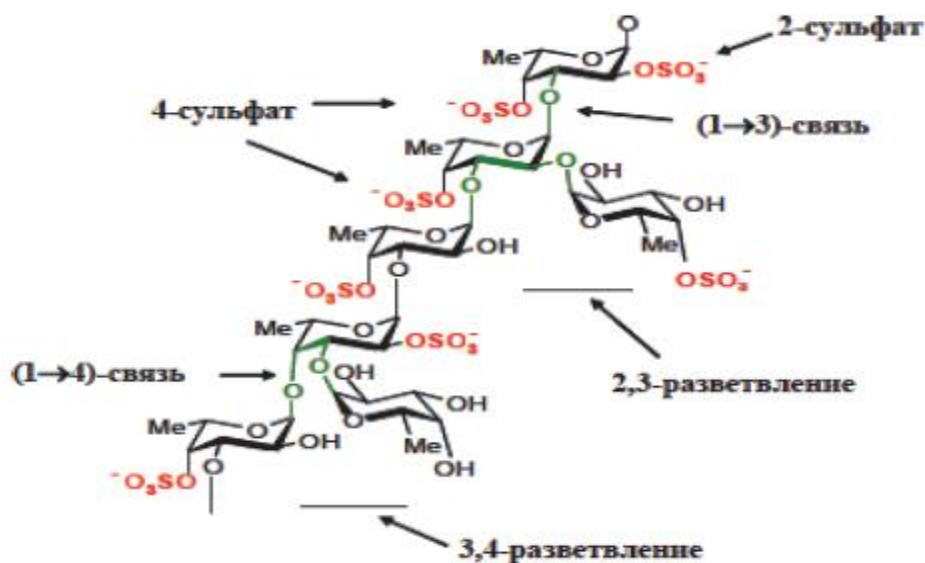


Рис. 1. Структура молекулы фукоидана

Наибольшее количество данного полисахарида содержится в бурых и зеленых водорослях, а также некоторых морских беспозвоночных (таких как морские ежи и морские огурцы). Благодаря доступности бурых и зеленых водорослей их используют в качестве сырья для выделения фукоидана. Основная цепь фукоиданов водорослей порядка *Fucales* построена из чередующихся  $\alpha$ -1 $\rightarrow$ 3- и  $\alpha$ -1 $\rightarrow$ 4-связанных остатков фукозы, в результате чего формируется регулярная структура полисахаридной цепи. Бурые водоросли порядка *Laminariales*, синтезируют полисахариды, состоящие из  $\alpha$ -1 $\rightarrow$ 3-связанных остатков фукозы. Основная цепь этих полисахаридов может иметь разветвления при C2 некоторых остатков фукозы [2].

Фукоиданы хорошо растворяются в воде, поэтому их можно экстрагировать из водорослей водой или разбавленными кислотами при комнатной, либо чуть повышенной температуре. В настоящей работе мы выделяли фукоидан из водорослей путем экстракции раствором хлористоводородной кислоты. Полученный экстракт затем обрабатывали раствором перекиси водорода с целью очистки от полифенольных примесей. В отличие от ранее предложенной методики получения фукоидана [3], внесенные нами усовершенствования позволяют получать очищенный продукт с большим выходом целевого вещества.

После очистки проводили анализ выделенного продукта методами тонкослойной хроматографии, ИК-спектроскопии и ЯМР- $^1\text{H}$  спектроскопии, а также при помощи качественных реакций.

Затем, получали йогурт с добавлением очищенного фукоидана в различных концентрациях, определяли оптимальное количество добавляемого фукоидана и проводили сенсорный, физико-химический и микробиологический анализ полученных образцов йогурта.

1. Ускова Д.Г., Потороко И.Ю., Попова Н.В., Вестник Южно-уральского государственного университета, 3, 80 (2016).
2. Bo Li, Fei Lu, Xinjun W., Ruixiang Z., Molecules, 13, 1671 (2008).
3. Врищ Э.А., Ковалев Н.Н., Элштейн Л.М., Патент РФ № 2302429 (2007).

## **РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ СБРОСОВ С РЕАКТОРОВ ТИПА PWR И BWR, НА ПРИМЕРЕ АЭС США**

Сюксина М.В.\*, Назарович А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [marias5064@yandex.ru](mailto:marias5064@yandex.ru)

## **RADIONUCLIDE LIQUID EMISSIONS OF REACTORS PWR AND BWR, BY THE EXAMPLE OF NPP THE USA**

Syuksina M.V.\*, Nazarovich A.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. Creating a database of liquid emissions from nuclear power plants such as PWR and BWR USA. Volumetric activities of noble gases, tritium and other radionuclides in liquid emissions, the source of which are USA nuclear power plants, are calculated. The data obtained can be summarized worldwide, since PWR and BWR are also widely distributed in the world.

В современном мире роль атомных станций в производстве электроэнергии неуклонно растет, а вместе с этим растут и сбросы радиоактивных веществ. В области ограничения антропогенного воздействия объектов использования атомной энергии важным нововведением является перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 8 июля 2015 г. N 1316-р. Данный перечень содержит 81 радиоактивный изотоп в элементарной форме и в виде соединений, отнесенных к веществам, загрязняющим водные объекты. Отдельные радионуклиды из перечня могут изначально содержаться в водных объектах до использования воды на АЭС. Для каждого источника сбросов радиоактивных веществ требуется определить какими радионуклидами из перечня формируются 99% годовой активности населения. МАГАТЭ рекомендует рассматривать 31 радионуклид в качестве стрессоров для оценки воздействия на окружающую среду от сбросов АЭС [1].

Состав сбросов АЭС с реакторными установками на тепловых нейтронах BWR и PWR может быть получен из анализа информации по контролю сбросов в США. Так как PWR и BWR это самые распространенные реакторы в мире, мы можем обобщить полученные данные для США, где доля действующих

реакторов PWR типа составляет 65,7%, а для BWR – 34,3%. Нужно учесть, что особенностью контроля сбросов в США является разделение постоянных и периодических сбросов, радионуклидный состав которых специфичен.

Постоянные и периодические сбросы отличаются уровнями активности. В периодических сбросах активность сбрасываемых радионуклидов превалирует над значениями в постоянных сбросах. Основную активность сбросов (не менее 99%) активности формируют тритий и углерод для данных атомных станций типа PWR и BWR. Полученные результаты не противоречат рекомендациям МАГАТЭ и ранее полученным данным [2].

1. International Atomic Energy Agency. Nuclear Energy Series. No. NG-T-3.15. Vienna: IAEA, 98 p. (2016).
2. А.А.Екидин, Г.П.Малиновский и др., Атомная энергия, Т. 119. № 4, 219-221 (2015).

## **РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ СБРОСОВ В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ**

Сюксина М.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [marias5064@yandex.ru](mailto:marias5064@yandex.ru)

## **RADIONUCLIDE COMPOSITION OF LIQUID EMISSIONS IN EUROPEAN COUNTRIES**

Syuksina M.V. \*

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. Creating a database of liquid emissions from nuclear power plants in Europe. Volumetric activities of radionuclides in liquid emissions from nuclear power plants are calculated. The data obtained can be summarized worldwide.

Спрос на электроэнергию растёт и роль атомных станциях в производстве энергии стремительно увеличивается, а вместе с этим растут и сбросы радиоактивных веществ. При ограничении антропогенного воздействия объектов использования атомной энергии важным документом является перечень загрязняющих веществ, для которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 8 июля 2015 г. N 1316-р. Этот документ содержит 81 радиоактивный изотоп в элементарной форме и в виде соединений, отнесенных к веществам, загрязняющим водные объекты. Отдельные радионуклиды из перечня могут изначально содержаться в водных объектах до использования воды на АЭС. Для



каждого источника сбросов радиоактивных веществ требуется определить какими радионуклидами из перечня формируются 99% годовой активности населения. МАГАТЭ рекомендует рассматривать 31 радионуклид в качестве стрессоров для оценки воздействия на окружающую среду от сбросов АЭС [1].

Состав сбросов АЭС с реакторными установками на тепловых нейтронах AGR, BWR, LWGR, PWR и CANDU может быть получен из анализа информации по контролю сбросов в Европе, за исключением реакторов на быстрых нейтронах. Так как данные типы реакторов широко распространены в мире, то мы можем обобщить полученные данные для Европы на мировую практику. Основную активность сбросов (не менее 99%) активности формируют  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для данных атомных станций. Полученные результаты не противоречат рекомендациям МАГАТЭ и ранее полученным данным [2].

1. International Atomic Energy Agency. Nuclear Energy Series. No. NG-T-3.15. Vienna: IAEA, 98 p. (2016).
2. А.А.Екидин, Г.П.Малиновский и др., Атомная энергия, Т. 119. № 4, 219-221 (2015).

## THE INNOVATIVE APPROACH TOWARDS IMPROVING GREEN BIOTECHNOLOGY IN NIGERIA

Bulya T.E.<sup>1\*</sup>, Javed F.<sup>1</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [nuellabulya@gmail.com](mailto:nuellabulya@gmail.com)

**Abstract.** We have discussed the innovative approach towards green biotechnology in Nigeria, the efforts that have been put in making green biotechnology see the light of the day in Nigeria, the public view about green biotechnological products and the challenges faced in Nigeria in implementing the technological innovation.

Due to the rapid growth of Biotechnology in the globe, Nigeria officially signed the bio safety bill into law in 2015, making it eligible to join the nations that are already using biotechnology and genetic modification. National Biotechnology Development Agency Nigeria related this biotechnology to genetic engineering which in turn would boost food production and alleviate hunger [1].

Biotechnology as defined by UN Convention is any technological application that uses biological systems, living organisms or any derivatives thereof, to modify/make products or processes for specific use [2]. The Biotechnological novel creates room for various disciplines such as physics, chemistry and biology which allow the designing of different biological systems that differ in degree of complexity and organisation, resulting to wide range of macromolecules.

Colours play crucial role in communication and every colour has its significance in the world of communication representing thoughts, actions and reaction. Biotechnology and the colour world have always worked handy since the beginning of raising awareness for the various fields of biotechnology. Some scientists described the life science aspect of biotechnology as a rainbow with each sector having its own colour code [3]. Biotechnology is symbolized majorly by four colours. Red biotechnology is for the health and medical sector including diseases and diagnostics. Green biotechnology represents agriculture or food, plant and environment. White or Grey biotechnology represents the industrial sector, and Blue biotechnology is for aquaculture and marine.

Nigeria is working towards creating a solid foundation for this new technology and the Federal Government with the passage of the bio-safety bill into law in line with the world standard has approved the establishment of a national regulatory body and the National Bio-safety Management Agency (NBMA) to oversee the safe application of biotechnology in the country [4]. In this paper we intend to discuss the innovative approach towards green biotechnology in Nigeria, the efforts that have been put in making green biotechnology see the light of the day in Nigeria, the public view about green biotechnological products and the challenges faced in Nigeria in implementing the technological innovation. Agricultural products were the main foreign exchange earner for Nigeria years ago [5].

Agricultural practice in Nigeria is common, majorly as a result of the soil fertility and the introduction of Biotechnology in country has created a new phase for agriculture. The nation is on track to commercialize genetically engineered cowpea and cotton this year. Both crops contain the Bt gene to confer pest resistance.

1. Nkechi Isaac, Nigeria has two GMO crops on track for 2018, Cornell Alliance for Science (2018).
2. UN Convention on Biological Diversity, Art 2 (2013).
3. Edgar J. Dasilva, The Colours of Biotechnology: Science, Development and Humankind Paris, France (2012).
4. Abdullah el-Kurebe, How biotechnology can optimize agriculture in Nigeria National Biotechnology Development Agency (2017).
5. Ake C., Democracy and Development in Africa. Brookings Institution Press, Washington, DC, p. 48 (1996).

## ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКГ СИГНАЛА В СРЕДЕ MATLAB

Ушакова А.Д.<sup>1\*</sup>, Смирнов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Nastya\\_Ushakova@mail.ru](mailto:Nastya_Ushakova@mail.ru)

## PROGRAM FOR ECG SIGNAL ANALYSIS USING MATLAB

Ushakova A.D.<sup>1\*</sup>, Smirnov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Program for calculating heart rate variability, statistical, spectral, correlation and nonlinear characteristics of the heart with a user-friendly graphical interface, thanks to which users do not have to understand the program code and the mathematical complexity of digital signal processing and can focus their attention on biomedical component of the ECG signal.

Анализ ЭКГ сигнала играет важную роль при оценке состояния сердца и сердечно-сосудистой системы, поскольку электрокардиограмма отражает процессы, происходящие в сердце, и позволяет судить как о текущем состоянии сердечно-сосудистой системы, так и о патологических изменениях в самом сердце [1].

Компьютерная обработка ЭКГ сигнала позволяет автоматизировать долгие и трудоемкие вычисления, необходимые для исследования вариабельности сердечного ритма, его статистических, спектральных, корреляционных и нелинейных характеристик [2]. Цель данной работы – написать в среде MATLAB программу для расчета вышеперечисленных характеристик с удобным графическим интерфейсом, благодаря которому пользователь освобождается от необходимости разбираться в коде программы и вникать в математические сложности обработки цифровых сигналов и фокусирует свое внимание на анализе результатов вычислений, а также их биомедицинской составляющей.

Данную программу можно использовать в курсе «Методы обработки биомедицинских сигналов и данных» и на лабораторных работах в качестве дополнительного материала, чтобы познакомить студентов с различными характеристиками ЭКГ сигнала.

1. Немирко А.П., Манило Л.А., Калиниченко А.Н. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. – 248 с.
2. Анализ биомедицинских сигналов в среде MATLAB : учебное пособие / В.С. Кубланов, В.И. Борисов, А.Ю. Долганов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2016. – 120 с.
3. Рангайян Р.М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход / Пер. с англ. под ред. А.П. Немирко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 440 с.

## MOVEMENT OF HEAD AND CENTER OF MASS: JOINT ASSESSMENT

Vasilyev V.S. \*, Borisov V.I., Syskov A.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [vasilyev.v@protonmail.com](mailto:vasilyev.v@protonmail.com)

In this study, a supposition of relation between movements of head and center of mass is made. A case study on small group was carried out. After application of continuous-wavelet transform to acquired signals of head and body movement, it was found that resulting signals contain common frequencies. Further development of described methodology is proposed.

Известно, что тело человека является обратным маятником [1]. В работе проверяется гипотеза о наличии взаимосвязи между движением головы и движением центра масс.

Для проверки этой гипотезы было проведено исследование с участием 10 испытуемых в возрасте  $20 \pm 3$  лет. Для снятия сигнала движения центра масс использовалась стабилуплатформа «Стабилан-01»; сигнал движения головы записывался 3-х осевых акселерометром интерфейса мозг-компьютер «Emotiv EPOC+».

Стоя на стабилуплатформе перед экраном монитора, с закрепленным на голове акселерометром, испытуемый проходил через следующие этапы исследования:

1. Фон (3 минуты) – нахождение в естественной позе, отсутствие внешних воздействий;
2. Разминка (40 секунд) – совершение круговых движений и наклонов головой;
3. Тест «Мишень» (5 минут) – на экране появляется изображение мишени и маркер (проекция центра масс на плоскость стабилуплатформы); задача испытуемого – балансируя на платформе, удерживать маркер в центре мишени;
4. Последствие (3 минуты) – как этап Фон.

В ходе этапов сигналы ускорения по осям акселерометра и отклонения центра масс по осям стабилуплатформы записывались для дальнейшего анализа.

Для оценки частотных характеристик сигналов использовалось непрерывное вейвлет-преобразование. Вейвлет Морле был выбран в качестве материнского, как наиболее подходящий для оценки нестационарных сигналов [2].

Пример скейлограмм сигналов ускорения по фронтальной оси акселерометра и смещения центра масс по фронтальной оси стабилуплатформы показан на Рисунке 1.

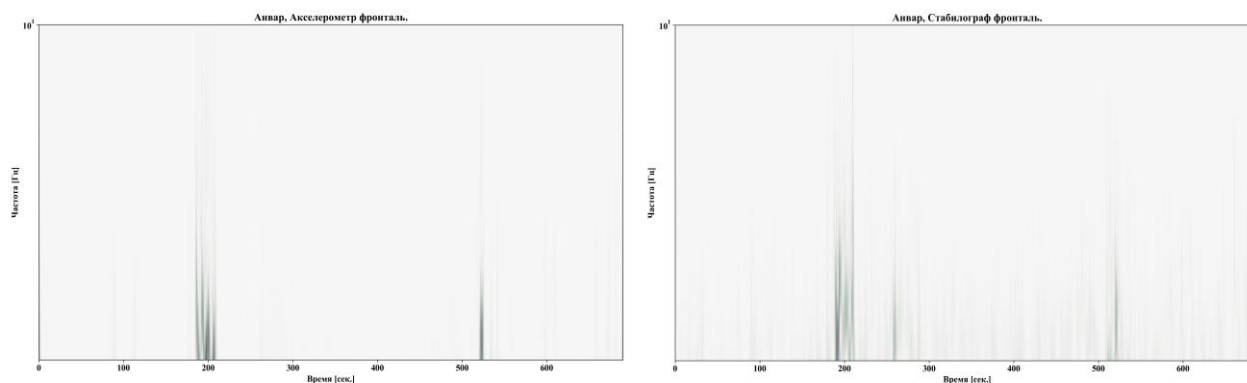


Рис. 1. Вейвлет-скейлограммы сигналов движения головы и центра масс.

Как показано на графиках выше, оба сигнала имеют пики амплитуды в нескольких частотно-временных областях. Явно выражен переход между этапами фона и разминки (180-220 сек.), а так же окончание теста «Мишень» (520 сек.). Это подтверждает исходную гипотезу о наличии взаимосвязи между движениями головы и центра масс.

Для оценки данной методологии необходимо провести дополнительные исследования с большей выборкой испытуемых, с использованием методов нелинейной динамики для оценки контроля равновесия [3].

1. Usachev V.I, Stabilometric parameters, CJSC «RITM» (2011).
2. Rafieea J., Rafieea M.A. et al., Wavelet basis functions in biomedical signal processing, Expert systems with applications, 38, 11 (2011).
3. Collins J.J., De Luca C.J., Upright, correlated random walks: A statistical-biomechanics approach to the human postural control system, CHAOS, 5, 7 (1995).

## РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НА УСТАНОВКАХ УРТ-0.5 И УРТ-1.0

Вазиров Р.А.<sup>1,2\*</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>1,2</sup>, Балезин М.Е.<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vazirov23@gmail.com](mailto:vazirov23@gmail.com)

## RADIATION PROCESSING OF FOOD PRODUCTS ON INSTALLATIONS URT-0.5 AND URT-1.0

Vazirov R.A.<sup>1,2</sup>, Sokovnin S.Y.<sup>1,2,3</sup>, Balezin M. E.<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Food processing with ionizing radiation is permitted in more than 40 countries, and the list of food products permitted for radiation processing includes more than 60 food products. Gamma-radiation sources ( $^{60}\text{Co}$  or  $^{137}\text{Cs}$  radionuclides), X-rays (below 5 MeV) and accelerated electrons (below 10 MeV) mainly be used to irradiate food. Using URT devices can significantly reduce the economic costs of radiation treatment of food products.

Применение радиационной обработки пищевых продуктов в сельскохозяйственной отрасли используется уже более 50 лет [1]. В настоящее время обработка продуктов питания ионизирующим излучением разрешена более чем в 40 странах, при этом перечень пищевых продуктов, разрешенных к радиационной обработке, включает более 60 наименований [2].

С 1 января 2017 года вступил в силу ГОСТ по радиационной обработке пищевых продуктов [3], контролирующей требования к обработке продуктов питания на территории Российской Федерации. Для облучения пищевых продуктов могут быть использованы источники гамма-излучения (радионуклиды  $^{60}\text{Co}$  или  $^{137}\text{Cs}$ ), рентгеновские лучи (ниже 5 МэВ) и ускоренные электроны (ниже 10 МэВ). При этом продукты питания обязательно маркируются в соответствии с международным стандартом знаком-логотипом «Radura-logo» [4].

На сегодняшний день для радиационной обработки продуктов питания по-прежнему наиболее широко используется гамма-излучение и только потом ускорители электронов [2]. При обработке данным видами излучения пищевая продукция полностью подвергается облучению, что приводит к снижению качества продукции и к снижению КПД за счёт относительно равномерного распределения поглощенной дозы на глубине продукции.

Использование установок УРТ [5] позволяет значительно снизить экономические затраты на проведение радиационной обработки пищевой продукции. Использование наносекундного электронного пучка с энергией электронов менее 1

МэВ позволяет эффективно проводить поверхностную дезинфекцию куриных яиц и мяса. При обработке инкубированных куриных яиц наблюдается полное подавление контаминации бактерий на поверхности скорлупы и минимизирован негативный фактор облучения эмбрионов.

1. Р.М. Алексахин, Н.И. Манжарова, Г.В. Козьмин, А.Н. Павлов, С.А. Гераськин, “Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе российской федерации”, Вестник РАЕН, vol. 14, no. 1, 2014, стр. 78-85.
2. I.S. Arvanitoyannis, “Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion”, London: Arvanitoyannis Academic Press is an imprint of Elsevier, 2010. 710 pp.
3. ГОСТ 33339-2015 “Радиационная обработка пищевых продуктов. Основные технические требования”. М.: Изд-во стандартов, 2016, стр. 7.
4. Ulmann R.M. “Представлять облученные продукты производителю и потребителю в: Мирное использование атомной энергии”, Материалы четвертой международной конференции по мирному использованию атомной энергии, МАГАТЭ. Вена (Австрия), 1972, vol. 12, pp. 299-308.
5. С.Ю. Соковнин, “Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий” Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2017. 348 ISBN: 978-5-7691-2494-5

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СИНУСОВОЙ АРИТМИИ, МЕРЦАТЕЛЬНОЙ АРИТМИИ, ПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ ТАХИКАРДИИ**

Веревошникова Ю.А.<sup>1</sup>, Смирнов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [juliver@yandex.ru](mailto:juliver@yandex.ru)

## **THE USAGE OF NEURAL NETWORK FOR SINUS ARRHYTHMIA, ATRIAL ARRHYTHMIA, PAROXYSMAL TACHYCARDIA DETECTION**

Verevochnikova Yu.A.<sup>1\*</sup>, Smirnov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The research is aimed to prevent heart attack, stroke, epileptic fit and hypertonic crisis by sinus arrhythmia, atrial arrhythmia and paroxysmal tachycardia detection with the use of neural network. Moreover, neural network will also be able to detect any other anomalies and save these data for their further analyzing.

В современном мире человечество столкнулось с проблемой высокой смертности из-за различного рода приступов: приступов инсульта, эпилепсии,

инфаркта и повторного инфаркта, гиперотнического криза [1]. Приступ может начаться в любом месте, в любое время суток, что делает человека еще более беспомощным перед своей болезнью. Зачастую, пациент находится не в состоянии найти способ связаться с родными или врачами, чтобы получить столь важную неотложную помощь. Однако можем ли мы предугадать приближающийся приступ? Согласно исследованиям различных врачей и ученых, перед каждым из вышеописанных приступов можно наблюдать определенный вид аритмии: перед приступом эпилепсии – дыхательная синусовая аритмия, перед приступами инсульта и повторного инфаркта – мерцательная аритмия, перед приступом гиперотнического криза – синусовая аритмия, а также пароксизмальная тахикардия [2].

Опираясь на полученные исследования, в своем проекте мы поставили цель изучить особенности и расшифровку каждого электрокардиографического (ЭКГ) сигнала и создать алгоритм обработки получаемого сигнала при помощи искусственной нейронной сети. В качестве языка программирования был выбран Python, как самый популярный инструмент для анализа данных и задач машинного обучения [3]. Искусственная нейронная сеть реализована через совмещение сверточной нейронной сети и полносвязного перцептрона, тем самым решая задачу классификации [4]. Для обучения нейронной сети использовались как зарубежные, так и российские базы данных сигналов ЭКГ с патологиями. Как результат, разработанный алгоритм с высокой точностью способен реагировать на изменение сигнала ЭКГ со стандартного на критический, чтобы впоследствии незамедлительно оповещать врачей о намечающемся приступе.

За счет так называемого глубокого обучения алгоритм позволяет не только определять пороговые показания ЭКГ (например, отсутствие Р зубца и сглаженный Т зубец при мерцательной аритмии), но также считывать любые другие аномалии, сохранять данные о них, чтобы впоследствии проконсультироваться с врачами [5].

1. Хайт, Г.Я. Основы диагностики клинической кардиологии. - М: АНМИ, 2003 - 329 с.
2. Белялов, Ф.И. Аритмии сердца: Практическое рук-во для врачей. - М.: ООО “Медицинское информационное агенство”, 2006. - 352 с.
3. William McKinney. Python for Data Analysis, 2<sup>nd</sup> Edition. - O'Reilly Media, Inc., 2017 - 550 pp.
4. Simon O. Haykin. Neural Networks and Learning Machines, 3<sup>rd</sup> Edition, - Pearson, 2008 - 936 pp.
5. Кушаковский, М.С. Аритмии сердца: Рук-во для врачей. - СПб: Гиппократ, 1992 - 544 с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКА ФЕРРОЖИДКОСТИ В КРОВЕНОСНЫХ СОСУДАХ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Волчков С.О.<sup>1\*</sup>, Бляхман Ф.А.<sup>1,2</sup>, Тимохина В.Э.<sup>1,2</sup>,  
Честухин В.В.<sup>3</sup>, Курляндская Г.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, Россия

\*E-mail: [Stanislav.volchkov@urfu.ru](mailto:Stanislav.volchkov@urfu.ru)

## INVESTIGATION OF THE FERROFLUID IN BLOOD VESSELS OF COMPLEX GEOMETRY BY THE FINITE ELEMENTS METHOD

Volchkov S.O.<sup>1\*</sup>, Blyakhman F.A.<sup>1,2</sup>, Timokhina V.E.<sup>1,2</sup>,  
Chestukhin V.V.<sup>3</sup>, Kurlyandskaya G.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Research Institute of Emergency Care named after N.V. Sklifosovsky, Moscow, Russia

Annotation. We present the results of modeling of the magnetodynamics of ferrofluid containing iron oxide nanoparticles circulating in a real coronary artery with multiple stenosis due to atherosclerosis. The response of the giant magnetoimpedance sensor based on the [FeNi/Cu]3/Cu/[FeNi/Cu]3 is used. The finite-element method and Comsol Multiphysics 5 licensed software in microhydrodynamics and AC / DC modules were used.

Характеристика течения жидкостей в сосудах сложной формы является не тривиальной задачей гидродинамики, и ее решение открывает широкий круг приложений в медицине, связанных с диагностикой гемодинамики в патологически низменных артериях. Использование контрастирующих веществ облегчает визуализацию анатомических дефектов артерий и потоков крови в них. В настоящей работе рассматривается новый подход к количественной оценке гемодинамики в кровеносных сосудах, предусматривающий использование магнитных наночастиц (МНЧ) в качестве контрастирующего вещества и магнитного сенсора, работающего на основе эффекта гигантского магнитного импеданса (ГМИ) [1]. Обоснованность такого подхода базируется, на перспективных разработках в сфере создания МНЧ с биосовместимой оболочкой и углубленных исследованиях ГМИ, демонстрирующих возможность определения локализации и движения МНЧ [2].

Представлены результаты моделирования детектирования с помощью ГМИ-сенсора на основе пленочной структуры [FeNi/Cu]3/Cu/[FeNi/Cu]3 особенностей магнитодинамики феррожидкости, содержащей МНЧ оксида железа, циркулирующей в реальной коронарной артерии с множественными стенозами вследствие атеросклероза. Использован метод конечных элементов на лицензионном программном обеспечении Comsol Multiphysics 5. Архитектура артерии была оцифрована по данным ангиографии с помощью растрово-векторного

преобразования (рис. 1А). Распределение вихревых индукционных полей рассеяния от ферромагнитных частиц внутри области сосуда имеет сложный характер (рис. 1Б), и их суперпозиция будет отражаться в изменении кривой импеданса при продольном сканировании. Параметры феррожидкости получены в ходе аттестации реальных водных суспензий наночастиц, полученных методом лазерного испарения мишени [1].

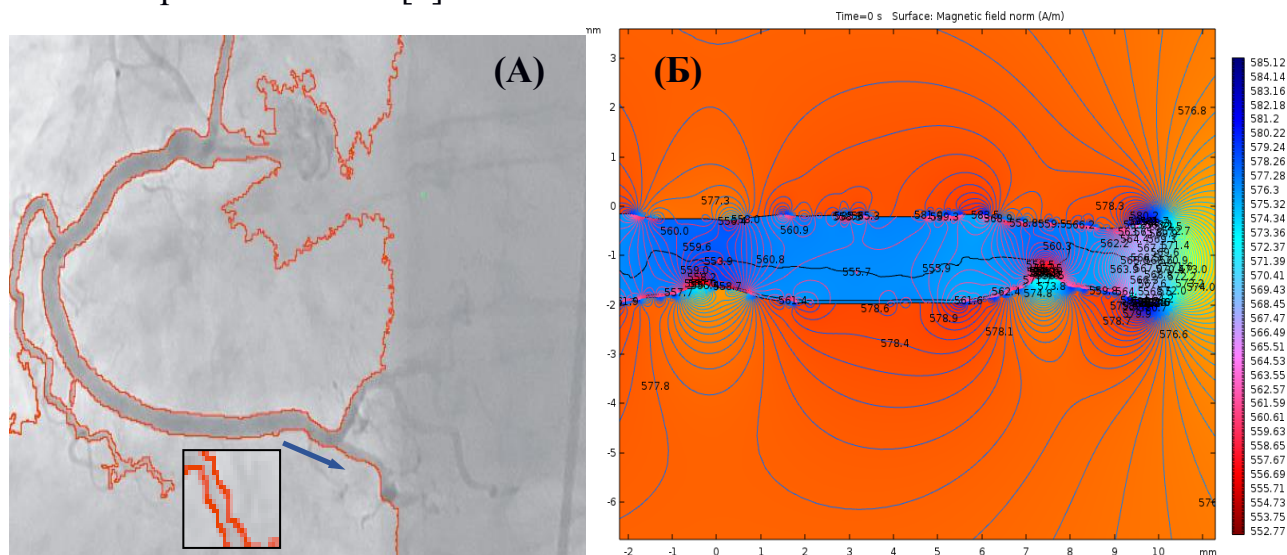


Рис. 1. (А) Векторная геометрия коронарной артерии. (Б) Распределение вихревых индукционных полей рассеяния от ферромагнитных частиц. Цветовая шкала соответствует распределению магнитного поля по нормальной компоненте

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 18-19-00090.*

1. G.V. Kurlyandskaya, E. Fernández, et al. Appl. Phys. Lett. 106, 193702 (2015).
2. J. Llandro, J. J. Palfreyman, et al. Med. Biol. Eng. Comput. 48, 977 (2010).

## РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОМЕХАНИКИ КЛЕТОК СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ

Волжанинов Д.А.<sup>1,2\*</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>

- <sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия  
<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [VolzhaninovDenis@yandex.ru](mailto:VolzhaninovDenis@yandex.ru)

## THE DEVELOPMENT OF THE EXPERIMENTAL SET-UP TO STUDY BIOMECHANICS OF HEART MUSCLE CELLS

Volzhaninov D.A.<sup>1,2\*</sup>, Khokhlova A.D.<sup>1,2</sup>

- <sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia  
<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The study presents the experimental set-up developed to study biomechanics of single heart muscle cells. The set-up is based on the optical control system to register cell length and force and digital micromanipulator network to apply various mechanical load to a cell. The current configuration of the set-up helps to reduce the vibration level. Software developed in LabVIEW allows one to control simultaneously four micromanipulators and apply a wide range of stretch to a cell.

Исследования биомеханических характеристик одиночных клеток сердечной мышцы (кардиомиоцитов – КМ) необходимы для понимания клеточных и субклеточных механизмов регуляции сердечной деятельности. Регистрация длины и силы КМ требует специальных методов, одним из которых является метод карбоновых волокон (КВ) [1]. В ранее разработанных экспериментальных установках для управления КВ используется физическое соединение трех устройств: трёхосевые гидравлические манипуляторы с миллиметровым диапазоном позиционирования для управления положением КВ, одноосные аналоговые пьезомоторы с нанометровым диапазоном позиционирования для прецизионного перемещения КВ и подвижные держатели двух соединенных устройств. Точки крепления механизмов могут быть уязвимы к изменениям условий окружающей среды, вибрации и т. д.

Целью данного исследования является разработка экспериментальной установки на основе системы оптического контроля IonOptix и сети цифровых микроманипуляторов (uMr) для использования метода КВ. В данном исследовании использовалась методика четырех КВ для фиксации концов клетки с целью приложения к ней механической нагрузки (растяжение или укорочение клетки).

Система оптического контроля IonOptix позволяет в реальном времени измерять положение и изгиб КВ на КМ, что необходимо для расчёта длины и силы КМ.

Для задания механической нагрузки на клетку используется цифровая система «Sensapex». Данная система, использующая сетевой протокол Ethernet UDP, имеет большой ход движения uMr (20 мм), охватывающий экспериментальную ванночку, и нанометровое разрешение (5 нм), что увеличивает её надежность по сравнению с описанными выше установками. uMr монтируются на антивибрационном столе, на специально разработанных подставках, для минимизации влияния вибраций на сокращения КМ.

Разработанное программное обеспечение в среде разработки LabVIEW позволяет прикладывать широкий диапазон растяжения и укорочения к клетке. LabVIEW позволяет работать с потоками данных, что облегчает параллельное управление несколькими микроманипуляторами одновременно.

Тестирование последовательных шагов uMr показало, что движение uMr является синхронным, а погрешность незначительна. Исследование сети с помощью программы-анализатора трафика Wireshark показало малые времена задержки. Поэтому мы считаем, что разработанная экспериментальная установка может быть использована для анализа длины и силы КМ при различных механических нагрузках.

В дальнейшем планируется обеспечить взаимодействие оптической системы IonOptix и сети uMr для реализации обратной связи, позволяющей приложить к клетке более сложные виды механической нагрузки.

*Работа поддержана Постановлением Правительства РФ № 211 от 16.03.2013, программой ФНИ государственных академий наук (АААА-А18-118020590031-8) и РНФ № 18-74-10059 (разработка программного обеспечения).*

1. Iribe G., Kaneko T., Yamaguchi Y., Naruse K., Progress in Biophysics and Molecular Biology, 115, 103 (2014).

## ВЫДЕЛЕНИЕ БЕТА-ГЛЮКАНА ИЗ ДРОЖЖЕЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В КАЧЕСТВЕ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ

Вырова Д.В.\*, Селезнева И.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [VyrovaD@yandex.ru](mailto:VyrovaD@yandex.ru)

## ISOLATION OF BETA-GLUCAN FROM YEAST AND ITS USE AS A DIETARY SUPPLEMENT

Vyrova D.V., Selezneva I.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Beta-glucan is a biologically active substance with a wide range of physiological effects: it is used to lower blood cholesterol, to stimulate the health of the digestive system and immune system. Also it acts as fat replacer and stabilizer, which allows it to be used as a dietary supplement. A large amount of beta glucan is found in yeast. The our study purpose is to isolate beta-glucan from yeast *Saccharomyces cerevisiae* and its use as a dietary supplement in the dairy yoghurts production.

Бета-глюкан – это полисахарид, содержащийся в клеточных стенках различных зерновых культур (овес, ячмень), микроорганизмов и грибов. Доказано, что он обладает иммуномодулирующими, противоопухолевыми, радиопротекторными свойствами, проявляет способность к снижению уровня холестерина в крови [1]. Кроме того в небольших концентрациях бета-глюкан обладает сильными загущающими, эмульгирующими и жиरोимитирующими свойствами [2]. Таким образом, бета-глюкан может быть использован в качестве пищевой добавки как загуститель и заменитель молочного жира.

На биологическую активность бета-глюкана влияют его физико-химические свойства, в частности его структура, растворимость, конформация и размер молекулы. Некоторые ученые считают, что наибольшую иммуностимулирующую активность проявляют глюканы с бета-(1-3), (1-6)-гликозидными связями вследствие их трехмерной спиральной структуры. Такие бета-глюканы содержатся в клетках дрожжей [1, 3]. Кроме того – дрожжи легкодоступное сырье, они являются отходом при производстве пива и вина и могут быть использованы для получения бета-глюкана. Поэтому настоящее исследование посвящено выделению бета-глюкана из дрожжей.

Расположение  $\beta$ -глюканов в структуре клеточной стенки дрожжей требует предварительного разрушения клеток, для получения препаратов клеточной стенки, а затем следует выделение полимера (наиболее простым и распространенным является метод щелочной экстракции). Различают механические и немеханические методы разрушения клеток. Среди механических методов применяются обработка в шаровой мельнице и ультразвуковая обработка.

Немеханические процедуры делятся на физические (например, термолиз, осмотический шок, СВЧ), химические и ферментативные (в том числе автолиз) методы [4].

В настоящем исследовании для получения бета-глюкана нами использовались хлебопекарные прессованные и сухие активные дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*. Изучена дезинтеграция клеток такими методами, как обработка 1 н раствором щелочи, 24 % раствором перекиси водорода, ультразвуком, СВЧ-излучением и индуцированный автолиз. Результаты дезинтеграции оценивались визуально с помощью микрофотографирования и по количественному выходу бета-глюкана. Наиболее перспективным методом считаем метод обработки дрожжей СВЧ-излучением (выход технического бета-глюкана – 18,98 %). Все полученные образцы бета-глюкана исследованы химическими (качественные реакции на примеси) и физическими методами (ИК-спектрометрия и ЯМР-спектроскопия). Проведенные исследования подтвердили, что выделенные продукты имеют структуру бета-(1-3), (1-6)-глюкана, содержащего незначительное количество примесей белков и аминокислот.

В перспективе планируется разработать метод выделения бета-глюкана из отработанных пивных дрожжей и использовать его в качестве БАД при получении функциональных молочнокислых продуктов типа йогурт.

1. Беседнова Н.Н., Иванушко Л.А. и др., Антибиотики и химиотерапия, 2, 37–44 (2000).
2. Zhu F., Du B., Xu B., Food Hydrocolloids, 52, 275–288 (2016)
3. Petravic-Tominac V., Zechner-Krpan V. et al., Agriculturae Conspectus Scientificus, 75, 149–158 (2010)
4. Bzducha-Wrobel A., Blazejak S. et al., Molecules, 19, 20941-20961 (2014).

## STOCHASTIC MULTIMODAL OSCILLATIONS IN NONLINEAR BIOCHEMICAL MODEL

Bashkirtseva I.A., Zaitseva S.S.\*

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

\*E-mail: [svs.zaitceva@gmail.com](mailto:svs.zaitceva@gmail.com)

Abstract. We consider the influence of random noise on the dynamic regimes of one nonlinear biochemical model. The model admits either mono- or bistable zones. In the monostable zone stochastic excitability arise resulting in large-amplitude oscillations. In the bistable zone noise-induced transitions between the attractors are of interest. For a constructive research of these phenomena, we apply a theoretical approach using confidence domains method and stochastic sensitivity analysis.

We examine a stochastic version of the two-dimensional biochemical model proposed by Goldbeter [1,2]:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= v + \psi(y) - \sigma\varphi(x, y) + \varepsilon\xi(t), \\ \frac{dy}{dt} &= \sigma\varphi(x, y) - \psi(y) - ky,\end{aligned}\tag{1}$$

where

$$\begin{aligned}\varphi(x, y) &= \frac{x(1+x)(1+y)^2}{L + (1+x)^2(1+y)^2}, \\ \psi(y) &= \frac{sy^4}{K^4 + y^4}.\end{aligned}$$

Here  $\xi(t)$  is a standart Gaussian white noise, and  $\varepsilon$  is a noise intensity. The model describes a product-activated enzyme reaction with recycling of product  $x$  into substrate  $y$ . We analyze the system behavior in two qualitatively different dynamic domains: a monostable zone where the system possesses a single attractor – stable equilibrium, and a bistable zone with two attractors – stable equilibrium and limit cycle.

The phenomenon of noise-induced excitability is an important property of the model. Solutions of the system switch from small-amplitude fluctuations to large-amplitude oscillations in the zone of stable equilibria as a result of stochastic forcing.

The bistability leads the system to complex multimodal oscillations due to the influence of random noise. Stochastic trajectories pass from one stable attractor to another depending on a measure of responsivity of the attractor to noise.

For a theoretical analysis of these qualitative phenomena, we employ a technique [3] that takes into consideration both particular features of a stochastic sensitivity of the attractors and geometrical properties of a random trajectories arrangement. Using this technique, we can predict and constructively examine noise-induced transitions between the attractors and stochastic excitement.

*The work was supported by Russian Science Foundation (№16-11-10098).*

1. Goldbeter A., Moran F., Biophys. Chem., 20, 149—156 (1984).
2. Goldbeter A., Moran F., Eur. Biophys. J, 15, 277—187 (1988).
3. Башкирцева И., Зайцева С., Вестник Удмуртского Университета. Математика. Механика. Компьютерные науки, 28, 3–14 (2018).

## СТОХАСТИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ВБЛИЗИ БИФУРКАЦИИ ЛУКЪЯНОВА-ШИЛЬНИКОВА В МОДЕЛИ НЕЙРОНА

Зайцева С.С.<sup>\*</sup>, Ряшко Л.Б., Слепухина Е.С.<sup>\*\*</sup>

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Svs.Zaitceva@gmail.com](mailto:Svs.Zaitceva@gmail.com)

\*\*E-mail: [Evdokia.Slepukhina@urfu.ru](mailto:Evdokia.Slepukhina@urfu.ru)

## STOCHASTIC REGIMES NEAR THE LUKYANOV-SHILNIKOV BIFURCATION IN NEURON MODEL

Zaitseva S.S., Ryashko L.B., Slepukhina E.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. We study the neuron model with the Lukyanov-Shilnikov bifurcation. Due to this bifurcation the system exhibits the coexistence of two limit cycles representing tonic spiking and bursting oscillations. We show that in the corresponding stochastic system, noise-induced transitions between the coexisting attractors can occur. We analyze this phenomenon by means of direct numerical simulations and the stochastic sensitivity functions method.

В докладе рассматривается трёхмерная модель нейрона в параметрической зоне вблизи бифуркации Лукьянова-Шильникова [1]. В результате этой бифуркации в системе возникает режим бистабильности, характеризующийся сосуществованием предельных циклов двух типов, моделирующих тонические спайковые и бёрстовые колебания. Показывается, что под действием случайных возмущений могут происходить переходы между сосуществующими циклами, при этом в стохастической системе доминирует либо режим спайкинга, либо бёрстинга, в зависимости от значения параметра. Индуцированные шумом переходы между аттракторами изучаются с помощью методов прямого численного моделирования со статистической обработкой результатов, а также с использованием техники функций стохастической чувствительности и доверительных областей [2].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-11-10098).*

1. Shilnikov A., Kolomiets M., Int. J. Bifurcation Chaos, 18, 2141 (2008).
2. Bashkirtseva I. A., Ryashko L. B., Math. and Comp. in Simulat., 66, 55 (2004).



## RADIOPHARMACEUTICAL DOSE DISTRIBUTION IN DIFFERENT ORGANS AND TISSUES FOR Lu-177 WITH DIFFERENT CARRIER

Hesham MH Zakaly<sup>1,3</sup>, Mostafa. Y. A. Mostafa<sup>1,4</sup>, M Zhukovsky<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Industrial ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Al-Azhar University, Assuit Branch, Physics Department, Assuit, Egypt

<sup>4)</sup> Minia University, faculty of Science, Department of Physics, El-Minia, Egypt

\*E-mail: [h.m.zakaly@gmail.com](mailto:h.m.zakaly@gmail.com)

<sup>177</sup>Lu refers to rare earth elements from a group of lanthanides. Relative to its short time span, <sup>177</sup>Lu has virtually pervaded all areas of in vivo radionuclide therapy and becomes one of important keys for therapeutic radionuclides of choice for targeted radionuclide therapy. The rising interest in the use of <sup>177</sup>Lu in targeted molecular therapies has primarily developed from recent unmatched advances in molecular and cell biology, which include the use of peptides targeted to cell surface receptors, which are overexpressed on the surface of tumour cells. Therefore, the use of <sup>177</sup>Lu-labelled radiopharmaceuticals have been the major factors evoking excitement among researchers and capturing the imagination of the clinical community thanks to advances in molecular and cellular biology. In this work, radiopharmaceutical comparison for <sup>177</sup>Lu absorbed dose in health human organs and tissues is presented. The comparison between unlabelled <sup>177</sup>Lu (ionic form) and labelled with <sup>177</sup>Lu-MDP (methylenediphosphonate) and <sup>177</sup>Lu-MAb (monoclonal antibodies). The biokinetic model in each case are described and presented. The absorbed dose in health human organs and tissues are simulated with two recommended programs WinAct and IDAC 2.1 (Internal Dose Assessment by Computer) software<sup>1</sup>. The distribution of absorbed dose in the main organs nearly the same with different in the value for the ionic form and <sup>177</sup>Lu-MDP. The absorption in the case of ionic form is high (Fig.1). the distribution is completely change while <sup>177</sup>Lu-Mab is used. The most absorbed dose fraction goes to spleen and liver unlike bone surface absorb nearly 50 % of dose.

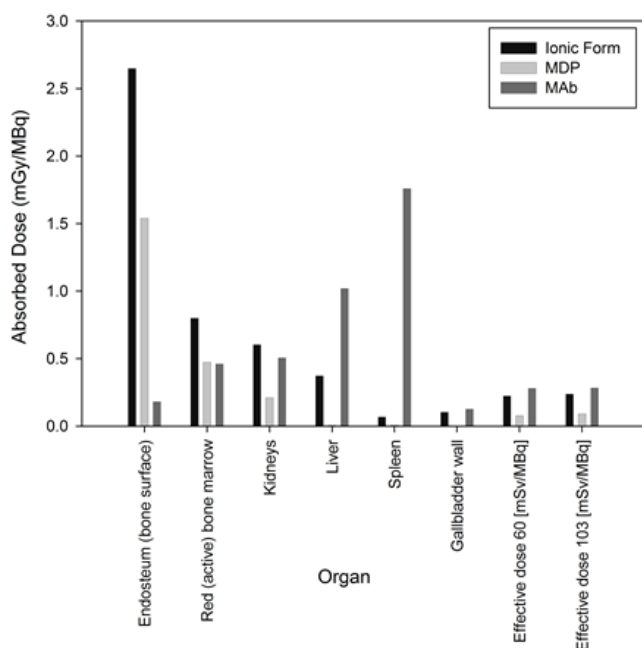


Fig. 1. Main organs absorbed dose

The distribution of absorbed dose in the main organs nearly the same with different in the value for the ionic form and <sup>177</sup>Lu-MDP. The absorption in the case of ionic form is high (Fig.1). the distribution is completely change while <sup>177</sup>Lu-Mab is used. The most absorbed dose fraction goes to spleen and liver unlike bone surface absorb nearly 50 % of dose.

1. Mostafa. Y.A.M et al., Radiological Physics and Technology, in press (2019).

## COMPARISON BETWEEN TWO LABELLED EDTMP RADIOPHARMACEUTICAL WITH $^{153}\text{Sm}$ AND $^{177}\text{Lu}$

Hesham MH Zakaly<sup>1,3</sup>, Mostafa Y. A. Mostafa<sup>1,4</sup>, M Zhukovsky<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Industrial ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Al-Azhar University, Assuit Branch, Physics Department, Assuit, Egypt

<sup>4)</sup> Minia University, faculty of Science, Department of Physics, El-Minia, Egypt

\*E-mail: [h.m.zakaly@gmail.com](mailto:h.m.zakaly@gmail.com)

$^{177}\text{Lu}$  and  $^{153}\text{Sm}$  are perspective radionuclides in terms of applying in nuclear medicine. High-energy beta particles and the relatively half-life of the radionuclide are used to achieve an effective palliative treatment of bone metastases. The technology-targeted delivery of the radionuclide to the pathological area is used to minimize radiation exposure to healthy organs and tissues. This result is achieved by the rapid delivery of the radiopharmaceutical to the tumor cells. For example, different complexes are used for bones cancer treatment like  $^{153}\text{Sm}$ -EDTMP and  $^{177}\text{Lu}$ -EDTMP. This complex is concentrated in the skeleton in proportion to osteoblastic activity. Pathological foci, where the accumulation is intense, can be visualized in studies in the gamma camera which allows scintigraphy of the patient and monitor the treatment process. In this work, the effect of the drug carrier EDTMP (i.e. ethylene diamine tetramethylene phosphate) on the ionic form of  $^{177}\text{Lu}$  and  $^{153}\text{Sm}$  is presented. The absorbed doses in different organs and tissues of  $^{177}\text{Lu}$  and  $^{153}\text{Sm}$  in ionic form and labelled with EDTMP are determined by IDAC-Dose 2.1 (Internal Dose Assessment by Computer) software. WinAct software is used to calculate cumulative activity<sup>1,2</sup>.  $^{177}\text{Lu}$  and  $^{153}\text{Sm}$  are lanthanide radionuclide which actively accumulates in the liver and bone when uses in ionic form. In the case of labelling with EDTMP, the distribution and elimination of the drug occur according to the kinetics of the carrier, (i.e. ethylene diamine tetramethylene phosphate). The using of osteotropic (Describing any drug etc. that is attracted to, and targets bone) complex allows creating a large dose in the pathological areas and minimizing damages in healthy organs and tissues.  $^{177}\text{Lu}$  and  $^{153}\text{Sm}$  labelled with EDTMP are decreasing the liver dose absorption and increasing the bone surface absorption for more effective treatment and minimize side effect. The effective dose per administered activity was estimated to be 0.189 mSv/MBq for  $^{177}\text{Lu}$ -ionic form, 0.232 mSv/MBq for  $^{153}\text{Sm}$ -ionic form and 0.242 mSv/MBq for  $^{177}\text{Lu}$ -EDTMP and 0.139 mSv/MBq for  $^{153}\text{Sm}$ -EDTMP. Figure 1 shows the direct effect of EDTMP in absorbed dose distribution for different organs and tissues. Also, even in ionic form the distribution of  $^{177}\text{Lu}$  is better than  $^{153}\text{Sm}$  more absorbed in bone surface, red bone marrow, and kidney with low absorption in liver.

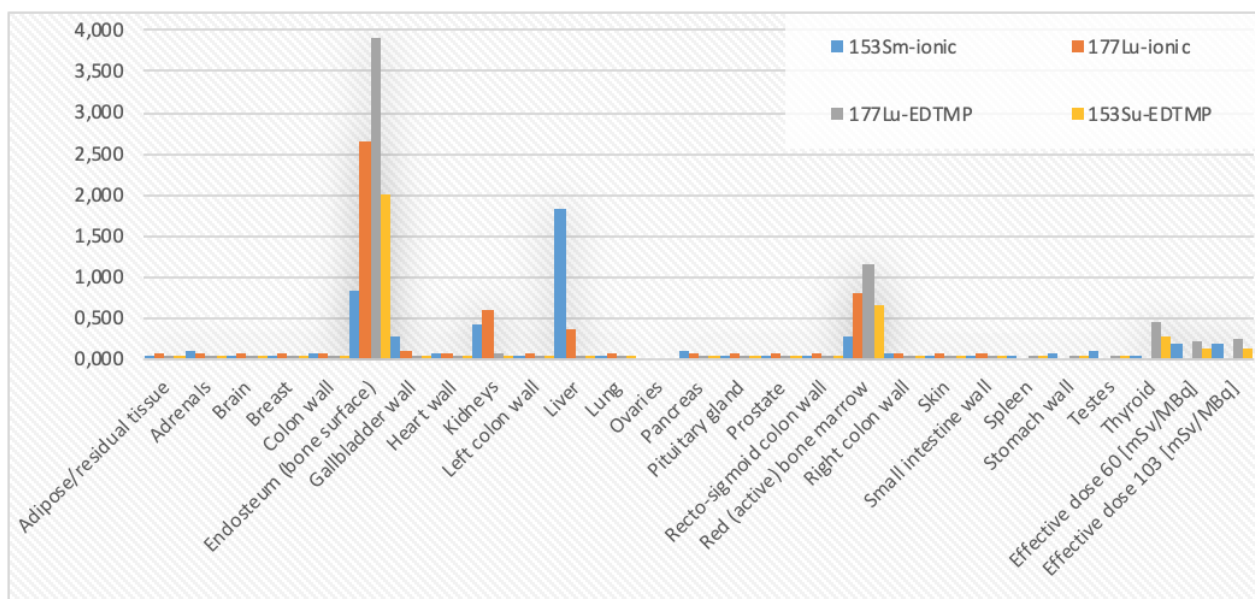


Fig. 1. Absorbed Dose in (mSv/MBq) in different organs and tissues

1. Mostafa. Y.A.M et al., Radiological Physics and Technology, in press (2019).
2. Zhukovsky and Zakaly, *Radiation and Applications*, in press (2019).

## TARGETED DRUG DELIVERY SYSTEM BASED ON MANGANESE-DOPED MESOPOROUS SILICA NANOPOWDER

Zlygosteva O.A.<sup>1,2\*</sup>, Sokovnin S.Yu.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> The Institute of Electrophysics UD RAS, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [zlygosteva13@mail.ru](mailto:zlygosteva13@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the research was to investigate the potential of using SiO<sub>2</sub>-MnO<sub>2</sub> nanopowder, obtained by electron beam evaporation, as a drug delivery system. The evaluation of the sedimentation stability of suspensions was conducted for further in vivo studies. It was established that PEG stabilized suspensions showed the highest stability. Drug loading and release experiments with nanopowders demonstrated a high drug loading capacity of Amoxicillin and Doxorubicin.

Conventional drugs frequently exhibit high toxicity in healthy tissues that leads to reducing the injected dose because of increased risk of side effects, which seriously affects drug effectiveness during the therapeutic process [1]. Targeted drug delivery systems based on nanopowder (NP) can cope with these limitations.

Among the diverse nano-carriers based on Fe, C, TiO<sub>2</sub> and Au nanoparticles one of the most promising system for targeted drug delivery is SiO<sub>2</sub> NP which potentially have high porosity and specific surface area, the possibility of varying pore sizes, good

thermal, chemical stability and biocompatibility [2]. For the experiments, SiO<sub>2</sub>-MnO<sub>2</sub> NP was chosen.

In order to determine the influence of sonication time on suspension stability, samples of NP suspensions (500 µg/ml) were sonicated in an ultrasonic bath for 40, 100, 150 min. Moreover, stability of NP suspensions (1 mg/ml) was determined by adding sodium citrate (CN) and polyethylene glycol (PEG) in a ratio of 1:1. Samples of SiO<sub>2</sub>-5%MnO<sub>2</sub> NP were loaded with drugs by suspending  $20 \pm 0.5$  mg of NP in 10.0 mL of aqueous solutions of Doxorubicin, Amoxicillin (1 mg/mL). For development of the most effective drug loading method, the first part of the samples after suspending was sonicated, while the second part of the samples was kept stirring. Then, suspended NPs were separated by centrifugation and washed with distilled water. The loading and release of drugs into NPs was determined by spectrophotometric method [3].

Sedimentation curves demonstrate a nonlinear dependence of the suspension stability on the sonication time. It was also concluded that specific surface area and porosity of samples decreased monotonically as the sonication time increased. The lowest sedimentation rate was shown by PEG stabilized suspension (8% in 15 min.).

The lowest loading capacity *LC* 0.0029 mg drug/mg NP was obtained for the sonicated sample Amo-SiO<sub>2</sub>-5%MnO<sub>2</sub>. This may be associated with the decrease in porosity during the sonication at the loading stage and, possibly, reduces the drug interaction with the surface of the carrier.

Stirred sample Amo-SiO<sub>2</sub>-5%MnO<sub>2</sub> had a higher value of loading capacity *LC* 0.09 mg drug/mg NP. This result may be explained by stirring loading method, in which the porous structure of the NP should not be disturbed. Therefore, the method of drug loading has a significant influence.

To conclude, the researched SiO<sub>2</sub>-MnO<sub>2</sub> NP obtained by the method of evaporation by a pulsed electron beam demonstrated the potential for its use as a drug delivery system.

1. Li Y., Li N., Pan W. et al., ACS Appl. Mater. Interfaces, 9, 2123-2129 (2017).
2. Hu Y., Ke L., Chen H., et al., Int. J. Nanomedicine, 12, 8411-8426 (2017).
3. Ronhovde C., PhD thesis, 125 (2017).

**СЕКЦИЯ 7**

**ИННОВАЦИИ И СОЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

## **ВОЗМОЖНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЗАРАБОТКА ПЕНСИОНЕРОВ В РОССИИ**

Абдюшев Н.Т.\*, Марчук Н.Ю.

Уральский федеральный университет им. первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Abdyushev.nik@mail.ru](mailto:Abdyushev.nik@mail.ru)

## **OPPORTUNITIES FOR ADDITIONAL INCOME OF RETIREES IN RUSSIA**

Abdyushev N. T., Marchuk N. Y.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, the author considers the problem of the lack of a decent opportunity for additional earnings for "pensioners" of the Russian Federation. The thesis offers a study and search for opportunities for older people who are on pension provision, supply themselves with additional material resources necessary to meet the basic needs of this age.

В настоящее время пожилые люди, находящиеся на пенсионном обеспечении, оказались в очень затруднительном положении. Уровень пенсии низок, и этот факт является основной проблемой препятствующей социальному благополучию людей уважительного возраста [1]. Исходя из вышеизложенного, перед нами как исследователями, открываются перспектива проектирования способов позволяющих пожилым людям на пенсии обеспечивать себя дополнительными денежными средствами.

Можно согласиться с фактом, что на данный период времени, у пенсионеров все же имеются определенные способы заработка. Но вопрос заключается в том, что это за способы, корректны ли они? Соответствуют ли возможностям здоровья «пенсионера»? Соответствуют ли смысловому значению? Ведь можно предположить, что на закате лет любой человек задумывается о том, для чего прошли все эти годы, в чем смысл этого загадочного процесса, под уже привычным названием «жизнь». На наш взгляд, качество жизни высокого уровня обеспечено в том случае, если человек проводит свою старость, занимаясь значимым, важным делом, например, благоустройством своего города: посадкой деревьев, тем самым воссоединяясь с природой и др. видами социально значимой и полезной деятельности. [2].

В связи с обстоятельствами, описанными выше, перед нами стоит задача определить те виды деятельности, которыми «пенсионер» мог бы заниматься в свободное время, получая за это денежное вознаграждение. Для этого необходимо, в первую очередь, определить критерии которым должны соответствовать способы заработка. Далее предстоит классифицировать самих «пенсионеров» по способностям здоровья, возрасту, составу семьи и т.д. В соответствии с возможностями разделить по группам будущих общественных деятелей. Методом «мозгового штурма» подобрать виды деятельности, подходящие под заданные

критерии, создать как можно более обширный список «полезных дел». Затем провести опрос пенсионеров, в котором необходимо получить сначала общую информацию (возраст, состояние здоровья, семейное положение) для классификации по группам, и попросить выбрать из списка предпочтительные виды деятельности, которыми теоретически могли бы заниматься в свободное время.

В результате проведенного исследования будет получена информация о видах общественно значимой деятельности, которую могли и хотели бы осуществлять в качестве способа дополнительного заработка, определенные группы «пенсионеров» города Екатеринбурга.

Уважение и почитание старших не просто «хорошая традиция», это, на наш взгляд, образ жизни, позволяющий народу большой страны, быть централизованным, сплоченным и сильным. Если корни дерева находятся в плохой почве и не получают достаточное количество ресурсов, то вероятнее всего и листья с плодами окажутся плохого качества.

1. Киселева Н.А. Люди пожилого возраста как объект социальной работы // Концепт. 2016. №1.
2. Микляева А.В. Инфантилизация пожилых людей в повседневном взаимодействии: к постановке проблемы // ЖИСП. 2018. №1.

## **СОЦИАЛЬНАЯ ПРОФИЛАКТИКА АЛКОГОЛИЗАЦИИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ**

Марчук Н.Ю., Аввакумова А.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

E-mail : [avvakumova\\_96@mail.ru](mailto:avvakumova_96@mail.ru)

## **SOCIAL PREVENTION OF ALCOHOL ABUSE BY MINORS**

Marchuk N. U., [Avvakumova A. E.](#)

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

Annotation: The article deals with the main problems of social prevention of alcoholization of minors. Object: subjects of social prevention. Subject: the specifics of the various subjects of social prevention. On the basis of the study developed recommendations.

Социальная профилактика является одним из основных и перспективных направлений в социальной работе. Она классифицируется на первичную профилактику, которая направлена на предупреждение и раннее выявление антиалкогольной направленности, вторичная на устранение алкоголизации и третичная профилактика предполагает комплекс коррекционных и реабилитационных

мероприятий [2]. Современные исследователи считают настоящей первичную профилактику, а вторичную и третичную профилактику «запоздалой», так как она не предотвращает проблему, а работает с последствиями. Для установления особенностей социальной профилактики алкоголизации несовершеннолетних нами были проведены экспертные опросы с учреждениями системы профилактики в Режевском городском округе.

Анализ экспертного интервью показал, что деятельность по социальной профилактики алкоголизации несовершеннолетних оказывается всеми субъектами системы [1]. Однако, предупреждением и выявлением алкоголизации несовершеннолетних в полной мере занимается учреждения образования. Большую работу по предупреждению оказывает управление физической культуры, спорта и молодежной политики. Другие субъекты профилактики занимаются предупреждением по приглашению, либо информационно. Аналогичная работа проводится с родителями. Основным способом выявления является проведение межведомственных комплексных профилактических операций.

В качестве основных проблем были выделены основные проблемы – это малоэффективная первичная профилактика, неполноценное взаимодействие учреждений социальной профилактики. Для решения выявленных нами проблем были разработаны практические рекомендации профилактики алкоголизации несовершеннолетних: ТКДН и ЗП: разрабатывать программы направленные на первичную профилактику; развивать межведомственное взаимодействие органов системы профилактики. СРЦН: проводить групповые психолого-профилактические тренинги, беседы, ролевые игры; выявлять несовершеннолетних «группы риска». УКФС и МП: проводить профилактические акции, мероприятия; организовывать площадку для досуга детей и подростков; развивать волонтерские проекты для несовершеннолетних. ЦРБ: освещать проблему алкоголизма, учитывая возрастные особенности; при проведении лекций и бесед акцентировать внимание на существующие среди несовершеннолетних мифы употребления алкоголя; проводить лекции о ЗОЖ. Центр занятости: развивать сферу трудотерапии среди несовершеннолетних. ОВД, ПДН: формировать у несовершеннолетних знаний о своих правах и обязанностях посредством проведения совместных групповых тематических игр.

Применение данных практических рекомендаций, позволят изменить текущую ситуацию и снизить уровень алкоголизации несовершеннолетних, а также повысить эффективность оказания социальной профилактики на территории РГО.

1. №120-ФЗ от 24.06.1999 «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних»;
2. Аносова Е.В. Пивной алкоголизм, осложненный гашишной наркоманией, у подростков (Москва, 2011).



## ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Борисова О.В.\* , Шульман В.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [cielo10@yandex.ru](mailto:cielo10@yandex.ru)

## THE BULLET POINTS OF THE LOCAL POWER SYSTEM FORMATION IN THE MIDDLE URALS

Borisova O.V.\* , Shulman V.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This paper presents the idea of the local power system formation in the Middle Urals as a probable way of some social, economic and environmental problems overcoming. The text gives an information on choosing the type of energy generator for project, selecting of the proposed power stations scheme and the software simulation tool for it.

В настоящий момент, существуют достаточные основания полагать, что энергетика способна играть ведущую роль в возрождении экономики малых городов России. Причём речь идёт о возможности повышения благосостояния населения, улучшения платёжного баланса, повышения эффективности экономики, привлечения инвестиций в сферу производства [1]. Важно задаться вопросом, что нужно сделать в энергетике для того, чтобы обеспечить будущий экономический рост.

Для решения некоторых энергетических, экономических и социальных проблем Свердловской области ранее нами была предложена концепция создания комплекса ПГУ-ТЭЦ на Среднем Урале. Данные станции предлагается поставить непосредственно в малых городах, которые не имеют собственного источника электроснабжения, а их система теплоснабжения представлена малоэффективными котельными и сетями в аварийном состоянии.

Когенерационные парогазовые установки отличаются надёжностью и манёвренностью и позволяют избежать несбалансированности производства двух видов энергии в теплофикационном режиме. Концепция даст мощный стимул для развития энергомашиностроения на базе существующих производств.

После сравнения вариантов технологических схем ПГУ-ТЭЦ, основного оборудования, а также анализа перспективной нагрузки малых городов Свердловской области, была выбрана в качестве основного варианта утилизационная ПГУ-ТЭЦ электрической мощностью порядка 30 МВт на базе отечественного оборудования.

Для моделирования подобных энергетических объектов в настоящее время существует множество программ. Сравнив возможности некоторых из них: Epsilon Professional, Aspen Plus, Thermoflow, PRO II, мы остановили свой выбор на первой в связи с её профильной ориентированностью на моделирование

именно энергетических объектов, высокой сходимостью при расчёте тепловых циклов, широкой библиотеки энергетического оборудования и компонентов.

Таким образом, практическим результатом нашей работы должна стать разработка вариантных модулей объектов распределенной энергетики на базе утилизационной ПГУ-ТЭЦ с помощью программы Epsilon Professional. Концепция позволит решить задачи по повышению надежности и качества энергоснабжения малых городов Среднего Урала.

1. Шапот Д.В., Беленький В.З. Лукацкий А.М., Известия Российской академии наук. Энергетика.,6,13 (1995).

## **АКТИВИЗАЦИЯ ПРОСОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА**

Чекмарева М.А.<sup>1\*</sup>, Разикова Н.И.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ek\\_fma@mail.ru](mailto:ek_fma@mail.ru)

## **ACTIVATION OF PRO-SOCIAL ACTIVITY OF ELDERLY PEOPLE**

Chekmareva M.A.<sup>1\*</sup>, Pazikova N.I.<sup>1</sup>

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. Many of them are highly educated, skilled and experienced, have a high level of education and skills, extensive experience in leadership and, therefore, have great potential for the development of the society being an important resource for the economic development of the country. Due to the increase in the share of elderly people in the population, the need for further comprehensive research of their social activity is justified in the article.

Согласно последним социологическим исследованиям современное общество характеризуется быстрым увеличением численности пожилых людей.

Пожилые люди при выходе на пенсию теряют свою главную возможность социальной интеграции, которая называется занятостью. Развитие трудового потенциала лежит в плоскости психологии и акмеологии [1]. Но не всегда низкая социальная активность пожилых людей связана с психосоциальными особенностями этого возраста. Особый интерес представляет поиск путей активизации социального поведения пожилых людей в связи с осознанием их изменившейся роли, которые стали в настоящее время более активны, деятельны.

Забота о пожилых людях в приоритете у правительства, отраслевых министерств и ведомств. Комфортное пребывание на пенсии определяется многими факторами – от качества медицины и окружающей среды до развитости финансовой системы государства.

Место и роль пожилых людей в российском обществе, влияние социально-демографических характеристик на участие пожилых людей в трудовой и общественной деятельности, концепции социального поведения личности в пожилом возрасте, динамика изменения статуса пожилого – все эти факторы являются предметом исследования.

При изучении предикторов социальной отчужденности людей пожилого возраста, как одной из составляющих целостного феномена нами были применены качественные методы исследования. Качественный анализ позволяет глубже понять актуальные переживания пожилых людей, объяснить глубинный смысл их поступков на базе богатого, накопленного контекстом материала [2, 3].

В настоящее время разработан исследовательский инструментарий, проведено пилотное исследование, которые позволили уточнить предмет и основные задачи исследования.

1. Патраков Э.В. Мотивация представителей помогающих профессий на основе акмеологического подхода, Азимут научных исследований: педагогика и психология, Т.5., № 3 (16), 297-300 (2016)
2. Здравомыслова Е. Темкина, Создание гендерной идентичности: методика анализа интервью, Гендерные исследования, № 5, 211-225 (2000)
3. Романов, П. В., Репрезентации инвалидов в массовой культуре, Саратов, Научная книга, 305 - 307, (2005)

## **АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ ПРОБЛЕМНЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КОМПАНИИ**

Ельникова А.Л., Мехонцева Г.И., Мясникова Д.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [elnikova.anna.leon@mail.ru](mailto:elnikova.anna.leon@mail.ru)

## **ALGORITHM FOR THE DIAGNOSIS OF PROBLEMATIC BUSINESS PROCESSES OF THE COMPANY**

Elnikova A.L., Mekhontseva G.I., Myasnikova D.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, the existing diagnostics of the company's problematic business processes are analyzed, the pros and cons of these techniques are highlighted. On the basis of existing diagnostics, a new algorithm for diagnosing problematic business processes of the company was developed and the advantages of this algorithm were highlighted.

В современной рыночной среде для поддержания высокой конкурентоспособности руководство предприятия должно правильно диагностировать «слабые места» и оптимизировать производство. Для того, чтобы анализ и последующие улучшения приносили результат, необходимо разрабатывать и применять методики (алгоритмы) диагностики проблемных бизнес-процессов организации.

Целью исследования является создание алгоритма диагностики работы предприятия от опроса сотрудников, клиентов, партнёров до вычисления степени оптимальности наиболее проблемных бизнес-процессов.

В данной работе реализованы следующие задачи:

- Рассмотрены существующие алгоритмы диагностики бизнес-процессов, разработанные другими авторами;
- Разработан новый алгоритм диагностики от общего к частному, содержащий следующие этапы: опрос ключевых сотрудников, создание рейтинга проблемных процессов, создание списка диагностики показателей процессов, расчёт степени оптимальности «самых больных» процессов;
- Апробация данной технологии на реальном предприятии;
- По результатам сделано заключение о значимости и применимости модели на практике.

Разработанный авторский алгоритм диагностики проблемных бизнес-процессов организации учитывает существующие методики [1][2]. Преимуществом нового алгоритма является универсальность применения, а также выделение проблемных бизнес-процессов на основе комплексного подхода по принципу системы сбалансированных показателей, глубинный взгляд на внутренние проблемные процессы через обобщённое мнение сотрудников предприятия, а также алгоритм оцифровки единого показателя «степени оптимальности процесса».

1. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования, РИА «Стандарты и качество» (2003)
2. Ковалев С.М., Ковалев В.М., «Консультант директора», № 7 (2005)
3. Браун Марк Г. Сбалансированная система показателей: на маршруте внедрения, Альпина Бизнес Букс, 2005
4. Каплан Р.С., Нортон Д. П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. ЗАО «Олимп-Бизнес», Москва, 2003

## АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ И МЕХАНИЗМОВ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ СТАРТАП-КОМПАНИЙ

Кочнев М.М., Терлыга Н.Г.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [zi23@yandex.ru](mailto:zi23@yandex.ru)

## ANALYSIS OF TOOLS AND MECHANISMS OF THE ASSESSMENT OF INNOVATIVE START-UP COMPANIES

Kochnev M.M., Terlyga N.G.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This article is devoted to such an important issue as support for start-up companies. In this article, we reviewed three key tools and mechanisms to support project teams in the initial stages of development, and also conducted a comparative analysis of existing mechanisms that affect the development of youth potential and the economy of the Russian Federation.

Развитие экономики Российской Федерации напрямую зависит от многих факторов, одним из которых является создание стартап-компаний молодыми предпринимателями и проектными командами. По данным исследования компании «PricewaterhouseCoopers» Российский рынок венчурных инвестиций сократился за последний год на 30% [4]. Краудфандинговые платформы, презентации, региональная и федеральная поддержка государства, венчурные инвесторы, сообщество бизнес-ангелов, инновационные инфраструктуры – механизмы и инструменты поддержки молодых команд [5]. Реализовав сравнительный анализ методов оценки эффективности внедрения механизмов поддержки стартап-компаний, мы рассмотрели 3 метода, которые представлены в таблице 1.

Анализируя данные табл. 1, делаются следующие выводы относительно каждого метода:

1. Показатели КРІ проекта. Данный механизм контроля и поддержки инновационной команды не может быть без связи с другими механизмами, такими как система мотивации и стратегическое планирование [5].

2. Система поддержки инноваций, основанная на фактических данных. Ко всему прочему, в результате внедрения данной системы нам необходимо следовать четкому алгоритму, при несоблюдении которого мы рискуем не получить результаты оценки. Поэтому данный метод не подходит для оценки эффективности инновационных стартап-компаний.

3. Экспертный метод. Влияние авторитетного мнения одного из экспертов, подбор показателей и система оценки – факторы субъективной и неточной оценки эффективности инновационных стартап-компаний.

Таблица 1 – Сравнительный анализ существующих методов оценки эффективности инновационных стартап-компаний

Название метода	Достоинства метода	Недостатки метода
Показатели КРІ проекта	Мотивация сотрудников работы на результат, все члены команды проекта синхронизированы и двигаются к достижению показателей КРІ [2].	Отсутствие связи между результатом, планом, мотивацией и исполнением, Создание неконтролируемых показателей.
Система поддержки инноваций, основанная на фактических данных [1]	Интерактивная система «Framework» и система поддержки инноваций «EBSIS» позволяют большому количеству проектов успешно пройти стадии жизненного цикла проекта «seed» и «startup».	Отсутствие обратной связи от конечного потребителя, Четыре фактора необходимы для качественной поддержки инноваций, но их недостаточно.
Экспертный метод	Информация и решение от группы экспертов является более достоверным и объективным [3].	Высокая вероятность влияния авторитетных экспертов. Правильность и эффективность метода зависит от подбора экспертного жюри.

Анализируя результаты исследования существующих методов оценки эффективности инновационных стартап-компаний, можно отметить, что существующие инструменты и механизмы не могут быть использованы для комплексной оценки и дальнейшей поддержки стартап-компаний. Подобная ситуация формирует необходимость в создании рекомендаций по разработке методики оценки эффективности инновационных стартап-компаний для дальнейшего развития предпринимательства и экономики нашей страны.

1. A. Wandersman Toward an evidence-based system for innovation support for implementing innovations with quality: tools, training, technical assistance, and quality assurance. University of South Carolina, 2012. P. 8 – 15.
2. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://asi.ru/news/95030/>
3. Ахинов, Г. Государственное регулирование инновационной деятельности в социальной сфере / Г. Ахинов, Д. Камилов // Проблемы теории и практики управления. – 2013. – № 9. – С. 22-28.
4. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.cossa.ru/trends/181657/>
5. G. Harvey, A. Kitson Achieving improvement through quality: An evaluation of key factors in the implementation process. Journal Advanced Nursing, 2015, 185–195 p.

## **ИНВЕСТИЦИОННОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО В РОССИИ: ОПЫТ, ВОЗМОЖНОСТИ, ТРЕНДЫ**

Кочнев М.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [zi23@yandex.ru](mailto:zi23@yandex.ru)

## **INVESTMENT ENTREPRENEURSHIP IN RUSSIA: EXPERIENCE, OPPORTUNITIES, TRENDS**

Kochnev M.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation: This article is devoted to such an important issue as features of investment in innovative projects. This type of investment is the financing of projects whose goal is the creation of a new or improvement of an existing product. Despite some of their features, such as high risks, uncertainty, the need for large financial investments, a long payback period, the need for serious work of marketers and other specialists, investments in innovations make it possible to move science, technology and economics forward, bringing many new aspects of social of life.

На сегодняшний день развитие инновационной деятельности идет рука об руку с инвестиционной деятельностью. Для создания нового продукта необходимо осуществить целый комплекс мер, включая маркетинговые исследования рынка, проектирование и строительство, запуск и поддержание производства и так далее, для чего нужны серьезные средства. Именно поэтому инвестиции в инновации так актуальны сегодня [1].

Инвестиции в инновации являют собой финансирование проектов, целью которых стоит создание нового, либо усовершенствование уже существующего продукта [2]. Другими словами, *инновационные инвестиции — это, как правило, инвестиции в нематериальные активы, которые обеспечивают внедрение научных и технических разработок в производство и социальную сферу, то есть это инвестиции капитала в новые изобретения, приводящие к значительным улучшениям производственной деятельности.*

Во-первых, востребованность инвестиций в инновации сопряжена с большими объемами потенциальной прибыли. Кроме того, они способны дать не только прибыль, но и конкурентные преимущества, а также новые технологии.

Кроме того, инвестиции в инновационные проекты всегда улучшают и совершенствуют объект инвестирования. А это значит, что чем лучше проект, тем большую потенциальную прибыль он способен принести. В этом и заключается преимущество инвестиций в инновации: они непременно ведут проект к повышению его стоимости и лидирующим позициям на рынке [3].

Еще одной особенностью инвестиций в инновации является тот факт, что они связаны с большим уровнем неопределенности, поэтому потенциальному

инвестору не обойтись без глубокого и всестороннего анализа – не только рынка, но и технологии или продукта, в который он намеревается инвестировать [4]. Компания рискует потерять безупречную репутацию, понизить уровень обслуживания потребителей и качество продукции, поставить под удар моральное состояние персонала и нажить юридические проблемы.

Следует отметить, что инвестиции в инновации сопряжены не только с большими рисками, но и с большими доходами. Особенно хорошо это прослеживается на примере проектов, основанных на информационных технологиях, в частности, стартапов – как «Hardware», так и «Software».

Освоение инноваций существенным образом зависит от становления новых бизнесов, основанных на реализации идеи, большинство из которых являются малыми предприятиями. Поэтому инновации остро нуждаются в государственной поддержке.

Таким образом, на основе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что инвестиции в инновации, будучи сопряженными с более высоким уровнем риска по сравнению с инвестициями в другие проекты, тем не менее, двигают вперед не только экономику, но и науку, которая, в свою очередь, выводит на качественно новый уровень и жизнь общества в целом. Даже неудача в таком деле может принести пользу, так как дает возможность более глубоко изучить этот вид инвестиций, что уж говорить об успехе, который подчас способен в прямом смысле изменить мир. А это говорит о том, что инвестировать в инновации – это инвестировать в будущее.

1. Интернет-ресурс: [http://mir-investicyj.ru/vidy\\_investicyj/investicii-v-innovacii.php](http://mir-investicyj.ru/vidy_investicyj/investicii-v-innovacii.php)
2. Интернет-ресурс: [http://investicii-v.ru/investicii\\_v\\_innovacii/](http://investicii-v.ru/investicii_v_innovacii/)
3. Интернет-ресурс: <http://projectimo.ru/upravlenie-investiciyami/investicii-v-innovacii.html>
4. Интернет-ресурс: <https://www.gd.ru/articles/3762-red-investitsii-v-innovatsii-v-rossii>



## ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЕ

Колмогорова Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [e.v.kolmogorova@urfu.ru](mailto:e.v.kolmogorova@urfu.ru)

## PROBLEMS OF EDUCATION QUALITY OF FUTURE SOCIAL WORK PROFESSIONALS

Kolmogorova E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In these theses are presented the main factors for assessing the quality of education of future specialists in social work in the opinion of modern scientists.

Социальная работа — это полифункциональная профессиональная деятельность по решению социальных проблем личности, направленная на реабилитацию, адаптацию и интеграцию индивида в социум. Деятельность специалиста по социальной работе оказывает влияние на социальные структуры, окружение клиента, его физическое, моральное и финансовое состояние, поэтому общественно важно качество образования в сфере социальной работы.

По мнению Лосевой Л.П. в определение понятия «качество образования» входит три направления:

- обеспечение качества содержания образования;
- обеспечение качества результатов образования;
- обеспечение качества образовательных технологий [2].

Ушаков Б.Г. рассматривает качество образования в двух подходах: традиционном и современном.

В традиционном подходе качество образования реализуется через нормативные требования, систему государственных стандартов, механизмы лицензирования, аттестации и аккредитации, рыночные механизмы, внутриорганизационные [4].

Далее, «Современный подход к качеству образования, помимо обязательных процедур стандартизации, предусматривает также попытку учета и измерения гуманитарных параметров процессов и образовательных эффектов.

С этих позиций качество образования определяется следующими характеристиками:

- степенью соответствия целей и результатов образования на уровне конкретной системы образования;
- соответствием между различными параметрами в оценке результата образования конкретного человека;

– степенью соответствия теоретических знаний и умений их практическому использованию в жизни и профессиональной деятельности» [4].

Османова А.М. считает, что: «качество образования в высшем учебном заведении предполагает квалиметрию качества образовательного процесса и образовательных достижений выпускников. В этом случае под качеством образования следует понимать оценку системы образования высшего учебного заведения, которая отражает степень пропорционального соотношения реальных приобретаемых результатов нормативным требованиям, личностным и социальным ожиданиям» [3]. Также, по ее мнению, основными факторами качества социального образования являются:

- «- уровень подготовки абитуриентов и организация их отбора;
- квалификация профессорско-преподавательского состава и мотивация его деятельности;
- содержание и качество образовательных программ;
- материально-техническое обеспечение образовательного процесса;
- учет потребностей рынка труда в выпускаемых специалистах;
- организация контроля образовательного процесса и экспертиза его качества» [3].

Ларионова И.А. добавляет к данным факторам еще качество применяемой нормативной базы и качество воспитания [1].

По нашему мнению, данный список факторов достаточен, чтобы оценить качество образования будущих специалистов по социальной работе.

1. Ларионова И.А., Педагогическое образование в России. 2015. № 3.
2. Лосева Л. П., Молодой ученый. — 2011. — №6. Т.2. — С. 152-155.
3. Османова А.М., Кильберг-Шахзадова Н.В., Современные проблемы науки и образования. – 2015 – № 2-2.
5. Ушаков Б.Б. ,Управленческое консультирование. – 2008.

## КОММУНИКАТИВНЫЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

Коткова Д.И.

ГУО «Минский городской институт развития образования», Беларусь

E-mail: [kotkova@minsk.edu.by](mailto:kotkova@minsk.edu.by)

## COMMUNICATIVE APPROACH IN TEACHING THE ENGLISH LANGUAGE

Kotkova D.I.

GUO "Minsk City Institute for Educational Development", Belarus

At present, communicative research of foreign languages is at the same time one of the most effective and productive areas in the field of education. This communicative approach meets all the requirements of modern education and is aimed at developing the cognitive interests of students, and also offers favorable opportunities for creative self-realization of the individual.

Основная задача, которая возникает на сегодняшний день перед педагогом, заключается в подготовке грамотного специалиста, который умеет адекватно воспринимать чужую речь и культуру, приходит к консенсусу, успешно владеет и может применить соответствующие знания и навыки в зависимости от той или иной ситуации иноязычного общения.

При обучении лексической составляющей разумно использовать такие виды игр как: *Word Search*, *Cross Words*, *Chain Words* и задания типа:

1) *Discuss the following questions in pairs or small groups.*

2) *Read the words to the song and tell the story of what happened from the point of view of... .*

3) *Read out your sentences to a partner. Your partner decides which sentences are true and which are false.*

4) *Complete the sentences below with information about yourself. Then work in pairs and compare your sentences. What are the differences?*

При обучении грамматики коммуникативный подход предполагает изучение грамматических форм и структур на ситуативной и функциональной основе. Многие студенты сталкиваются с серьезными затруднениями в процессе употребления грамматических форм в процессе коммуникации. Именно при помощи вышеизложенного подхода студенты могут использовать полноценный комплекс приемов, позволяющий обеспечивать ситуативное усвоение различного рода языковых единиц. Одним из эффективных приемов как раз является применение грамматических игр или заданий коммуникативной направленности на уроке иностранного языка.

Здесь целесообразно использовать различные виды условных предложений с целью продемонстрировать опыт обучающихся и их желания, например, *If I were you..., I would..., I wish...* .

Употребление превосходной степени и степеней сравнения имен прилагательных по теме «Shopping»: *Your dress is cheaper than mine.*

Употребление конструкции *to be going to* с целью прогнозирования ближайшего будущего: *I am going to visit the USA.*

С помощью таких заданий и игр грамматическое явление будет использоваться в зависимости от тех или иных речевых обстоятельств.

Игровые ситуации по определенной тематике не только облегчают усвоение лексического и грамматического материала, способствуют увеличению темпа проведения занятия, но и самое главное – изучаемые структуры, благодаря многократному повторению, быстро и ненавязчиво закрепляются в памяти обучающихся.

## СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЧЕСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Метлицкая Т.И.

Минский городской институт развития образования, Минск, Беларусь

E-mail: [Teresa\\_iv@mail.ru](mailto:Teresa_iv@mail.ru)

## DEVELOPMENT STRATEGY OF SCIENTIFIC ENTREPRENEURSHIP

Metlitskaya T. I.,

Minsk City Institute for Educational Development, Minsk, Belarus

Annotation. Today, a creative, mobile person is in demand, able to organize his employment, psychologically resistant to economic transformations and crises. In the city of Minsk a project was developed aimed at the development of student entrepreneurship. The development of enterprise is inextricably linked with financial, economic literacy and is a powerful career guidance tool. To work effectively with students on the formation of entrepreneurship need a trained teacher.

Сегодня предпринимательство – социально необходимый навык, который подразумевает способность человека воплощать идеи в действия. Она включает творческий подход, новаторство, способность идти на риск, а также умение планировать проекты и руководить проектами.

Вопрос воспитания деловой культуры, экономической грамотности учащихся, предприимчивости периодически просматривается в нормативных документах, регламентирующих деятельность учреждений образования, поднимается учеными, обсуждается на высшем государственном уровне [1-2]. Тем не менее, прочно войти в деятельность учреждения образования пока не может.

В городе Минске разработан региональный проект «Развитие предприимчивости учащихся как одной из ключевых компетенций на этапе допрофессиональной подготовки», целью которого является развитие предприимчивости

учащихся и педагогических работников учреждений общего среднего образования г. Минска. Начата подготовка педагогических работников, идет процесс создания ресурсного центра по формированию предпринимчивости учащихся, развивается эффективное межсекторальное партнерство по созданию условия для профессионального самоопределения учащихся. Педагоги, призванные осуществлять обучение экономике финансовой грамотности не имеют специального образования, часто обладают узкими знаниями, основанными на личном опыте и, возможно, преподаваемом предмете.

Для определения степени важности вопроса формирования предпринимчивости у учащихся проведено изучение отношения педагогов к данному вопросу. Опрошенные уверены, что предпринимчивость можно развить, но должны быть задатки (80%) и только некоторые считают ее врожденным качеством (10%) и столько же респондентов оптимистически утверждают, что снабдив нужными знаниями можно развить предпринимчивость у каждого человека. При этом 80% педагогов убеждены в необходимости обучения учащихся вопросам предпринимательства. Однако отсутствие профессиональных компетенций по данной проблематике не позволяет педагогическим работникам учреждений общего среднего образования вести занятия с учащимися по формированию у них предпринимчивости (70%) и только 30% учителей выразили желание работать в данном направлении после соответствующей подготовки.

Очевидно, что педагогические работники не имеют базовых знаний в области экономической грамотности и деловой культуры, что препятствует формированию предпринимчивости учащихся. Необходимо обучение педагогов необходимому минимуму базовых экономических, финансовых знаний, необходимых для жизни в современном обществе и успешного достижения целей в области повышения личного благосостояния, что будет способствовать самореализации, формированию основ профессионально-педагогической готовности педагогических работников учреждений общего среднего образования г. Минска к обучению учащихся экономической грамотности, деловой культуре и предпринимчивости.

1. Стратегия развития малого и среднего предпринимательства «Беларусь – страна успешного предпринимательства» на период до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 17 окт. 2018 г. № 743 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2018/october/30884/>. – Дата доступа: 27.12.2018.
2. Программа деятельности Правительства Республики Беларусь на 2018 – 2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 окт. 2018 г. № 774 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21800774>. – Дата доступа: 27.12.2018.

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ LIGROGAME  
ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННО – МАТЕМАТИЧЕСКИХ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

Молоднякова А.В.

ООО «АВСПАНТЕРА», г. Нижний Тагил, Россия

E-mail: [molodnalena@yandex.ru](mailto:molodnalena@yandex.ru)

**INNOVATIVE TECHNOLOGY THREE-DIMENSIONAL MODELING  
IN THE DIGITAL ENVIRONMENT LIGROGAME FOR THE  
DEVELOPMENT OF THE NATURAL – MATHEMATICAL CONCEPTS  
IN PRESCHOOL CHILDREN**

Molodnyakova A.V.

LLC «ABSPANTHERA», Nizhny Tagil , Russia

Annotation. The article discusses the possibilities of electronic content modeling 3D LigoGame for the development of children's natural and mathematical concepts in the framework of the activities of the author's program of additional education "Play and model in LigoGame".

В настоящее время актуальными становятся технологии, создающие условия для технологического и естественно-математического образования детей. Данная потребность обусловлена особенностями развития технологичного мира, где востребованы компетенции связанные с естествознанием, математикой, технологиями и дизайном (STEAM – подход). Основа STEAM – подхода – ориентация на прикладное развитие знаний и навыков детей, которые могут быть поддержаны современными цифровыми технологиями.

Инновационной и современной технологией развития познавательной деятельности детей является технология компьютерного моделирования, которая предполагает у учащихся наличие умений и навыков строить «информационные модели», а «строительным материалом для этих моделей являются признаки объектов – цвет, форма, размер, материал и др.»[2].

Проектной группой разработчиков – Молодняковой А.В., Порывкиным М.В., Малковым Г.В., Ковязиным А.В. было разработано программное обеспечение для компьютерного моделирования в трехмерной среде LigoGame. Для детей дошкольного возраста была разработана образовательная технология, интерфейс электронной среды образовательного контента LigoGame и система работы педагога - программа дополнительного образования детей дошкольного возраста «Играем и моделируем в LigoGame» (автор Молоднякова А.В.). Основная цель программы – в рамках проектной деятельности сформировать у детей элементарные представления о способах моделирования 3D объектов в LigoGame с реализацией продуктов детской деятельности на 3D печать. Данный проект является

инновационным новшеством не только для отечественного образования, но и для образования детей в целом.

Дети в игровой форме знакомятся с главным персонажем программы – Лигрёнком и его друзьями, каждый из которых знакомит детей с каким – либо физическим признаком: цветом, формой, материалом, размером и другими.

Данные представления закладывают у детей основы для моделирования разного типа объектов в 3D среде LigoGame.

Для создания объектов в 3D среде LigoGame детьми используются базовые геометрические формы, конструктивная деятельность с которыми позволяет создать объект по образцу или по замыслу. Подобная форма моделирования относится к технологиям математического моделирования, под которыми подразумевают «организацию педагогом эвристически ориентированного процесса создания ребенком моделей посредством простейших плоскостных и пространственных математических абстракций» [1]. Усваивая способы использования моделей, дети открывают для себя область математических отношений на уровне таких важных понятий, как число, величина, форма, количество, порядок, классификация, сериация» [1].

Таким образом, у детей формируется элементарное представление о современных способах инженерной проектной деятельности, начиная от идеи, где используются способы изучения и познания объекта на основе методических положений ОТСМ-ТРИЗ, и заканчивая печатью готового объекта через 3D принтер.

1. Репина Г.А. Математическое развитие дошкольников: Современные направления. — М.: ТЦ Сфера, 128 с., (2008).
2. Молоднякова А.В. Дидактические игры для формирования у детей дошкольного возраста системы перцептивных действий и системы эталонов признаков предметов с использованием трехмерного моделирования в LigoGame. / Интернет - конференция «ИКТО-Екатеринбург-2018».

**ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ NAMELEON КАК СОВРЕМЕННАЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННОГО ПРИЗНАКА «ЦВЕТ» НА ОБЪЕКТАХ  
РЕАЛЬНОГО ОКРУЖЕНИЯ.**

Молоднякова А.В.

ООО «АВСПАНТЕРА», г. Нижний Тагил, Россия

E-mail: [molodnalena@yandex.ru](mailto:molodnalena@yandex.ru)

**WEB APPLICATION NAMELEON AS A MODERN EDUCATIONAL  
TECHNOLOGY FOR THE STUDY OF THE INFORMATION FEATURE  
"COLOR" ON THE OBJECTS OF THE REAL ENVIRONMENT.**

Molodnyakova A.V.

LLC ABSPANHERA, Nizhny Tagil , Russia

Annotation. The article describes an innovative educational solution web application Chameleon for children to study the sign of "color" on the objects of the real environment.

Одним из современных направлений технического и естественно-научного образования детей является международное направление STEAM – подход. STEAM – подход в обучении – это современная практико-ориентированная деятельность детей, где в одной проектной деятельности могут сочетаться естествознание, математика, технологии и инжиниринг, и реализовать данный подход возможно при условии использования самых современных технологий, основа которых – информационные технологии.

В рамках апробации дополнительной программы естественно-научной и технической направленностей «Играем и моделируем в LigoGame» (автор Молоднякова А.В.) проектной группой разработчиков – Молодняковой А.В., Малковым Г.В., Нестеровым А.С., Ковязиным А.В. (дизайн) было разработано программное решение – веб-приложение NameLeon.

Цель разработки программного обеспечения – создать образовательные условия для изучения такого информационного признака как цвет на объектах реального окружения детей дошкольного возраста.

Для разработки функций приложения была использована оригинальная идея, основанная на биологическом свойстве хамелеона к мимикрии. Эта особенность живого организма в игровой форме была реализована в техническом и дизайнерском решении приложения, где дети «собирают» посредством цифрового инструментария цвет с объектов реального окружения в контуры игровых «хамелеонов». Данная технология используется педагогами дополнительной программы «Играем и моделируем в LigoGame» на этапе исследовательской деятельности по изучению физических признаков объектов живой и неживой природы реального окружения детей и позволяет детям среднего и старшего дошкольного возраста производить сбор и анализ такого информационного признака физического



объекта, как «цвет». Для детей дошкольного возраста признак «цвет» является одним из базовых сенсорных эталонов, которые они изучают при становлении первых понятийных представлений о предметном и окружающем мире. Оригинальной особенностью технологии веб-приложения NameLeon является идентификация значений цвета с объектов реального окружения.

Программное решение NameLeon включает серию оригинальных игровых пособий, основанных на биологических особенностях хамелеона.

Организация детской исследовательской деятельности с веб-приложением NameLeon предполагает форму мобильного обучения 1:1 (1 планшет – 1 ребёнок), когда дети в свободной деятельности передвигаются по учебному помещению в процессе сбора информации. Основным результатом данной деятельности - галерея оттенков заданного значения цвета.

Инновационное решение веб-приложение NameLeon расширяет представление детей о признаке «цвет», обучает элементарным способам сбора и анализа собранной информации, создает предпосылки для развития познавательного интереса детей на основе цифровых компетенций.

1. Развитие познавательных способностей в процессе дошкольного воспитания /Под ред. Л.А. Венгера / М.: Педагогика, (1986).
2. Молоднякова А.В. Развитие исследовательской проектной деятельности детей старшего дошкольного возраста средствами веб - приложения LigoGame/ Интернет - конференция «ИКТО-Екатеринбург-2017».

## **ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ И ВЛИЯНИЕ ДАННОГО ФЕНОМЕНА НА СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ XX В.**

Марков А.А.\*, Москаленко М.Р.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [artemmarkov777@yandex.ru](mailto:artemmarkov777@yandex.ru)

## **INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SMALL ARMS AND THE IMPACT OF THIS PHENOMENON ON SOCIAL PROCESSES IN EUROPE IN THE FIRST QUARTER OF THE 20TH CENTURY.**

Markov A.A., Moskalenko M.R.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract: The paper considers how the proliferation of automatic weapons led to an increase in combat losses, an increase in the size of armies and new mechanisms of mobilization of European countries in the first quarter of the twentieth century. This has contributed to major socio-economic transformations.

В истории известно немало примеров, когда появление инноваций в военном деле оказывало значительное влияние на социальные процессы; изучение данного феномена связывают с концепцией «военной революции» [1]. В начале XX в. происходит стремительное развитие стрелкового оружия: армии насыщаются пулеметами со скорострельностью до 1000 выстрелов в минуту (для сравнения, в середине XIX в. в годы Крымской войны скорострельность пехотного оружия составляла 1-3 выстрела в минуту).

Массовое внедрение пулеметов и дальнобойных винтовок стало важным фактором увеличения численности армий, поскольку скачкообразно стали расти размах операций и боевые потери: например, в Первую мировую войну в битве на Сомме убито и ранено более 1 миллиона солдат. Трудно представить себе подобные потери в эпоху кремневых ружей. Для восполнения численности стремительно сгорающих в топке войны дивизий стали проводиться многомиллионные массовые мобилизации (свыше 70 млн. человек во всех странах-участницах). Затяжной характер войны потребовал перестройки экономики на военные рельсы: резко усилилась роль планирования и распределения, рыночные механизмы отходили на второй план. Война привела и к другим серьезным трансформациям в социально-экономической сфере [2].

Качественные изменения претерпевает и офицерский корпус: если до XX в. офицерский чин был зачастую привилегией аристократии и дворянства, то к концу войны большинство офицеров были представителями непривилегированных классов общества.

Косвенным следствием данных процессов в послевоенной Европе становится возрастание роли народных масс, появление массовых политических организаций бывших военных («Стальной шлем» в Германии, «Огненные кресты» во Франции и др.) националистического толка, а также приход к власти тоталитарных движений. Под влиянием массовых движений происходит демократизация политической жизни и серьезные изменения во всех сферах общества.

1. Пенской В.В., Великая огнестрельная революция, Эксмо, Яуза (2010).
2. Мак-Нил У., В погоне за мощью. Технология, вооруженная сила и общество в XI – XX веках / Пер. с англ, Издательский дом «Территория будущего» (2008)

## **ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В СФЕРЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

Мухаметгалиева К.Р.

Уральский федеральный институт имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия  
E-mail: [kamila.mukhametgalieva@gmail.com](mailto:kamila.mukhametgalieva@gmail.com)

## **LINGUISTIC ASPECTS IN THE FIELD OF INTELLECTUAL PROPERTY** Mukhametgalieva K.R.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. This article describes the main specificities linguistics, used in the management of intellectual property. The article focuses on the definition of intellectual property management areas and linguistic sections, the knowledge of which is used in these fields.

Ввиду того, что интеллектуальная собственность не является материальным благом, а права на объекты интеллектуальной собственности не являются правами вещного характера, вся ценность в ОИС передается в документально зафиксированном «тексте». Формирование текстовой части ОИС может оказать значительное влияние на вопросы правовой охраны и защиты прав на ОИС.

Объектом исследования является сфера интеллектуальной собственности. Предметом данного исследования является применение знаний из области лингвистики при управлении интеллектуальной собственностью. Проблематика, поставленная в работе – недостаточность распространения практики применения методов лингвистики в управлении интеллектуальной собственностью. Целью работы является изучение сферы применения знаний из области лингвистики в сфере управления интеллектуальной собственностью. Задачи, которые были поставлены в исследовании: оценка влияния лингвистики на интеллектуальную собственность и выявление основных разделов лингвистики, которые применяются в различных сферах управления интеллектуальной собственностью.

Методологическая основа данного исследования состояла в применении метода анализа нормативно-правовой базы, системного анализа источников литературы.

Выводы по работе:

1. Основными разделами лингвистики, знания которых применяются при управлении интеллектуальной собственностью, относятся и к теоретической и практической лингвистике. К теоретической лингвистике относятся разделы семантики, которая используется во многих ОИС на стадии подачи и регистрации ОИС, и фонетики. К практической лингвистике относятся лингвистическая экспертиза, стилистика, переводоведение, а также компьютерная лингвистика.

2. Области управления ИС к которым применяются лингвистические подходы – оформление заявки на изобретение и полезную модель; экспертиза обозначений (товарных знаков / заявок на товарные знаки) на тождество и сходство до степени смешения; проведение патентного поиска; оценка интеллектуального капитала; подача международных заявок на регистрацию ОИС; установление авторства.

Соотношение разделов лингвистики к сферам УИС.

Регистрация средств индивидуализации	Регистрация изобретений /полезных моделей	Поиск и/или систематизация патентной информации	Оценка НМА	Авторское право
фонетика	семантика	компьютерная лингвистика	семантика (лексика)	лингвистическая экспертиза
семантика	стилистика	семантика		
лингвистическая экспертиза + психолингвистика	переводоведение			
переводоведение				

1. Российская Федерация. Методические рекомендации по проверке заявленных обозначений на тождество и сходство, утвержденные приказом Роспатентом от 31.12.09 №197 [Текст] : офиц. текст. – URL: [http://www.fips.ru/sitedocs/met\\_rec\\_tm.pdf](http://www.fips.ru/sitedocs/met_rec_tm.pdf)
2. Новичихина М.Е., Стернин И.А. Экспертиза товарного знака: учебное пособие. – Воронеж: факультет журналистики ВГУ, (2013). - 98 с.
3. Ronald R. Butters, A Linguistic Look at Trademark Dilution, 24 Santa Clara High Tech. L.J. 507 (2007). – URL: <http://digitalcommons.law.scu.edu/chtlj/vol24/iss3/3>
4. Российская Федерация. Правила составления, подачи и рассмотрения документов, являющихся основанием для совершения юридически значимых действий по государственной регистрации полезных моделей, и их формы, утвержденных приказом Минэкономразвития России от 30 сентября 2015 года за № 701 [Текст] : офиц. текст. – URL:

[http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru/documents/russian\\_laws/order\\_mert/prik\\_mert\\_701\\_30092015#adm](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/documents/russian_laws/order_mert/prik_mert_701_30092015#adm)

5. Kristen Osenga, Linguistics and Claim Construction // University of Richmond UR Scholarship Repository (2006)
6. Yun Yun Yang, Lucy Akers, Thomas Klose, Cynthia Barcelon Yang. Text mining and visualization tools – Impressions of emerging capabilities // World Patent Information 30 (2008) p. 280–293
7. Памятка по вопросам назначения судебной лингвистической экспертизы: для судей, следователей, дознавателей, прокуроров, экспертов, адвокатов и юрисконсультов / под ред. М.В. Горбаневского. М.: Гильдия лингвистов-экспертов по документационным и информационным спорам, (2006).

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ ОРГАНИЗАЦИИ**

Мясникова Д.В.\*, Зайцев Д.В., Половая В.Ю., Возчикова К.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [d.v.miasnikova@urfu.ru](mailto:d.v.miasnikova@urfu.ru)

## **ORGANIZATION UNIT ACTIVITIES EFFECTIVENESS ASSESSMENT IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT**

Mysnikova D.V.\*, Zaitsev D.V., Polovay V.Y., Vozchikova K.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In the article the organization unit operational activities efficiency assessment conception is presented that allows to improve business processes results. The main idea is the process approach rules application to assess the organization units effectiveness that is the evaluation criteria development basis. The article contains the analysis of the business process effectiveness assessment problem, the description of the presented conception advantages.

В настоящее время рассмотрение организации в качестве совокупности процессов является трендом современного управления. Необходимость в данном подходе появилась в результате изменения современных условий ведения бизнеса, где ключевыми факторами успеха стали ориентация на потребителя, оптимизация систем менеджмента. Эти направления при помощи процессного подхода позволили не только повысить качество продукции (услуги) и достичь конкурентной себестоимости, но и организовать более эффективную работу в самой компании.

Согласно терминологии системы менеджмента качества процессный подход – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих процессов,

направленных на достижение единой установленной цели. Внедрение данного подхода заключается в моделировании процессов организации посредством определения информационных и материальных потоков, владельцев и участников процессов, показателей эффективности процессов и процедуры их оценки, стандартизации этих данных [2].

Реализация данного подхода в практической деятельности большинства организаций сегодня останавливается на уровне регламентации процессов, результаты которой оказывают только методическую поддержку. Данная ситуация становится критической для предприятий, которые не получили планируемого эффекта, а причиной стало именно отсутствие реальной интеграции процессного подхода в оперативную деятельность.

В результате цель данной работы заключается в решении проблемы интеграции процессного подхода в оперативную деятельность структурных подразделений, для достижения которой была разработана методика оценки эффективности деятельности структурного подразделения при управлении процессами организации.

Методика основывается на функциональном срезе деятельности по правилам процессного подхода, который производится посредством рассмотрения структурного подразделения в качестве процесса, имеющего определенный набор входящих и выходящих материальных и информационных потоков. Данные потоки, согласно принципам сбалансированной системы показателей Р.С. Нортон и Д.П. Каплана, делятся на 4 функциональных блока: кадры, финансы, клиенты, бизнес-процессы, на основании чего в дальнейшем осуществляется разработка показателей эффективности структурного подразделения.

Разработанная методика позволяет не просто оцифровать результаты деятельности, а связать их с реализацией операций соответствующих сквозных бизнес-процессов, идентифицировав, тем самым, реальный вклад работы структурного подразделения в каждом из них.

Таким образом, посредством применения предлагаемой методики при управлении процессами, организации смогут интегрировать процессный подход с оперативной деятельностью, а, в следствие, получить значительный экономический эффект и повысить эффективность организации в целом.

1. Нортон Р.С., Каплан Д.П., Сбалансированная система показателей (2003).
2. ГОСТ ISO 9000-2011. Межгосударственный стандарт. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь" (введен в действие Приказом Росстандарта от 22.12.2011 N 1574-ст).

## ДОКУМЕНТАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА ОБОРУДОВАНИЯ

Нуритдинова А.И.<sup>1\*</sup>, Пасичник Т.Г.<sup>1</sup>, Макаров В.С.<sup>1</sup>, Сёмкин М.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nayigul38@gmail.com](mailto:nayigul38@gmail.com)

## DOCUMENTATION SUPPORT OF METROLOGICAL CONTROL PROCESS FOR EQUIPMENT

Nuritdinova A.I.<sup>1\*</sup>, Pasichnik T.G.<sup>1</sup>, Makarov V.S.<sup>1</sup>, Semkin M.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Documentation support of metrological control process for equipment is aimed at improving the functioning of the University's quality management system. In our work describes the procedure for conducting metrological supervision of equipment of the UrFU.

Одной из функций Отдела метрологического обеспечения и учета использования научного оборудования (Отдел) Уральского федерального университета (Университет) является осуществление метрологического надзора (МН) за состоянием и применением оборудования [1]. С целью улучшения функционирования системы менеджмента качества Отдела перед нами была поставлена задача информационного обеспечения процесса МН.

Метрологический надзор – это контрольная деятельность, осуществляемая метрологической службой, заключающаяся в систематической проверке соблюдения метрологических требований, в предотвращении нарушений, а также в принятии мер по устранению нарушений, выявленных во время надзорных действий [2].

На рис. 1 показана схема проведения МН оборудования. На первом этапе процесса, в Отделе формируется поквартальный План проведения МН. Выбираются подразделения, задействованные при выпуске продукции, прошедшие добровольную сертификацию и аккредитованные испытательные лаборатории. Анализируется состояние реестра оборудования и в системе электронного документооборота формируется отчет об интенсивности его загрузки.

Второй этап предполагает очную проверку подразделений Университета на соответствие требований документированных процедур (ДП) Отдела [3,4]. Проверяется наличие оборудования, технической и метрологической документации, заполненных карточек научного оборудования и соблюдение сроков поверки.

В результате проверки составляется Акт МН, заносится запись в Журнале учета проверок. Документы содержат положительные результаты МН и рекомендации по улучшению состояния и применением оборудования. В случаях выявления грубых отклонений от требований ДП Отдела [3,4] выносятся

предложения о разработки корректирующих действий с обратной связью через систему электронного документооборота.



Рис. 1. Схема проведения метрологического надзора оборудования.

1. СМК-ПСП-04-258-2017 «Положение об Отделе метрологического обеспечения и учета использования научного оборудования».
2. ГОСТ Р 8.884-2015 «ГСИ. Метрологический надзор, осуществляемый метрологическими службами юридических лиц. Основные положения».
3. СМК-ДП-7.6-03-71-2016 «Организация поверки/калибровки средств измерений».
4. СМК-ДП-6-03-56-2016 «Учет использования научного оборудования».



## **ГИБКОЕ ПРОЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В РОССИИ: ОСОБЕННОСТИ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**

Озорнин С.Ю.\*, Терлыга Н.Г.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [stanislav.ozornin@mail.ru](mailto:stanislav.ozornin@mail.ru)

## **AGILE PROJECT MANAGEMENT IN RUSSIA: CHARACTERISTICS AND MODERN STATE**

Ozornin S.Y.\*, Terlyga N.G.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Agile project management was widespread in western economies and now it is rapidly penetrating Russian IT-companies. Russian agile project management has a number of characteristics distinguishing it from US and Europe agile concept. The paper deals with comparative analysis of the results of use of agile project management in Russia and Western economies.

Гибкое проектное управление начинает экспансию в системы менеджмента предприятий в 2001 г. после выхода в свет работы J. Highsmith «Agile Project Management: Creative Innovative Products». Представленная J. Highsmith концепция демонстрирует новый подход к проектному управлению, делая упор на тесное взаимодействие стейкхолдеров, частую поставку результата и высокую скорость разработки продукта.

В России гибкое проектное управления получило распространение после Agile-трансформации IT-подразделений Сбербанка, которую Г. Греф анонсировал в 2016 г. на Гайдаровском форуме.

Высокая эффективность гибкого проектного управления на зарубежных рынках привела к тому, что отечественные специалисты переняли успешный опыт и внедрили новый подход в практическую деятельность без изменений. Однако особенности экономики России наложили отпечаток на зарубежную концепцию гибкого проектного менеджмента. Автором представлен сравнительный анализ результатов внедрения и применения Agile Project Management в России и в мире (табл. 1). В качестве базы сравнения выступили статистические данные за 2017 г. о распространенности Agile в России и в мире [1,2].

Таким образом, делается вывод о том, что, не смотря на ряд схожих результатов, в России формируется собственный путь развития и становления Agile Project Management. Гибкая концепция по-прежнему широко распространена в отечественных IT-компаниях и только начинает выходить за пределы данной отрасли. Отсутствие необходимого опыта выступает в качестве ключевого барьера успешного применения Agile на российских предприятиях. Во всем мире основным эффектом от внедрения гибкого подхода является возможность управлять меняющимися приоритетами. В России же компании, отказавшиеся от

водопадной модели в пользу Agile, стали лучше понимать происходящие в проекте процессы. Таким образом процесс становления Agile в России можно назвать собственным и уникальным.

Сравнительный анализ результатов внедрения Agile в России и в мире

<b>Признак</b>	<b>В России</b>	<b>В мире</b>
Сферы применения Agile, топ-3	Информационные технологии-47%, банки и страхование-22%, реклама-10%	Technology-24%, Financial Services-17%, Professional Services-9%
Эффект от внедрения Agile, топ-3	Повысилась прозрачность проекта-55% Стали лучше управлять меняющимися приоритетами – 51% Повысилась мотивация команды-45%	Ability to manage changing priorities-71% Project visibility-66% Business/IT alignment-65%
Проблемы применения Agile, топ-3	Недостаточно опыта применения -50% Неполное применения практик-43% Организационная культура компании не принимает ценности Agile – 32%	Organizational culture at odds with agile values-53% General organization resistance to change- 46% Inadequate management support -42%

1. Отчет об исследовании Agile в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scrumtrek.ru/blog/agilesurvey17/> (дата обращения: 15.12.2018).
2. 12th Annual State of Agile Report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://explore.versionone.com/state-of-agile-12> (дата обращения: 14.12.2018).

## **РОЛЬ УНИВЕРСИТЕТОВ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ТРУДОВОЙ ЖИЗНИ МОЛОДЕЖИ**

Пахомова О.А., Разикова Н.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [pakhomovaaoxana@yandex.ru](mailto:pakhomovaaoxana@yandex.ru)

## **THE ROLE OF UNIVERSITIES IN IMPROVING THE QUALITY OF WORKING LIFE OF YOUNG PEOPLE**

Pakhomova O. A., Razikova N.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Professional self-determination plays an important role in the life of young people. High quality of life and self-satisfaction can be achieved on the basis of high quality of working life. An important role in this process is played by universities that have a developed infrastructure for the provision of educational services and effective technologies for the disclosure of students personal potential and assistance in professional self-determination.

Стремительное развитие общества связано с изменениями в трудовой жизни людей. Развитие науки, социально-экономические преобразования привели к изменению содержания и условий, отношения людей к качеству труда. Совершенствование качества трудовой жизни становится одним из факторов выхода из экономического кризиса страны, позволяет добиться перехода к новому качественному состоянию жизни, как общества, так и отдельного человека.

Проблема выбора профессии возникает на определенном жизненном этапе перед любой личностью. Наиболее актуальной она становится для молодого человека, так как это важный шаг, который связан с большими трудностями, и от принятого решения зависит дальнейшая жизнь [2].

Стоит отметить, что профессиональная готовность является важнейшим показателем качества профессиональной подготовки [1].

На личность студента действует ряд факторов, которые необходимо учитывать, чтобы выбор обеспечивал в будущем удовлетворенность своей профессиональной деятельностью, предостерегал от опасностей, вызовов, угроз и рисков, которые возникают из-за несовпадений требований общества с целями профессионального самоопределения.

Главную роль в этом процессе играют университеты, которые обладают развитой инфраструктурой для предоставления образовательных услуг и технологий, позволяющих раскрывать свой потенциал, а также планировать и выстраивать карьерную траекторию.

Уральский федеральный университет имеет большой опыт в реализации карьерных мероприятий, выстраивании отношений студентов с работодателями, вовлечения студенческих организаций в процессы развития карьеры, развития компетенций обучающихся, способствующих профессиональному успеху.

1. Патраков Э. В. Формирование готовности к деятельности в полипрофессиональной группе специалистов: дис. канд. пед. наук. - Екатеринбург: РГПУ, 2008. - 192 с.
2. Попов Д.В., Степанова А.Ю. Влияние семьи на профессиональную ориентацию студента// Тезисы I Международной молодежной научной конференции, посвященной 65-летию основания Физико-технологического института (21–25 апреля 2014 г.) / отв. за вып. А. В. Ищенко. Екатеринбург: УрФУ, 2014. 292 с.

## **ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЁННОСТИ СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА КАЧЕСТВОМ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Пихтовникова Ю.В\*., Белых Т.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [yuliya.pikhtovnikova@mail.ru](mailto:yuliya.pikhtovnikova@mail.ru)

## **THE ASSESSMENT OF BACHELOR STUDENTS' SATISFACTION WITH THE QUALITY OF LINGUISTIC EDUCATION**

Pikhtovnikova Y.V\*., Belykh T.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The article is devoted to the analysis of students' satisfaction with the quality of linguistic education at the Department of foreign languages of Urfu. As the part of the project 5-100, the assessment of satisfaction with the quality of education is a critical and extremely important unit of the University's performance. The questionnaire survey is the most accessible way to determine the satisfaction. As a result, the authors conducted a survey among students of the Department of foreign languages and proposed a number of measures aimed at improving the quality of educational services.

Статья посвящена анализу удовлетворенности студентов качеством лингвистического образования на кафедре иностранных языков УрФУ. В рамках реализации проекта 5-100 оценка удовлетворенности качеством образования является важным параметром характеристики деятельности университета. Именно выявление реальных потребностей студентов является важным критерием для достижения цели войти в топ 5 лучших вузов России. Анкетирование является наиболее доступным способом определения удовлетворенности. По итогу нами был проведен опрос из 23 вопросов среди студентов бакалавриата кафедры иностранных языков по теме удовлетворенности предоставлением образовательных услуг: качество методической литературы, удовлетворенность материальной базой, качество преподавания и др. По итогу нами предложен ряд мероприятий, направленных на улучшение предоставления качества образовательной услуги. А именно четырнадцать конкретных предложений. В своей статье мы

основывались на требования ГОСТов 9000, указы Президента РФ, приказы Минобрнауки России и работы ученых в области сертификации.

В современных условиях перепроизводства товаров и услуг качество не является синонимом добротности. Стандарты регламентируют как именно осуществлять мониторинг. УрФУ предоставляет образовательные услуги, следовательно, к ним применимы все методы оценки качества услуг.

Мы провели исследование на кафедре иностранных языков и перевода. Объект исследования — это образовательная услуга, которую предоставляет УрФУ в рамках данной кафедры. Нами было опрошено 90 студентов с 1 по 4 курсы бакалавриата. А именно 30 человек на I курсе, 25 человек на II курсе, 20 человек на III курсе, и 15 человек на IV курсе. Результаты мы проанализировали и смогли выявить потребности студентов и предложили свои варианты мероприятий по улучшению качества предоставления образовательной услуги. Например, ввести китайский язык как второй основной; сделать специализированные аудитории, а именно многоместные кабины для синхронного перевода, которых сейчас нет; актуализировать фонд библиотеки УрФУ, добавив улучшенные электронные ресурсы; ввести в курс подготовку к международным экзаменам, таким как IELTS, TOEFL, FCE; добавить лаундж-зоны для студентов и другое.

Таким образом, анкетирование является наиболее простым и крайне эффективным способом понять реальные нужды потребителя в получении услуги. Мы исследовали потребности в улучшении качества предоставления образовательных услуг студентов лингвистов-переводчиков, и выявили, что на кафедре существуют некоторые пробелы, которые можно решить предложенными нами мерами.

1. ГОСТ Р ИСО 9004 - 2001 "Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности" (принят постановлением Госстандарта РФ от 15 августа 2001 г. N 334-ст, с изменениями от 7 июля 2003 г.).
2. ГОСТ Р 56087.2-2014 Система национальных стандартов в области качества услуг. Методика проведения опроса.
3. Деминг Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. М.: Альпина Паблишер, 2012. – 419 с.
4. Лapidус В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / Гос. ун-т управления; Нац. фонд подготовки кадров. — М.: ОАО «Типография «Новости». – 2000. – 256 с.
5. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации: режим доступа: <https://5top100.ru>
6. Приказ Минобрнауки России от 07.08.2014 N 940 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 45.03.02 Лингвистика (уровень бакалавриата)" (Зарегистрировано в Минюсте России 25.08.2014 N 33786)
7. Рекомендации ВНИИС Р-50-601-42-94 Разработка и аттестация методик испытаний для целей сертификации

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

Половая В.Ю.\*, Рогович С.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [missis.polovaja2012@yandex.ru](mailto:missis.polovaja2012@yandex.ru)

## RISK MANAGEMENT

Polovaya V.Y.\*, Rogovich S.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this article gives the essence and concept of the risk management, the risk management in the SMK process, the main causes of uncertainty and methods of risk assessment.

В настоящее время тема управление рисками является новым, весьма актуальным и востребованным направлением вследствие выхода новой версии стандарта ГОСТ ISO 9001-2015. На сегодняшний день деятельность любого предприятия связана с рисками. Риск- следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей. Риск является неотъемлемой частью деятельности любой организации, вне зависимости от производимой продукции или оказываемых услуг. Неопределенность рисков может возникнуть в случае недостаточной осведомленности о текущих событиях или о будущих перспективах[1].

В связи с этим в данной работе был проанализирован теоретический материал по управлению рисками, выделены основные причины неопределенности, рассмотрены риски в процессе SMK и определены методы по их оценке.

Следует отметить, что большинство организаций поддерживают систему менеджмента качества, соответствующей требованиям ГОСТ ISO серии 9001. Для того чтобы повысить эффективность SMK вместе с процессным подходом необходимо определить методы оценки рисков и внедрять их в организацию, то есть использовать риск - ориентированный процессный подход.

При построении процесса, организация должна рассмотреть вероятность возникновения рисков и их следствия, то есть анализ уменьшения эффективности и результативности вследствие их реализации. При анализе конкретного предприятия для конкретного процесса, нужно детально описать ориентировочный перечень основных категорий рисков[2].

По ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 оценка риска может быть выбрана с помощью характеристики применимости методов оценки рисков, данные методы делятся на количественные и качественные. Качественный метод позволяет получить сведения о риске причинения вреда для групп продукции или значения риска конкретной продукции. В количественном методе анализ рисков подразделяют на две подгруппы: статические и расчетные(индивидуальные) методы[3].

В результате описание причин возникновения рисков и методов управления ими обеспечат общее понимание порядка выполнения конкретного процесса.

1. ГОСТ ISO 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования, ИПК Издательство стандартов, 2015
2. Тарас Калита, Управление рисками при построении процессов СМК. Корпоративный менеджмент (1998-2018).
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК31010- 2011 Менеджмент риска. Методы оценки рисков, М.: Стандартинформ, 2012.- 74с.

### **ПЕРЕХОД С OHSAS 18001 НА ISO 45001 В АО «ИНСТИТУТ РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

Пучихина А.А.<sup>1,2\*</sup>, Родченкова Е.С.<sup>2</sup>, Мехонцева Н.Г.<sup>2</sup>, Вайнштейн И.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Акционерное общество «Институт реакторных материалов», г. Заречный, Свердловская область, Россия

\*E-mail: [puchihina\\_aa@irmatom.ru](mailto:puchihina_aa@irmatom.ru)

### **TRANSITION FROM OHSAS 18001 TO ISO 45001 AT JSC «INSTITUTE OF NUCLEAR MATERIALS»**

Puchikhina A.A.<sup>1,2</sup>, Rodchenkova E.S.<sup>2\*</sup> Mekhontseva N.G.<sup>2</sup>, Weinstein I.A.<sup>1</sup>,

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Joint stock company «Institute of Nuclear Materials», Zarechny, Russia

Annotation. The paper presents an analysis of the structures of OHSAS and ISO standards. Detailed steps to upgrade the standard to a new version are discussed.

В Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» главным приоритетом деятельности, является безопасность. Для поддержания данного приоритета в АО «ИРМ» с 2009 года началось внедрение системы менеджмента в соответствии с OHSAS 18001. В 2014 году Институт успешно прошел первый сертификационный аудит. В то же время стандарт OHSAS 18001, который содержит основные требования к системе менеджмента безопасности охраны здоровья, имеет ряд недостатков. В этой связи было принято решение о внедрении ISO 45001 [1]. ISO 45001 является новым стандартом и способствует значительному улучшению мероприятий по охране здоровья и безопасности труда на рабочем месте [2]. Стандарт оптимизирует деятельность организаций без потребности регламентировать стороны, напрямую объединенные с техникой безопасности, содержательная часть нового стандарта по многим позициям аналогична OHSAS 18001 [3].

Целью настоящего исследования является сравнительный анализ структуры стандартов OHSAS 18001 и ISO 45001, а также выработка рекомендаций по

переходу на новый стандарт и интеграции существующих систем менеджмента в АО «ИРМ».

На основе анализа структуры стандартов OHSAS 18001 и ISO 45001 были выявлены основные различия между анализируемыми документами. Данная информация представлена в Таблице.

Следующим этапом исследования был анализ существующей системы менеджмента, по его результатам сформулированы области интеграции следующих процедур и процессов:

- анализа системы со стороны руководства в связи с необходимостью интеграции СЭМ и СМК;
- интеграция целей Института;
- проведение совместных внутренних аудитов систем менеджмента;
- анализ рисков деятельности Института.

Реализация рекомендаций, предложенных в ходе выполнения настоящей работы, позволит АО «ИРМ» в короткие сроки перейти на новую версию стандарта, а также избежать избыточных финансовых и трудовых затрат.

Основные различия между анализируемыми стандартами

OHSAS 18001	ISO 45001
Фокусируется на предотвращении возможных угроз для здоровья и других внутренних проблемах	Фокусируется на взаимодействии между организациями и бизнес-средой
Основан на процедурах	Основан на процессах
Рассматривает только риски	Рассматривает как риски, так и возможности
Не включает мнения заинтересованных сторон	Включает мнения заинтересованных сторон

1. Дадонов В.А. Вопросы развития интегрированных систем менеджмента на российских промышленных предприятиях в условиях продвижения продукции на международные рынки. Инженерный журнал: наука и инновации, вып.3.URL, (2017).
2. Хохлов В.Б. Требования OHSAS 18001:2007 к системам менеджмента профессиональной безопасности и охраны здоровья//Методы менеджмента качества, №09, С.20-24, (2016).
3. Сборник: Система стандартов безопасности труда. - М.: Стандарт - информ, 123, (2005).



## **ВЛИЯНИЕ РЕЧЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЕ**

Пыrkova Т.А. \*, Патраков Э.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [t.a.pyrkova@urfu.ru](mailto:t.a.pyrkova@urfu.ru)

## **SPEECH BEHAVIOUR OF SOCIAL WORK SPECIALISTS AFFECTING THEIR PROFESSIONAL ACTIVITY**

Pyrkova T.A. \*, Patrakov E.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The professional activity of a social work specialist being a complex phenomenon should consider his speech behavior. Since a specialist is involved in a constant communicative process with different groups of customers, it cannot but affect specialist's ability to work.

Профессиональная деятельность специалиста по социальной работе – многофункциональна: он оказывает разные виды помощи лицам, которые оказались в трудной жизненной ситуации. Для построения эффективного межличностного взаимодействия с клиентами, специалист совершает определенные речевые действия и поступки, представленные в виде комплекса отношений, включенных в коммуникативный акт: вербальная и невербальная информация, паралингвистические факторы, место и время речевого акта, обстановка, в которой этот факт происходит. Речевое поведение специалистов регулируется также его особенностями как представителя социальной группы, стереотипными высказываниями, речевыми клише, с одной стороны, и какими-то сугубо индивидуальными речевыми проявлениями личности специалиста – с другой. Кроме того, прежде чем начать общение, специалисту необходимо вступить в речевой контакт – процесс, который регулируется определенными правилами.

В настоящее время поведение специалистов по социальной работе является предметом исследований по психологии, менеджменту и экономике. Анализ исследований позволяет сделать вывод о том, что речевое поведение и его взаимосвязь с профессиональной деятельностью специалистов по социальной работе требуют детального изучения и экспериментального изучения. Специалисту необходимо строить свое поведение в соответствии с правилами профессиональной этики и следовать ее принципам в общении с разными группами клиентов. Ежедневный эмоциональный стресс, возникающий в ответ на психологические и эмоциональные стимулы, сказывается на работоспособности сотрудника, субъективными показателями которой являются удовлетворенность трудом, уровень самочувствия и повседневной жизнедеятельности.

В отечественных исследованиях все больше обращают внимание на

выявление социально-гигиенических факторов, влияющих на состояние здоровья работников с использованием различных шкал и опросников для оценки качества жизни человека. Также используется [диагностика коммуникативной социальной компетентности](#) для получения более полного представления о личности, составления вероятностного прогноза успешности ее профессиональной деятельности. Ни один опросник или методика не отражают многомерную структуру профессиональной деятельности специалиста в социальной сфере, не учитывает психофизиологическую «цену», которую платит специалист за осуществление своих профессиональных функций. Специфика общения в социальной работе, с одной стороны, дает возможность разнообразить функционал профессиональной деятельности и, поднять качество трудовой жизни специалиста. С другой стороны, постоянный контроль своего речевого поведения может привести к постоянному стрессу и как результат, к выгоранию специалиста.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что для повышения профессиональной деятельности специалистов по социальной работе и профилактики их выгорания необходимо включить результаты речевого действия и поступков специалиста в существующие факторы риска профессиональной среды.

## **ПОДСИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ «СЕТЕВОЙ ГОРОД»**

Рыбина И.С. \*, Гужаковская К.П.

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

\*E-mail: [ISRybina@yandex.ru](mailto:ISRybina@yandex.ru)

## **SECURITY SUBSYSTEM FOR THE «NETWORK CITY» SYSTEM**

Rybina I.S. \*, Guzhakovskaya K. P.

Volgograd state University, Volgograd, Russia

Annotation. In the presented subsystem, modules that were developed in addition to the «Setevoy gorod» system are considered. These modules form a system –«Schoolchildren Safety», which allows you to monitor the attendance and performance of a child, as well as to replenish his smart-card balance for the use of school canteen. The system is based on the use of an Arduino microcontroller and a readout sensor RFID module RC522.

«Сетевой Город. Образование» – информационная система для организации общего информационного образовательного пространства в городе или районе. В настоящее время система обладает такими модулями, как «Движение», «Конструктор отчетов», «Портал Управление образования» [1].

В муниципальное учреждение предлагается добавить несколько модулей, которые будут составлять подсистему безопасности системы «Сетевой город. Образование», а именно– «Безопасность школьников». Система «Безопасность

школьников» основана на использовании смарт-карт в комплекте с микроконтроллером Arduino и считывателем RFID– модуль RC522. Микроконтроллер Arduino является элементом питания для считывателя, а также обрабатывает полученные со считывателя данные. Достоинства Arduino в том, что он готов к использованию, имеет много примеров исходного кода, а также низкий порог вхождения.

Рассмотрим, что включено в систему «Безопасность школьников»:

– КПП (вход/выход). Подсистема позволяет отслеживать посещаемость школы учеником. Так как, каждая смарт–карта содержит идентификатор, который хранится в базе данных, то ученик, карта которого зарегистрирована в базе данных, сможет пройти в учреждение. Если предъявляемого идентификатора нет в базе данных, то вход проходящему человеку будет воспрещен. Так же в базе данных хранится время, когда вошел и вышел из школы ученик, что позволяет родителю видеть на портале, находится ли в школе ребенок.

– Столовая. Подсистема позволяет контролировать родителю меню ученика, а также пополнять баланс смарт-карты для осуществления покупок учеником.

– Медпункт. Подсистема позволяет обновлять данные медицинской карты конкретного ученика. Также, подсистема позволяет взаимодействовать медицинским сотрудникам школы и других оздоровительных учреждений с помощью базы данных и смарт-карты.

Система предусматривает наличие базы данных на сервере с правилами разграничения доступа к ее данным для различных групп пользователей, а именно – для учителей, школьного персонала, учеников и их родителей, на основе авторизации.

1. Построение единой информационно-образовательной среды муниципального образования на основе системы "Сетевой Город. Образование" (2017).

## **СОЦИАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ ЖЕНЩИН И ДЕТЕЙ МИГРАНТОВ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ**

Садридинова Г.Х., Разикова Н.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E- mail: [sadriddinov-90@mail.ru](mailto:sadriddinov-90@mail.ru)

## **SOCIAL ADAPTATION OF WOMEN AND CHILDREN MIGRANTS IN MODERN RUSSIA**

Sadridinova G.H., Raikova N.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Annotation. Problems of women and children of migrants in modern Russia. Lack of adaptation and hard life of migrant women and children.

Миграция женщин и их детей – очень сложный процесс. Он обусловлен совокупностью экономических, социокультурных и образовательных факторов. Также наиболее актуальными для них являются языковые и социокультурные барьеры. Дети мигрантов сталкиваются со сложными проблемами, например, с включением в иную культуру и другую среду, с освоением русского языка, отсутствием базовых ценностей культуры российского общества, трудности в коммуникации в ученическом коллективе и с педагогическим персоналом [1].

Во всем мире миграционные потоки постоянно растут. В настоящее время около четверти миллиарда человек живут за пределами своей страны, к тому же Россия занимает второе место в мире по уровню миграции после США [2].

В России в отношении женщин-трудовых мигрантов из стран СНГ проводились ряд исследований их социальных проблем и трудностей, с которыми они сталкиваются [3].

Мнение респондентов о гендерных ролях миграции следующее. Женщины-мигранты, работающие в России, в большинстве имеют семейный статус, т.е. они либо официально замужем (49%), либо состоят в гражданском браке (8%); 40% приезжают потенциальными невестами. Среди которых половина ранее никогда не состоявшие в браке и половина являются разведенными и вдовами. Миграция семейных женщин это чаще всего миграция вместе с мужем, таких насчитывается 82%. Однако доля независимых от мужа, самостоятельных женщин-мигрантов постоянно растёт. Так, 15 % женщин отметили, что их муж остался на месте постоянного проживания, и они приехали на заработки одни. Выезд семьи на заработки редко происходит всей семьей одновременно. У 40 % муж уже находился в России, в момент приезда жены и у каждой десятой семейной женщины выезд на работу облегчен присутствием в стране, куда она приезжает собственных родственников, мужа или друзей. В тех семьях, где женщины выехали на работу с мужем, мужчина как правило работает (в 94 % случаев). А если женщина

выезжает на заработки одна, а муж остается, то ситуация иная. Работают мужья только у 60%. А 18 % из них занимаются личным подсобным хозяйством или занимаются различным работой приносящий доход.

Если говорить о детях мигрантов, то главные проблемы, с которыми сталкиваются мигрантки, привозя детей с собой, это более дорогое содержание детей, отсутствие возможности ухода за ними, трудности с устройством в детские сады, также отсутствие необходимых документов. Мигранты, имеющие с собой детей, гораздо быстрее включаются в местное общество. Так как их дети посещают школы и детские сады. Школа, принявшая мигрантов, должна быть готова к проявлению в их среде агрессии к вновь прибывшим детям. В таких случаях школа должна помочь снять у детей «шок перехода» в новую культурную среду, и должно адаптировать детей к новой жизни в новом окружении. Все это существенно затрудняет процессы обучения и воспитания детей и требует педагогической помощи и поддержки [4].

Таким образом, приезжие мигранты сталкиваются со многими проблемами, приезжая в Россию и привозя детей с собой. Основной круг проблем, с которыми сталкиваются женщины-мигранты, которые привозят детей с собой это трудности в устройстве в детский сад, обслуживание в медицинских учреждениях и аренда жилищного помещение. Мигранты, имеющие с собой детей, гораздо быстрее адаптируются в жизнь местного общества. Жизнь семейных женщин, которые выехали на работу самостоятельно без мужа, оказывается значительно труднее во всех сферах и им приходится самим обеспечивать семью. Они часто вынуждены действовать против воли своих мужей, потому что, их мужья не одобряют их решение, отправиться на трудовую миграцию.

1. Женщины-мигранты из стран СНГ в России. / Тюрюканова Е.В. (ред.), Зайончковская Ж.А., Флоринская Ю.Ф / под ред. Тюрюкановой Е.В, – М.: МАКС Пресс, 2011. С. 20-22, 25.
2. Обучение детей мигрантов как проблема их социальной адаптации Г.Е. Зборовский, Е.А. Шуклина (Опубликовано в журнале "Социологические исследования", 2013, № 2. С. 80-91).
3. *Силантьева Татьяна Александров Социальные классы, общности группы 2007. [Точка доступа] URL: cyberleninka.ru.*
4. Psychological aspects of migration and organization of learning in a multicultural educational environment, Abdullayeva, S. H. Q. & Patrakov, E., сен 2017, В: Сибирский психологический журнал. 65. С. 104-111.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА УРАЛЬСКОГО МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РОССТАНДАРТА**

Сафина Э.В., Моисейкин Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия<sup>1</sup>

E-mail: [elina.safina.v@gmail.com](mailto:elina.safina.v@gmail.com)

## **THE DEVELOPMENT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE URAL INTERREGIONAL TERRITORIAL DEPARTMENT**

Safina E.V., Moiseykin E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The benefits of implementing and employing a quality management system in state government are described.

Согласно последней версии стандарта «ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования» применение системы менеджмента качества (далее СМК) может помочь улучшить результаты деятельности и послужит прочным фундаментом для повышения конкурентоспособности предприятия [1]. Одной из актуальных задач является разработка и внедрение СМК в органах государственной власти.

С каждым годом все большее количество органов государственной власти проходит сертификацию своей деятельности в соответствии с моделью ISO серии 9000. Самой первой государственной структурой, сертифицировавшей и применившей СМК в 1994 г., являлся орган местного самоуправления в Канаде (совет города Saint-Augustine de Desmonres, округ Квебек) [2]. В России только в 2011 г. первым ведомством федерального уровня, внедрившим Требования ISO серии 9000, становится Федеральная антимонопольная служба.

В настоящее время в результате проведенного анализа собственной деятельности Уральское межрегиональное территориальное управление Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (УМТУ Росстандарта), являясь органом государственного управления, начинает разработку, сертификацию и внедрение СМК в соответствии со стандартом ISO серии 9000. Основные этапы проекта по внедрению СМК в УМТУ Росстандарта:

1. анализ текущего положения УМТУ Росстандарта и обучение сотрудников;
2. разработка документов и преобразование работы сотрудников;
3. осуществление внутреннего аудита СМК.

Внедрение СМК в орган государственного управления позволит повысить эффективность работы государственных служащих, что повлечет за собой повышение качества предоставляемых государственных услуг, сокращение сроков

рассмотрения обращений граждан и в целом повысит уровень удовлетворенности потребителей.

1. ISO 9001:2015 Системы менеджмента качества. Требования.
2. IWA 4:2009 «Системы менеджмента качества. Руководство по применению ИСО 9001:2008 в местных органах власти» – Режим доступа.- URL: <http://ros-tehcert.ru/articles/page13445/> (дата обращения: 02.12.2018).

## **МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

Сафина Э.В., Журавлев К.А., Тетюкова Е.П., Плакида Е.А., Мясникова Д.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [elina.safina.v@gmail.com](mailto:elina.safina.v@gmail.com)

## **METHODS OF DIAGNOSING ORGANIZATIONAL STRUCTURES OF ENTERPRISES FOR FURTHER OPTIMIZATION**

Safina E.V., Zhuravlev K.A., Tetyukova E.P., Plakida E.A., Myasnikova D.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. Identification of optimal methods for diagnosing organizational structures of an enterprise.

В настоящее время отечественные предприятия функционируют в принципиально новой среде, требующей качественно нового подхода к организации процессов управления[1]. Процветание компании зависит от грамотной организации процесса управления, который реализуется многими инструментами. Ключевым инструментом всегда остается организационная структура управления.

В условиях постоянной конкуренции предприятий, изменяющейся государственной политики всеобщей оптимизации руководителю организации требуются ответы на вопросы:

1. Как определить признаки неэффективности организационной структуры?
2. Как определить своевременность принятия решения об изменении организационной структуры предприятия?
3. Какими методами выявить признаки финансового ухудшения ситуации предприятия?

Организационная структура — это основа организации. Она должна отражать логику функционирования предприятия и соответствие стратегическим направлениям его развития. Перед внедрением любых организационных изменений проводят диагностику организационной структуры компании.

Цели и задачи диагностики – выявление существующих проблем, первичный анализ причин их возникновения и путей устранения.

Диагностируют:

1. финансово-хозяйственную деятельность компании;
2. цели и задачи компании и их соответствие операционной деятельности;
3. бизнес-процессы компании;
4. цели и задачи каждого подразделения и отдельных сотрудников и их соответствия целям и задачам компании, а так же схемам бизнес-процессов компании.

Основными причинами, которые побуждают руководителя заняться радикальными изменениями существующей структуры компании, являются:

1. низкий уровень эффективности функционирования предприятия;
2. отставание от требований рынка;
3. рост текучести кадров и неудовлетворенность персонала условиями труда.

Цели и задачи работы – рассмотрение концептуальных подходов к разработке организационной структуры, направлений оптимизации.

1. Акулов В.Б., Рудаков М.Н. Теория организации [www.media.karelia.ru/resource/econ/Teor\\_org/index.htm](http://www.media.karelia.ru/resource/econ/Teor_org/index.htm)

## **УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРОЦЕССА УТВЕРЖДЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Плотникова А.С.<sup>1</sup>, Семкин М.А.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [m.a.semkin@urfu.ru](mailto:m.a.semkin@urfu.ru)

## **RISK MANAGEMENT OF PROCESS OF APPROVAL REFERENCE MATERIALS IN ORGANIZATION**

Plotnikova A.S.<sup>1</sup>, Semkin M.A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In our work described features of risk management of the process of approval reference materials in Ural Federal University.

Для эффективной и стабильной работы любого процесса системы менеджмента качества организации, прошедшей добровольную сертификацию, например, по ИСО 9001 [1] необходимо оценивать потенциальные риски. Наша работа посвящена управлению рисками процесса утверждения стандартных образцов предприятия (СОП) в Уральском федеральном университете (УрФУ).



СОП – это стандартный образец, признанный (утвержденный) руководством предприятия (организации) и применяемый на этом предприятии (организации) или предприятиях объединения юридических лиц [2]. Основные характеристики СОП (аттестованное значение, условия хранения, срок годности и т.п.) отражаются в паспорте СОП. Как правило, за аттестованные значения СОП принимают характеристики, установленные изготовителем образца или определенные по результатам межлабораторных испытаний. Применяя стандарты ИСО 31000 [3,4] были оценены наиболее вероятные риски процесса утверждения СОП и причины их возникновения (таблица 1).

Таблица 1 – Риски процесса утверждения СОП и причины их возникновения.

№	Риск	Причины возникновения
1	Применение на предприятии образцов не утвержденного типа	Отсутствие документированной процедуры о порядке утверждения СОП и общего реестра стандартных образцов
2	Отклонение аттестованных значений СОП	Нарушение условий хранения СОП, влияние внешних окружающих факторов, старение СОП
3	Истечение срока годности СОП	Не своевременное проведение переаттестации СОП, отсутствие записей в журнале учета СОП

Порядок и формы документов для утверждения СОП достаточно описать в стандарте организации. Утверждение такой документированной процедуры на предприятии позволит смягчить риски процесса утверждения СОП до приемлемого уровня. Для этого нами разработаны информационные формы документов: паспорт СОП; журнал учета и аттестации СОП УрФУ; протокол аттестации СОП, и описана последовательность действий по утверждению стандартных образцов УрФУ [5].

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».
2. ГОСТ Р 8.871-2014 «ГСИ. Стандартные образцы предприятий и отраслей. Общие требования».
3. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска».
5. СМК-ДП (проект документа) «Утверждение стандартных образцов предприятия».

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНОГО САМОЧУВСТВИЯ СТУДЕНТОВ

Сухорукова А.М. \*, Разикова Н.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [AnnaS-97@mail.ru](mailto:AnnaS-97@mail.ru)

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНОГО САМОЧУВСТВИЯ СТУДЕНТОВ

Sukhorukov, A. M. \*Razikova N.I

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The possibility of updating the index of social well-being of students based on coefficients that correspond to the three components of social well-being: protection from various dangers, life satisfaction, and the level of social optimism.

Одним из наиболее актуальных аспектов исследований в сфере социальной безопасности в обществе является изучение социального самочувствия молодежи - одной из уязвимых социальных групп в структуре современного российского общества. Практическая значимость исследования обусловлена возможностью применения полученных результатов в совершенствовании социальной политики в отношении молодежи.

Феномен социального самочувствия в отечественной социологии рассматривают: Асланова О.А.[1], Бадонов А.М., Бадараев Д.Д [2], Суняйкина О.Н [5] и другие исследователи.

Несмотря на многообразие методик расчета индексов социального самочувствия [3], большинство ученых оценивают в основном: материальное положение; уровень жизни; уровень адаптированности к происходящим в стране переменам. При этом недостаточно внимания уделяется исследованию социального самочувствия молодежи.

Приняв за методологическую основу исследования методику расчета индекса социального самочувствия населения, являющуюся частью инструментария «Социокультурный портрет региона России» [4], мы попытались оценить социальное самочувствие российской студенческой молодежи. Непосредственный расчет индекса произведен на основе коэффициентов, соответствующим трем компонентам социального самочувствия: защищенность от различных опасностей (Кз), удовлетворенность жизнью в целом (Ку), уровень социального оптимизма (Ко). Субъективные оценки Кз, Ку и Ко получены в ходе анкетирования и глубинного интервью студентов УрФУ. По результатам исследования составлены практические рекомендации по улучшению социального самочувствия студенческой молодежи, что может положительно повлиять на развитие всех сфер жизни общества.

1. Асланова О.А., Теория и практика общественного развития №2, С. 61, (2012).
2. Бадонов А. М., Бадараев Д. Д., Вестник БГУ, №5, С. 128-132, (2015).
3. Голенкова З.Т, Козырева П.М., Новый хронограф, С. 384–404, (2014).
4. Лапин Н. И., Беляева Л. А. Программа и типовой инструментарий «Социокультурный портрет региона России», М.: ИФРАН, (2010).
5. Суняйкина О.Н. Вестник Мордовского университета, №3, С. 98-101, (2011).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

Суслов А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [susland777@yandex.ru](mailto:susland777@yandex.ru)

## **THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES IN THE PROCESS OF TRAINING**

Suslov A. V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. One of the solutions to the problem of reducing core subjects in universities may be the creation of electronic educational resources.

В связи с изменением системы образования часто возникает проблема сокращения профильных предметов, которые могут иметь важное практическое применение. Одним из решений этой проблемы может быть создание электронных образовательных ресурсов (ЭОР).

ЭОР – совокупность средств программного, технического и организационного обеспечения, электронных изданий, размещаемая на машиночитаемых носителях и/или в сеть [1]. Более простым языком, ЭОР это учебные материалы, которые используются с помощью электронных устройств.

Электронное образование проходит в виде самостоятельного обучения студента. Структура курса включает в себя: лекции (в виде видеоматериалов, презентаций или в текстовом виде), практические занятия (решение задач или написание сочинений), лабораторные работы, система самоконтроля студента (решение тестов на понимание лекционного материала) и итоговое тестирование (аналог зачета или экзамена). Курс разделен на недели. Каждую неделю выкладываются лекции и тесты к ним, которые нужно выполнить в течение 7 дней. Практические и лабораторные занятия выкладываются на определенных неделях и могут иметь срок выполнения от 2 недель до месяца.

Преимущество ЭОР состоит в том, что студент может в любое время недели приступить к изучению курса. В целом на изучение предмета потребуется около 2-3 часов в неделю, что соответствует учебной нагрузке.

Проверка тестов выполняется автоматически сразу после отправки ответов студентом, т.е. студент сразу получает результат своего тестирования. Проверка же практических и лабораторных работ выполняется преподавателем после отправки слушателем. Итоговое занятие может проходить либо в очном виде в аудитории, либо дистанционно с применением онлайн-наблюдения.

В процессе прохождения курсов слушатель имеет постоянную обратную связь с преподавателем и при необходимости может задать любой вопрос по теме изучаемого курса.

Для оценивания результатов студента принята 100-бальная система, которая включает себя качество выполнения тестов, практических занятий и итогового тестирования. Для объективного оценивания применяется метод коэффициентов для каждого отдельного вида работ.

Таким образом, применение ЭОР дает студентам возможность пройти обучение по востребованным профильным предметам в дистанционном виде.

1. Мосолков А.Е. Электронные образовательные ресурсы нового поколения (2010)

## **ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ – ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ РФ**

Тетюкова Е.П.<sup>1\*</sup>, Белых Т.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия<sup>1</sup>

\*E-mail: [evgenia.tetiukova@urfu.ru](mailto:evgenia.tetiukova@urfu.ru)

## **PROJECT EDUCATION - INNOVATIVE APPROACH TO THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Tetiukova E.P.<sup>1\*</sup>, Belykh T.A.

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Review of the experience of introducing technology of project training universities of the Russian Federation.

Проектное обучение в сфере образования в наши дни обусловлено не только получением совершенно нового, уникального проектного результата, но также формированием высокого уровня личностных компетенций студентов и вместе с

тем является значимым инструментом развития исследовательской и инновационной деятельности в Университете.

Внедрение технологии проектного обучения в Южно-Уральском государственном университете позволило вузу существенно повысить качество обучения и конкурентоспособность выпускников на российском и международном рынках труда [1]. Ключевой идеей проектного обучения здесь является индивидуальная образовательная траектория студента, личный учебный план, который он сам формирует исходя из задач проекта.

*Главной идеей внедрения проектного обучения в Московском Политехническом Университете является работа с заказчиком, где заказчик проекта является источником реальных задач, обеспечения ресурсами, проведения экспертизы [1]. Источником идей для реализации проекта являются технологические партнеры ВУЗа и факультетов, выставки, стартапы.*

В НИУ Высшая школа экономики учебные проекты нацелены на решение определенной практически или теоретически значимой проблемы, оформлены в виде конечного продукта, который можно увидеть, осмыслить, применить в реальной практической деятельности [1]. Студенты достигают двух типов образовательных результатов: приобретение или развитие компетенций, необходимых для реализации себя в выбранной профессиональной деятельности и опыт самоорганизации.

Плюсы внедрения проектного обучения [2]:

- Получение материального продукта;
- Приобретение студентами навыка работы в команде;
- Создание команд подготовленных специалистов для работодателя, которые логично продолжают внедрять концепцию проекта (разработанного в Университете) будучи сотрудником крупного предприятия;
- Приобретение многочисленных деловых связей и опыта общения с партнерами ВУЗа (выступающими заказчиками проектов).

1. Евстратова Л.А., Проектное обучение. Практики внедрения в Университетах (2018).
2. Бтемирова Р.И., Метод проектов в условиях современного высшего образования, Современные проблемы науки и образования, 3, 227 (2016).

**EXPERIENCE OF THE URAL FEDERAL UNIVERSITY  
FOR IMPLEMENTATION OF INTERNATIONAL EDUCATIONAL  
PROGRAM IN WATER CONDITIONING AND WASTEWATER  
TREATMENT**

Naschetnikova O.B.<sup>1</sup>, Migalatiy E.V.<sup>1</sup>, Tsarev N.S.<sup>1</sup>, Zaikina I.A.<sup>1</sup>, Gupta R.S.<sup>2</sup>,  
Chauhan M.<sup>3</sup>, Kanekar N.<sup>3</sup>, Ghanate H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Thakur College of Engineering and Technology, Mumbai, India

<sup>3</sup>Universal College of Engineering, Thane, India

<sup>4</sup>Institute of Management Entrepreneurship and Engineering Technology,  
Khalapur, Raigarh, India

E-mail: [nstzar@mail.ru](mailto:nstzar@mail.ru)

This paper briefly reports on the first international summer school on Traditional and Innovative Technologies of Water and Wastewater Treatment, which was held June 18 – July 29, 2018, Yekaterinburg, Russia as part of the project “UrFU Summer University”

In 2018, in the Ural Federal University, within the framework of the project “UrFU Summer University” at the Institute of Construction and Architecture (ICA) for the first time, foreign students were trained under the educational program “Traditional and Innovative Technologies of Water and Wastewater Treatment».

Six students from India completed a 6-week course, during which they attended lectures, solved real technological cases in practical and laboratory classes. At the end of the course, students defended individual projects in front of a commission from ICA.

Subjects of projects performed:

- treatment of drinking water from a contaminated surface water source;
- purification of chemically polluted wastewater for the purpose of their reuse;
- conditioning and dewatering of sludge of acid pickling wastewater of a metallurgical plant.

In addition, while studying, students, together with teachers, visited a number of enterprises with water conditioning departments:

- the main facilities for drinking water treatment in Yekaterinburg (“The Western Filtration Station”);
- wastewater treatment plants for domestic wastewater of the northern part of Yekaterinburg (“The Northern Wastewater Treatment Plants”);
- water treatment facilities for the heat-power station of the Akademicheskyy district of Yekaterinburg;
- water treatment facilities for the production of PepsiCo soft drinks.

During excursions, students were introduced to the peculiarities of the technological processes of water and wastewater treatment. So, at the Akademicheskaya heat power station, the power engineers told the guests about the design and principles of operation of the technical water supply system and cooling the combined-cycle plant, introduced them to new technologies and modern equipment for the station’s water facilities, in

particular, the complex of treatment facilities (Fig.) In the chemical workshop, the attention of future engineers focused on phased water treatment technologies for the needs of the station. So, Indian students showed great interest in water purification using ion-exchange and membrane technologies. The use of these technologies brings a tangible economic effect: it allows reducing the areas and equipment involved in water treatment, saving power plants on their own needs.



Fig. Participants of “UrFU Summer University” at excursion to water treatment facilities at Akademicheskaya heat power station

Since 2019, ICA has scheduled annual classes for the preparation of wastewater and wastewater treatment for foreign undergraduate and graduate students in the framework of the “Summer University of Ural Federal University” project on the following topics:

- Membrane technologies for the preparation of drinking water and wastewater treatment;
- Industrial wastewater treatment and recovery technologies
- Design of industrial cooling water systems.

## РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА АТОМНОЙ СТАНЦИИ

Возчикова К.О.\*, Спиридонов Д.М., Евсеева Д.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [KsuVozchikova@yandex.ru](mailto:KsuVozchikova@yandex.ru)

## EFFECTIVENESS CALCULATION OF THE NUCLEAR POWER PLANT QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Vozchikova K.O.\*, Spiridonov D.M., Evseeva D.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation: This article describes targets, goals, stages and calculation method of the quality management system effectiveness, including calculation method of the effectiveness of processes and process indicators of the quality management system.

В рамках современного рынка для любого предприятия является актуальным постоянный мониторинг производства, анализ данных и самосовершенствование организации в области качества. Одним из главных инструментов для этого является расчет результативности СМК, который может отразить степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов. При этом анализ нормативных документов показал, что методики расчета результативности СМК для атомных станций, в связи со спецификой каждого из предприятий, совершенно не регламентированы государственными стандартами. В связи с этим целью настоящей работы являлась разработка методики расчета результативности СМК атомной станции за отчетный период.

Продукцией атомных станций является электрическая и тепловая энергия. Особенностью производства данной продукции является ее потребление в момент производства, отсутствие возможности ее складирования, отбраковки и последующей доработки. Для достижения соответствия продукции установленным требованиям, предприятие проводит мониторинг, измерение, анализ и улучшение СМК, в том числе, методом постоянного повышения результативности СМК.

Расчет результативности СМК предложено проводить в несколько этапов. Для каждого из процессов в модели СМК были определены показатели результативности. Количество и виды показателей индивидуальны для каждого процесса. Например, для процесса «Метрологическое обеспечение» выделено 5 показателей, отражающих деятельность по данному процессу, одним из которых будет «выполнение графиков поверки средств измерений».

На основании данных за отчетный период по разработанным формулам проводился расчет результативности показателей каждого процесса по отдельности и расчет результативности процесса в целом. Далее по разработанной методике проводится расчет результативности всей СМК атомной станции. По результатам



проведенных оценок, СМК может быть «результативна», «достаточно результативна», «недостаточно результативна» и «не результативна». Проводится анализ, и делаются выводы о пригодности, достаточности и результативности СМК, планируется деятельность по ее улучшению.

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
2. ГОСТ Р 57189-2016/ISO/TS 9002:2016 Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Руководство по применению ИСО 9001:2015 (ISO/TS 9002:2016, IDT).

## **ТЕХНОЛОГИИ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Зайцев Д.В.\*, Белых Т.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dima.zajtsev@yandex.ru](mailto:dima.zajtsev@yandex.ru)

## **LEAN MANUFACTURING INTRODUCTION TECHNOLOGIES IN RUSSIAN ORGANIZATION PRODUCTION SYSTEMS**

Zaitsev D.V.\*, Belih T.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In the article the lean manufacturing introduction technologies are presented. The main idea is the most optimal technology identification thorough the performed analysis. The article contains the necessity of lean production introduction, the Russian economy development problem consideration in the modern time, the exist lean manufacturing introduction technologies analysis that allows to create methodological support in the production system development.

В современных условиях ведения бизнеса, при которых цена, качество и сроки являются ключевыми характеристиками выбора продукции (услуги) потребителем, одной из важнейших задач отечественных организаций является повышение производительности труда посредством развития производственных систем на основе методологии бережливого производства, о чем свидетельствует указ №204 от 7 мая 2018 года [1].

Внедрение бережливого производства в производственных системах на сегодняшний момент может осуществляться несколькими способами: через проектную деятельность, через создание на базе других систем менеджмента и интеграцию с ними, через последовательное обучение сотрудников и организацию отдельного структурного подразделения, ответственного за ведение в организации

деятельности по внедрению бережливого производства. Кроме того, данная методология может внедряться посредством привлечения внешних сторон (консалтинговых компаний, компаний-партнеров с опытом внедрения Lean-технологий) и самостоятельно силами сотрудников организации. Учитывая специфику технологического отставания России от других стран мира [2], а также существующее состояние научно-технического прогресса, диктующего миру начало нового технологического уклада в ближайшем будущем, отечественным организациям необходимо совершить рывок в части повышения производительности труда, и это будет, в том числе, зависеть от эффективности и скорости развития производственных систем.

В данной работе был проведен анализ различных способов внедрения бережливого производства компаниями на практике, проанализирована эффективность существующих технологий, определена наиболее оптимальная технология с точки зрения длительности и эффективности.

Кроме того, была разработана основная концепция внедрения, а также проведено исследование 7 наиболее распространенных систем менеджмента, их требований и особенностей, для проведения интеграции с системой менеджмента бережливого производства.

На практике инициирован и разработан проект внедрения системы менеджмента бережливого производства в Акционерном обществе «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э.С. Яламова» посредством, которого удалось достичь существенных результатов по повышению производительности труда и внедрению СМБП.

В результате, проведенный анализ и разработанный проект внедрения позволят создать методологическую практико-ориентированную поддержку внедрения бережливого производства, развития производственных систем и, как следствие, будут способствовать повышению производительности труда на отечественных предприятиях и укреплению экономического состояния РФ.

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (2018).
2. Афанасьев В.П., Ласкина Л.Ю. Проблемы и перспективы России в шестом технологическом укладе, Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки» №16 (2017).

## РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПРОСТРАНСТВА

Зейде К.М.\*, Борисов В.И., Сысков А.М.

Уральский Федеральный Университет, Институт радиоэлектроники  
и информационных технологий, Россия, Екатеринбург

\*E-mail: [k.m.zeyde@urfu.ru](mailto:k.m.zeyde@urfu.ru)

## THE METHODOLOGY OF SKILLS SPACE FORMING DEVELOPMENT AND TESTING

Zeyde K.M.<sup>1</sup>, Borisov V.I.<sup>1</sup>, Syskov A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. This paper discusses the possibility of development and testing a special methodology for the formation of a dynamic competence space. The main object of study is a student. The proposed methodology can take into account the risks of an erroneous assessment of the competences of an object, and it is also quickly adaptable and scalable.

В работе [1] была предложена модель векторного компетентностного пространства, начало вектора, в которой, соответствует текущему положению объекта, а направление вектора показывает наиболее вероятное его развитие в ближайшем будущем. Такой подход не учитывает риски ошибочного определения перспектив развития, а также применим только для т.н. «твердых навыков» (hard skills) и не учитывает общекультурные компетенции объекта (soft skills).

Данная работа посвящена разработке методологии формирования компетентностного пространства, в основе которой лежит алгоритм предсказания траекторий обучения студента в ВУЗе. В работе [2] была описана информационная система по обработке данных по активностям студентов, которые собирались в течение учебного года. Проверяемая гипотеза заключалась в том, что часть активностей повышала вероятность успешной сдачи экзаменов, а часть напротив, уменьшала ее. Прием экзамена и подготовка к нему, является важнейшим инструментов анализа soft skills студента. Это объясняется тем, что вне зависимости от фактических знаний по дисциплине, компетенция самообучения и ответственности за результат сдачи экзамена может в значительной мере повлиять на успешность мероприятия.

На рис. 1 схематично показано формируемое компетентностное пространство. Вертикальная ось – ось по которой откладываются интерпретационные метрики для soft skills. На горизонтальной оси откладываются интерпретационные метрики для hard skills. Получение апробированных интерпретационных метрик соответствующих компетенций является главной разрабатываемой методологии.

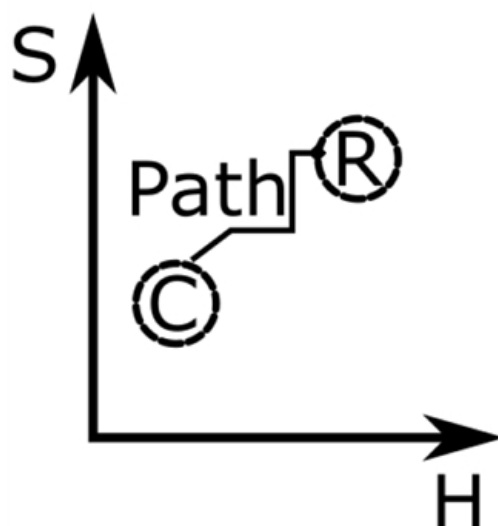


Рис. 1. Двумерное компетентностное пространство.

На рис. 1 положение объекта «С» соответствует текущему состоянию, положение «R» желаемому. Конечное положение определяется априорно, исходя из требований самого индивидуума, либо третьего лица к нему. Обозначение «Path» - оптимальная траектория движения объекта в компетентностном пространстве. В формировании данной траектории заключается динамичность предложенной модели. Горизонтальное движение по траектории (развитие Hard skills), заключается в прямом освоении тех или иных технических дисциплин (лекции, семинары, MOOK). Вертикальное движение (развитие Soft skills) заключается, в разного рода, активностях. Как показало исследование [3] сквозной лабораторный практикум может является той активностью, в которой студент развивает компетенцию по работе в команде. Диагональное движение – равновесное развитие компетенций заключается в первую очередь в самообучении объекта исследования.

В данной работе рассматривается простейшее двумерное пространство. Тем не менее, увеличение размерности не представляет принципиальной сложности, достаточно провести спецификацию компетенций и выделение новых направлений развития.

1. Dvoryaninova O.P., Nazina L.I., Nikulcheva O.S., Fundamental research, No. 8, (2015).
2. Borisov V.I., Rabovskaya M.Ya., Syskov A.M., Zeyde K.M., Proc. SSDSE, Novosibirsk, (2018)
3. Zeyde K.M., Proc. USBEREIT, pp.216-219, Ekaterinburg (2018).

*Научное издание*

ФИЗИКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ  
ФТИ-2019

**VI Международная молодежная научная конференция,  
посвященная 70-летию основания  
Физико-технологического института**

Екатеринбург, 20-24 мая 2019 г.

Тезисы докладов

Ответственность за правильность, точность и корректность цитирования, ссылок и перевода, достоверность информации и оригинальность представленных материалов несут их авторы.

*Печатается в авторской редакции*

Компьютерная верстка *А.В.Ищенко*

Подписано к использованию 10.05.2019.

Уч.-изд. л. 50,9.

Тираж 500 экз. (Первый завод 30 экз.)

Объем 22 Мбайт. Заказ № 6644

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2  
Тел.: 8(343)362-91-16