

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения  
Российской академии наук

# **XI НАУЧНАЯ СЕССИЯ-КОНКУРС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ИНСТИТУТА ХИМИИ ДВО РАН**

**Сборник трудов**



**20–23 мая 2019 г.  
Владивосток**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения  
Российской академии наук

**XI НАУЧНАЯ СЕССИЯ-КОНКУРС  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
ИНСТИТУТА ХИМИИ ДВО РАН**

*20–23 мая 2019 г.*

*Владивосток*

Сборник трудов

Владивосток



2018

УДК 001.8: 544: 546: 547: 548

ББК 94.3+ 24

Д22

**Д22**      **XI Научная сессия-конкурс молодых ученых Института химии ДВО РАН, 20–23 мая 2019 г., Владивосток : сборник трудов / Институт химии ДВО РАН. – Владивосток : Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2019. – 66 с.**

ISBN 978-5-7444-4505-8.

DOI [dx.doi.org/10.24866/7444-4505-8](https://dx.doi.org/10.24866/7444-4505-8)

В сборнике представлены труды XI Научной сессии-конкурса молодых ученых Института химии ДВО РАН, проходившей во Владивостоке с 20 по 23 мая 2019 года.

Сборник предназначен для учащихся, специалистов и ученых в области неорганической и физической химии.

УДК 001.8: 544: 546: 547: 548

ББК ББК 94.3+ 24

ISBN 978-5-7444-4505-8

© Институт химии ДВО РАН, 2019

## **СОСТАВ КОНКУРСНОГО ЖЮРИ**

академик РАН Сергиенко Валентин Иванович

чл.-корр. РАН Гнеденков Сергей Васильевич

чл.-корр. РАН Братская Светлана Юрьевна

чл.-корр. РАН Щипунов Юрий Анатольевич

д.х.н., проф. Земнухова Людмила Алексеевна

д.т.н., проф. Гордиенко Павел Сергеевич

д.х.н. Синебрюхов Сергей Леонидович

д.х.н. Кавун Валерий Яковлевич

д.т.н. Железнов Вениамин Викторович

д.х.н. Руднев Владимир Сергеевич

д.х.н. Земскова Лариса Алексеевна

д.х.н. Мирочник Анатолий Григорьевич

д.х.н. Салдин Виталий Иванович

д.х.н. Лапташ Наталья Михайловна

д.х.н. Медков Михаил Азарьевич

д.х.н. Колзунова Лидия Глебовна

д.ф-м.н. Зиатдинов Альберт Муктасимович

д.ф-м.н. Устинов Александр Юрьевич

к.т.н. Машталяр Дмитрий Валерьевич

к.х.н. Ткаченко Иван Анатольевич

к.х.н. Опра Денис Павлович

к.х.н. Панасенко Александр Евгеньевич

к.х.н. Надараиа Константинэ Вахтангович

## **КОМИССИЯ ПО ПОДСЧЕТУ БАЛЛОВ**

к.х.н. Макаренко Наталья Викторовна

к.х.н. Адигамова Мария Владимировна

к.х.н. Иванников Сергей Игоревич

## **Условия проведения оценки конкурсантов**

1. Оценка конкурсантов производится от 0 до 5 (без десятых долей) в каждой секции отдельно.
2. Каждый член конкурсной комиссии выставляет конкурсанту соответствующий балл, который заносится в конкурсный бюллетень, приобщаемый к протоколу счетной комиссии после заслушивания всех участников секции.
3. Если член конкурсной комиссии по каким-либо причинам не присутствовал на докладе и дискуссии конкурсанта, в конкурсном бюллетене конкурсанту ставится «Н».
4. После оценки всех участников конкурса и подсчета набранных конкурсантами баллов группа подсчета определяет лиц, победивших в конкурсе.
5. Победившим считается кандидат, получивший наибольшее количество баллов. При равенстве баллов у нескольких кандидатов решение комиссией принимается открытым голосованием.
6. В каждой секции установлено три призовых места и одно поощрительное.
7. Результаты голосования и решение комиссии оглашаются лицам, принимавшим участие в конкурсе, на следующий день после окончания конкурса.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Балацкий Д.В.</b> Исследование магнитных характеристик быстро-закаленного сплава $\text{FeCuNb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_8$	8
<b>Белов А.А., Шичалин О.О., Кайдалова Т.А., Папынов Е.К., Авраменко В.А.</b> Синтез высокоплотных топливных таблеток из порошков диоксида урана по технологии искрового плазменного спекания	10
<b>Белов Е.А., Надараиа К.В., Маштальяр Д.В.</b> Композиционные покрытия, полученные методом ПЭО с последующим распылением политетрафторэтилена	12
<b>Вялый И.Е.</b> Гидрофобные покрытия на сплавах алюминия и магния, формируемые с использованием плазменного электролитического оксидирования	14
<b>Главинская В.О., Шичалин О.О., Скурихина Ю.Е., Медков М.А., Папынов Е.К.</b> Синтез $\text{ZrO}_2$ -фосфатной пористой керамики с применением реакционного искрового плазменного спекания “ <i>in situ</i> ”: токсикологическая и бактериальная оценка	16
<b>Гончаров Е.Д., Завъялов А.П., Номеровский А.Д., Шичалин О.О., Папынов Е.К.</b> Получение высокотемпературной композитной $\text{Hf-C-N}$ керамики искровым плазменным спеканием	18
<b>Дорошенко Е.С., Артемьянов А.П., Земскова Л.А.</b> Исследование процессов электроокисления фенола и его производных на углеродном волокне и терморасширенном графите	20
<b>Драньков А.Н., Майоров В.Ю., Иванников С.И., Железнов В.В., Папынов Е.К.</b> Синтез уран-ориентированных сорбентов на основе $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ магнитной шпинели	22
<b>Жованик А.А., Ковехова А.В.</b> Система водоснабжения и водоотведения кампуса ДВФУ	24
<b>Забудская Н.Е., Васильева М.С., Руднев В.С., Маринина Г.И.</b> Плазменно-электролитическое формирование Sn- и Mo-содержащих оксидных слоев на титане и исследование их в качестве потенциометрических pH-сенсоров	26
<b>Изотов Н.В.</b> Исследование морфологии, состава и свойств ПЭО-покрытий, формируемых на сплаве АМГЗ в тартрат-борат-силикатсодержащем электролите	28
<b>Квач А.А., Панасенко А.Е., Ткаченко И.А.</b> Синтез композиционных материалов $\text{Fe}_x(\text{O,OH})_y/\text{SiO}_2$ , зависимость сорбционных и магнитных свойств от условий получения	30

<b>Малахова И.А.,</b> Азарова Ю.А., Голиков А.П., Братская С.Ю.	32
Получение и сорбционные свойства супермакропористых материалов на основе полиэтиленimina	
<b>Маркин Н.С.,</b> Иванников С. И.	34
Разработка методики определения урана-238 методом нейтронно-активационного анализа на основе ампульного источника $Cf^{252}$	
<b>Номеровский А.Д.,</b> Шичалин О.О., Завъялов А.П., Портнягин А.С., Папынов Е.К.	36
Искровой плазменный синтез SiC и SiC-HfB <sub>2</sub> керамики на основе природного возобновляемого сырья	
<b>Пироговская П.Д.,</b> Арефьева О.Д.	38
Генетические особенности кислотно-основных свойств образцов аморфного кремнезема	
<b>Портнягин А.С.,</b> Майоров В.Ю., Модин Е.Б., Шичалин О.О., Папынов Е.К.	40
Комплексный подход для определения структурной пористости оксидных керамик, получаемых искровым плазменным спеканием	
<b>Привар Ю.О.,</b> Слободюк А.Б., Братская С.Ю.	42
Криогели карбоксиалкилхитозанов как универсальная платформа для получения композитных функциональных материалов	
<b>Прокуда Н.А.,</b> Полякова Н.В., Суховерхов С.В.	44
Оценка возможностей дальнейшего использования АСПО нефти пилтун-астохского месторождения на основе данных об их элементном составе	
<b>Саенко Н.С.,</b> Зиатдинов А.М.	46
Мотивы строения оксида графена и его термически восстановленных образцов	
<b>Соколов А.А.,</b> Опра Д.П., Гнеденков С.В., Синебрюхов С.Л., Подгорбунский А.Б., Войт Е.И., Устинов А.Ю., Железнов В.В.	48
Легированный цирконием и фтором диоксид титана для литий-ионного аккумулятора	
<b>Сучков С.Н.,</b> Надараиа К.В., Маштальяр Д.В.	50
Механические свойства композиционных слоёв, полученных на магниевом сплаве МА8	
<b>Трухин И.С.</b>	52
Применение метода кластерного анализа для обнаружения прорыва технологических вод в нефтесодержащий пласт	
<b>Шашура Д.А.,</b> Привар Ю.О., Братская С.Ю.	54
Металлохелатные сорбенты на основе карбоксиалкилхитозанов для извлечения фторхинолонов из водных сред	
<b>Шишов А.С.</b>	56
Люминесцентные механо- и хемосенсорные свойства комплексных соединений европия(III) и тербия(III)	
<b>Шичалин О.О.,</b> Белов А.А., Азарова Ю.А., Главинская В.О.,	58

- Папынов Е.К. Синтез и физико-химические свойства керамических матриц на основе синтетического алюмосиликата для иммобилизации радиоцезия
- Хлебников О.Н.**, Шелофаст А. Р. Формирование аэрогелей целлюлозы и их модификация силикатами 60
- Хребтов А.А.**, Павлов И.С., Нефедов П.С. Зависимость спектральных свойств композиций, допированных хелатами бора, от природы полимерной матрицы 62
- Филонина В.С.**, Надараиа К.В., Машталяр Д.В. Композиционные покрытия на бывших в эксплуатации изделиях из титанового сплава 19 64



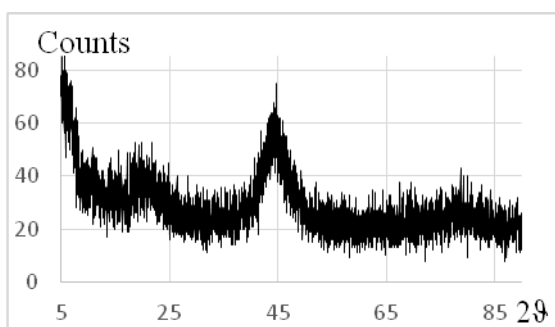
# ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫСТРОЗАКАЛЕННОГО СПЛАВА $\text{FeCu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_8$

*Д.В. Балацкий*

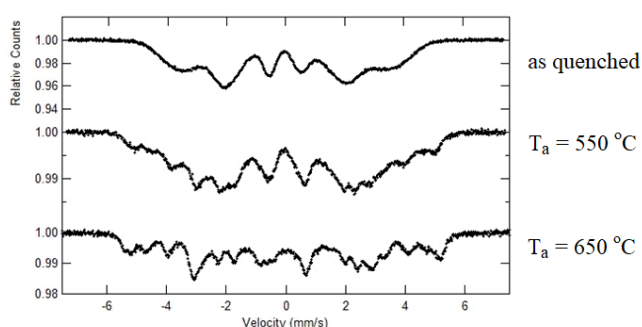
*Дальневосточный федеральный университет,  
ул. Суханова 8, Владивосток 690091, Россия*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

В настоящее время широко исследуются аморфно-нанокристаллические материалы с контролируемой долей нанокристаллической фазы. Одним из важнейших свойств неупорядоченных систем является наличие магнитного порядка [1]. В данной работе исследуемым образцом является аморфная лента состава  $\text{FeCu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_8$ , полученная методом спиннингования (скорость охлаждения  $\sim 10^6$  К/с). Анализ динамики магнитных свойств при нагреве до 700 °С проводили с применением вибромагнитометра (скорость нагрева составляла 10 град/мин). Аморфность образца была подтверждена рентгенофазовым анализом, рисунок 1.



*Рис. 1. Рентгенофазовый анализ ленты  $\text{FeCu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_8$*



*Рис. 2. Мёссбауэровские спектры ленты  $\text{FeCu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_8$  для разных температур отжига (как показано на рисунке)*

Аморфное и кристаллические состояния образцов были по-разному обработаны с использованием РФА и ЯГР спектроскопии, рисунок 2. Мёссбауэровские спектры были получены в геометрии пропускания с использованием естественного содержания изотопа  $^{57}\text{Fe}$  в образцах. В качестве источника  $\gamma$ -излучения использовали изотоп  $^{57}\text{Co}$  в матрице родия. Как рентгеновские, так и мёссбауэровские спектры были получены при комнатной температуре.

Мёссбауэровские спектры представляют собой типичные спектры ферромагнетиков, но с широкими и перекрытыми линиями, присущими структурно разупорядоченным сплавам. При повышении температуры начинаются процессы структурной релаксации спиннингованных лент и при дальнейшем повышении наступает полная кристаллизация. С увеличением температуры на мёссбауэровских спектрах появляются дополнительные пики поглощения, характеризующие этапы кристаллизации аморфного состояния [2].

### Список литературы

1. А.М. Глезер, Н.А. Шурыгина. Аморфно-нанокристаллические сплавы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, 450 с.
2. С.С. Cao, Y.G. Wang, L. Zhu, et al. *Scientific Reports* 8:1243 (2018).

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН  
Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0002.*

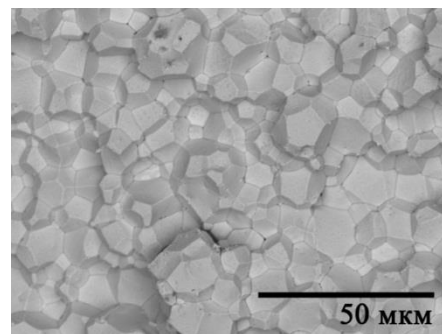
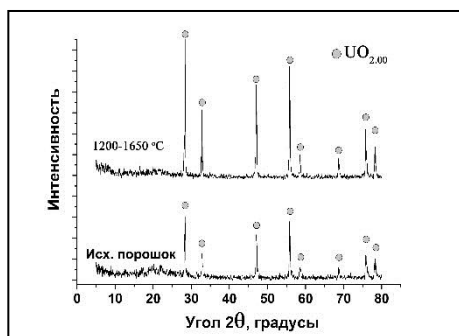
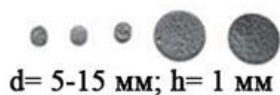
# СИНТЕЗ ВЫСОКОПЛОТНЫХ ТОПЛИВНЫХ ТАБЛЕТОК ИЗ ПОРОШКОВ ДИОКСИДА УРАНА ПО ТЕХНОЛОГИИ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

*А.А. Белов, О.О. Шичалин, Т.А. Кайдалова,  
Е.К. Папынов, В.А. Авраменко*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения  
Российской академии наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Исследован способ консолидации порошков  $UO_2$  (обедненных по  $U^{235}$ ) коммерческого типа в высокоплотные топливные таблетки по технологии искрового плазменного спекания (ИПС). Изучена кинетика консолидации и влияние технологических параметров ИПС обработки на состав, микроструктуру и плотностные характеристики топливных изделий. Выявлены основные преимущества и недостатки ИПС консолидации порошков  $UO_2$  в стандартном типе графитовых пресс-форм. Отработан способ ИПС синтеза  $UO_2$  изделий требуемых геометрических параметров с использованием молибденовой пресс-формы. Установлена перспективность способа перед традиционными методами спекания: (а) мягкие технологические режимы (низкая температура около 1100 °С и короткое время цикла не более 30 минут); (б) плотность изделия достигает 98,4% (от теор.), что доказано методом гидростатического взвешивания в среде различных растворителей, а также по меркуростатическому методу в ходе испытаний на ФГУП «ПО «Маяк»; (в) ИПС обеспечивает высокоскоростную консолидацию порошков  $UO_2$  с возможностью стабилизации роста зерна. Использование молибденовой оснастки предотвращает диффузию углерода с графитовой оснастки в ходе ИПС процесса и исключает загрязнение изделий примесью углерода. Результаты исследования представляют интерес при возможной

промышленной реализации ИПС для изготовления керамического ядерного топлива.



На рисунке представлены  $\text{UO}_2$  изделия различных форм, полученные по технологии ИПС, их фазовый состав (в сравнении с исходным сырьем) и микроструктура поверхности.

*Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 17-73-20097).*

# КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ПЭО С ПОСЛЕДУЮЩИМ РАСПЫЛЕНИЕМ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

*Е.А. Белов, К.В. Надараина, Д.В. Машталяр*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

На данный момент магний и его сплавы приобретают все большую значимость для промышленности благодаря таким свойствам, как низкая плотность, прочность, вибростойкость, легкость в обработке [1, 2]. Но из-за низкого сопротивления коррозии и износу магниевые сплавы имеют ограниченную область применения. Одним из способов создания защиты для магниевого сплава является формирование покрытий методом плазменного электролитического оксидирования (ПЭО). Следует отметить, что ПЭО-слои являются подходящей основой для получения защитных композиционных покрытий (КП) [3, 4]. В качестве способа формирования КП в данной работе использовали распыление ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФ) на заранее сформированное ПЭО-покрытие. Указанный способ позволяет регулировать толщину полимерсодержащего слоя, однородность распределения полимера и экономно использовать расходные материалы.

В работе были исследованы морфология поверхностного слоя покрытий на магниевом сплаве МА8, состав покрытий, их антикоррозионные свойства, а также износостойкость.

Анализ данных, полученных методами сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа, свидетельствует о снижении пористости композиционного покрытия в сравнении с базовым ПЭО-покрытием (с 18% до 2%) за счет

внедрения полимера в поры ПЭО-слоя и запечатывания микродефектов. Наблюдается улучшение антикоррозионных свойств покрытий на 6 и 3 порядка в сравнении с магниевым сплавом без покрытия и с базовым ПЭО-слоем, соответственно. Износостойкость композиционных слоев увеличивается в 27 раз в сравнении с ПЭО-покрытием. Оценка данных склерометрии позволяет сделать вывод об увеличении нагрузки, при которой происходит отслаивание композиционного покрытия, на 52% в сравнении с ПЭО-покрытием.

Таким образом, на поверхности магниевого сплава методом ПЭО с последующим распылением УПТФЭ были сформированы композиционные полимерсодержащие слои, существенно улучшающие защитные свойства магниевых сплавов.

### Список литературы

1. M. Esmaily, J. E. Svensson, S. Fajardo, N. Birbilis, G. S. Frankel, S. Virtanen, R. Arrabal, S. Thomas, L. G. Johansson. *Prog. Mater. Sci.* 89, p. 92–193, 2017.
2. N. Birbilis, M. A. Easton, A. D. Sudholz, S. M. Zhu, M. A. Gibson. *Corros. Sci.* 51, p. 683–689, 2009.
3. D. V. Mashtalyar, K. V. Nadaraia, S. L. Sinebryukhov, S. V. Gnedenkov. *J. Mater. Sci. Technol.* 33, p. 661–667, 2017.
4. S. V. Gnedenkov, S. L. Sinebryukhov, D. V. Mashtalyar, K. V. Nadaraia, A. S. Gnedenkov, V. M. Bouzник. *Corros. Sci.* 111, p. 175–185, 2016.

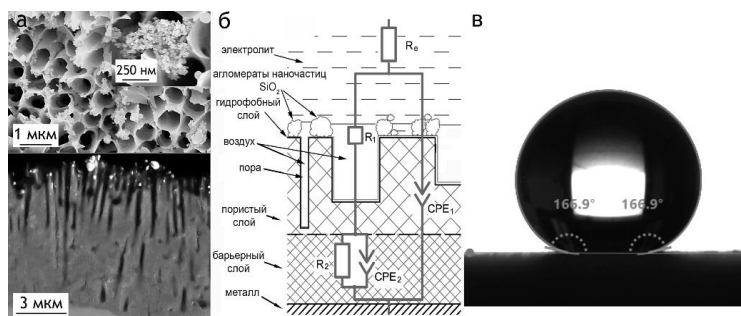
*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*

# ГИДРОФОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА СПЛАВАХ АЛЮМИНИЯ И МАГНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЕННОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

*И.Е. Вялый*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Алюминиевые и магниевые сплавы являются одними из наиболее востребованных конструкционных и функциональных материалов в различных областях промышленности, таких как автомобильная, аэрокосмическая, электроника и другие [1]. Вместе с тем, два существенных недостатка этих материалов, такие как низкие сопротивление коррозии и износостойкость, существенно ограничивают область их практического использования [1]. При определенных условиях эксплуатации сплавов требуется их дополнительная и надежная защита. Плазменное электролитическое оксидирование (ПЭО) [2], позволяет значительно улучшить механические и антикоррозионные характеристики обрабатываемых материалов путем создания на их поверхности покрытий. В работе представлены результаты исследований свойств формируемых на сплавах алюминия и магния композиционных гидрофобных (ГФ) и супергидрофобных (СГФ) покрытий на базе ПЭО-слоев. Показано, что такие слои обладают высокими антикоррозионными свойствами и механической прочностью. Формирование защитных антикоррозионных покрытий, получаемых с использованием метода ПЭО, с последующей обработкой раствором ГФ-агента, позволило снизить токи коррозии на 5,5–6 порядков, увеличить гидрофобность (до значений контактного угла  $164,0 \pm 2,9^\circ$ , угла скатывания до  $8^\circ$ ) и повысить механические характеристики обрабатываемых алюминиевых и магниевых сплавов (см. рисунок, а–в).



В результате проведенных исследований установлены причины, обуславливающие антикоррозионные свойства и супергидрофобность формируемых композиционных покрытий. В дополнение к изолирующим свойствам покрытия трехфазная граница раздела покрытие/электролит, многомодальность (многоуровневая шероховатость) поверхности (рисунок, а, б) обеспечивают малую долю площади супергидрофобного покрытия (менее 3 %), имеющей прямой контакт с коррозионно-активной средой (рисунок, в).

#### Список литературы

1. V. Dehnavi, B.L. Luan, D.W. Shoemith, X.Y. Liu and S. Rohani. *Surf. Coat. Technol.* 226, p. 100 – 107, 2013.
2. S.V. Gnedenkov, S.L. Sinebryukhov, V.S. Egorokin and I.E. Vyaliy. *Surf. Coat. Technol.* 307, p. 1241 – 1248, 2016.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*



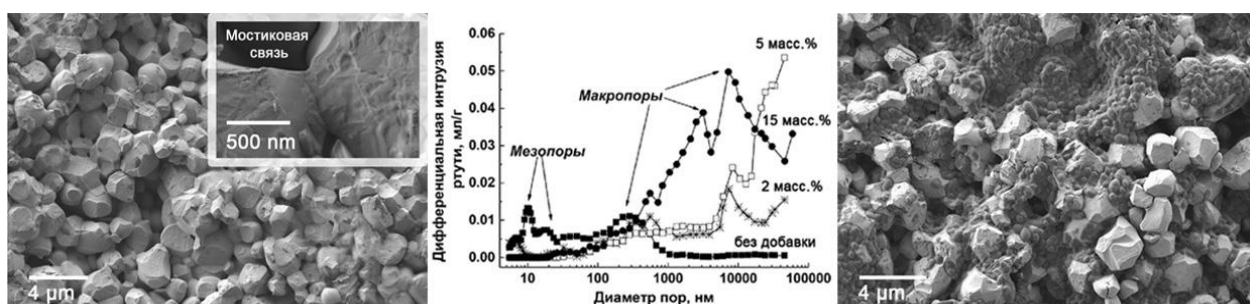
# СИНТЕЗ $ZrO_2$ -ФОСФАТНОЙ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАКЦИОННОГО ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ “*IN SITU*”: ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ И БАКТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА

*В.О. Главинская, О.О. Шичалин, Ю.Е. Скурихина,  
М.А. Медков, Е.К. Папынов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

В работе представлен оригинальный способ реакционного искрового плазменного спекания (Р-ИПС) пористой и конструкционно прочной (до 560 МПа) композитной керамики на основе диоксида циркония, допированной фосфатами кальция: гидроксипатитом (ГАП) и трикальций фосфатом (ТКФ). Исследована особенность формирования кальций-фосфатных фаз (15 и 50 масс. %) по реакции *in situ* твердофазного взаимодействия реакционной смеси ( $CaO$  и  $CaHPO_4$ ) в объеме спекаемого  $ZrO_2$  в условиях ИПС при 900-1300 °С. Предложен способ формирования пористой структуры получаемой  $ZrO_2$ -фосфатной керамики за счет использования порообразующего компонента (углеродного темплата). Исследовано влияние 2, 5, 10 и 15 вес. % порообразователя на структурные и прочностные характеристики получаемой керамики с применением ртутной порометрии, физадсорбции азота, микроскопических и др. методов анализа. Проведена предварительная оценка токсичности образцов керамики в условиях «*in vivo*» с учетом результатов клинического и биохимического анализа крови лабораторных мышей ICR/CD1 - носителей синтезированных имплантатов. Проведены микробиологические исследования и оценена эффективность формирования бактериальных пленок *Pseudomonas aeruginosa* на поверхности

образцов композитной керамики в зависимости от содержания ГАП в ее составе. Изучена морфология биопленок и определено их количественное соотношение. Предлагаемый Р-ИПС подход обеспечивает создание пористой и конструкционно прочной  $ZrO_2$  композитной керамики, содержащей биосовместимые компоненты ГАП и ТКФ, которая может быть перспективна для костно-керамических имплантатов при восстановлении дефектов костной ткани.



На рисунке представлены (слева направо) микроструктура, результаты порометрии (с добавкой порообразователя) и морфология бактериальных пленок, для образцов  $ZrO_2$ -фосфатной керамики, полученной по технологии ИПС.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект No. 18-73-10107).*

# ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПОЗИТНОЙ Hf -C-N КЕРАМИКИ ИСКРОВЫМ ПЛАЗМЕННЫМ СПЕКАНИЕМ

*Е.Д. Гончаров<sup>1</sup>, А.П. Завъялов<sup>1</sup>, А.Д. Номеровский<sup>1,2</sup>,  
О.О. Шичалин<sup>2</sup>, Е.К. Папынов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет,  
ул. Суханова 8, Владивосток 690091, Россия*

*<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Рекордно высокой температурой плавления (~3990 °С) обладает соединение Ta<sub>4</sub>HfC<sub>5</sub>. Вопрос о причинах его экстремальной термической устойчивости подробно исследовался методом численного моделирования в работе [1]. Были выявлены механизмы термической устойчивости этого соединения, а также рассмотрены возможные альтернативы в системе Hf-Ta-C-N-B. По результатам исследования предложено соединение Hf<sub>0,53</sub>C<sub>0,27</sub>N<sub>0,2</sub>, как обладающее температурой плавления ещё на 200 °С выше. Данное предположение до сих пор не подтверждено. Для проверки этой гипотезы сначала необходимо решить задачу получения данного соединения.

Обширная работа по получению соединений в системе Hf-C-N-O с различной стехиометрией методом вакуумного горячего прессования порошков HfC, HfN, HfO<sub>2</sub>, Hf и C проведена довольно давно [2]. Одним из результатов явилось то, что близкое по соотношению N/C соединение HfC<sub>0,58</sub>N<sub>0,42</sub> обладает максимальной твёрдостью (2400 кгс/мм<sup>2</sup>) среди исследованных соединений. Современным перспективным методом создания тугоплавких материалов является метод искрового плазменного спекания (ИПС), который и использовался в настоящей работе. Его преимущества перед классическим методом горячего прессования при создании материалов в системе элементов Ta-Hf-C путём спекания порошков

TaC и HfC были продемонстрированы в работе [3]. Однако работ по получению материалов в системе Hf-C-N методом ИПС порошков HfN и HfC нет.

В настоящей работе методом ИПС порошков HfN и HfC в соотношении 3/4 получена серия образцов при выдержке в течение 5 мин при максимальных температурах 1500 °C, 1700 °C, 1900 °C и 2100 °C. Образцы исследованы методами комбинационной и рентгеновской спектроскопии, сканирующей электронной и оптической микроскопии. Показано, что твердотельная реакция между компонентами начинается при 1500 °C. Уже при 1700 °C получена единая карбонитридная фаза  $\text{HfC}_{0,57}\text{N}_{0,43}$ . Образец максимальной плотности (~94 % теоретической) получен при температуре спекания 2100 °C. Его микротвёрдость составила 1900-2100 кгс/мм<sup>2</sup>, что вполне соответствует [2], если принять во внимание пористость.

### Список литературы

1. Hong Q. Prediction of the material with highest known melting point from ab initio molecular dynamics calculations // *Physical Review B*, 2015, V. 92, I. 2, p. 020104(R).
2. G.D. Brundiers, Herstellung, Aufbau und Eigenschaften von Hafniumverbindungen im System Hf-C-N-O (Gesellschaft für Kernforschung M.B.H., Karlsruhe, 1975).
3. V.V. Kurbatkina et al., *Ceram. Int.* 44, 4320 (2018).

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-73-00125).*

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ НА УГЛЕРОДНОМ ВОЛОКНЕ И ТЕРМОРАСШИРЕННОМ ГРАФИТЕ

*Е.С. Дорошенко<sup>1</sup>, А.П. Артемьянов<sup>1</sup>, Л.А. Земскова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет,*

*690091, Владивосток,*

*ул. Суханова, 8, Россия*

*<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки*

*Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии*

*наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,*

*Владивосток 690022, Россия*

В последние годы спектр приложений углеродных материалов в процессах, связанных с удалением вредных и, особенно, стойких загрязнителей, таких как фенол и его производные, существенно расширился [1, 2]. В работе рассмотрены два типа углеродных материалов в процессах электроокисления фенольных соединений: активированное углеродное волокно Актилен Б (ЛенНИИ «Химволокно») и графитовая фольга «Графлекс» (ТУ 5728-001-50187417-99, ГК «УНИХИМТЕК»). Измерения проводили в трехэлектродной ячейке в инертной атмосфере с фоновым электролитом 0,1 М  $K_2SO_4$  и добавлением фенола 1,8 ммоль/л и 3-хлорфенола 8,0 ммоль/л. Как видно из рисунка, электроокисление фенола происходит в диапазоне +0,5...+0,7 В (Ag/AgCl) (кривые 2, 4). Хлорфенол в этих же условиях окисляется при +0,7...+0,9 В. Область идеальной поляризуемости материала «Графлекс» (-1,4 ...+1,4 В, кривая 3) значительно шире, чем у волокна Актилен Б (-1,2...+0,6 В, кривая 1), что позволяет существенно сдвинуть потенциал анодного разряда воды на материале «Графлекс» и провести эффективное электроокисление фенола (и его производных) при +0,6 ... +1,0 В без наложения энергозатратных процессов газоразряда.

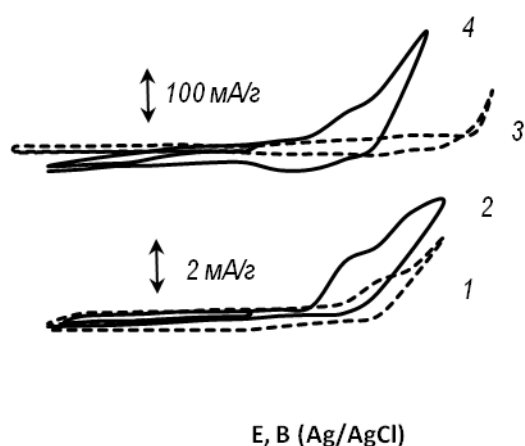


Рис. 1. Циклические вольтамперограммы образцов углеродных материалов : 1,2 – Графлекс (скорость развертки 1.0 мВ/с); 3,4 – Актилен Б (скорость развертки 0.5 мВ/с) в фоновом электролите 0.1 М  $K_2SO_4$  (1,3) и в растворе 0.1 М  $K_2SO_4$  с фенолом (2,4)

### Список литературы

1. Marsh, H., Rodrigue-Reinoso, F., *Activated carbon*, Amsterdam: Elsevier Science and Technology Books, 2006. 536 p.
2. Ayranci, E., Conway, B.E. *J. Electroanal. Chem.*, 2001, vol. 513, p. 100.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток», проект № 18-3-021.*

# СИНТЕЗ УРАН-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ МАГНИТНОЙ ШПИНЕЛИ

*А.Н. Драньков, В.Ю. Майоров, С.И. Иванников,  
В.В. Железнов, Е.К. Папынов*

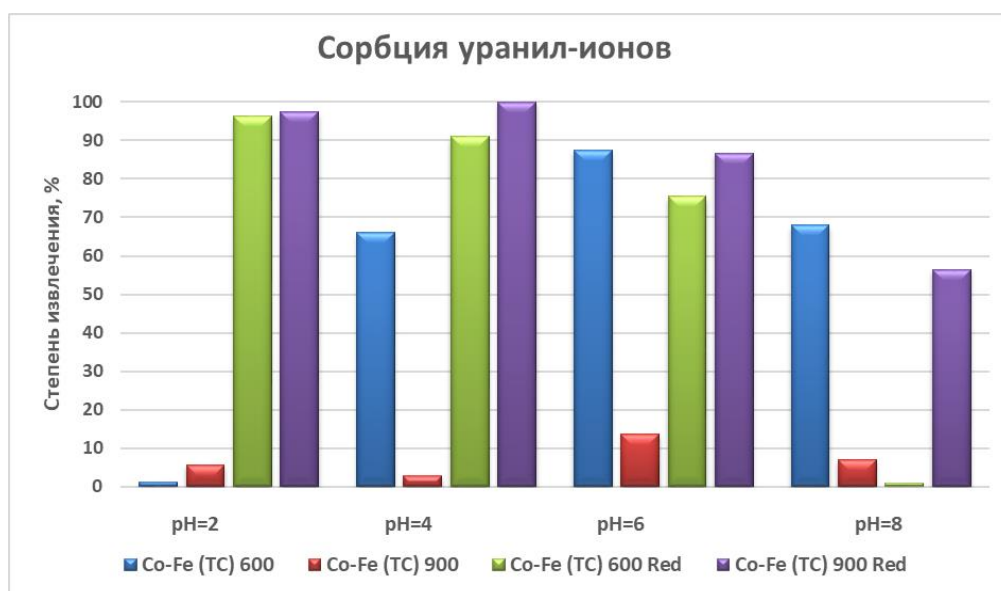
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

С целью получения наноструктурированных сорбентов композитного состава (шпинели  $\text{CoFe}_x\text{O}_y$ ) и их восстановленных форм в данной работе были отработаны оригинальные методики золь-гель, темплатного и термовосстановительного синтезов. Исследованы закономерности влияния условий синтеза на физико-химические характеристики полученных наноструктурированных систем магнитного типа. Оптимизированы условия синтеза с учетом установления закономерностей в ряду «синтез-состав-структура-свойства» для каждого типа сорбента. Предложены оптимальные пути термообработки материалов на стадии удаления темплатов для формирования требуемого фазового состава сорбента с бездефектным макропористым каркасом. Изучены магнитные характеристики (намагниченность насыщения  $M_s$  и коэрцитивная сила  $H_c$ ) в зависимости от величины прикладываемого магнитного поля и температурной восприимчивости и определена магнитная природа сорбентов с учетом выбранного метода их синтеза. Оценена сорбционная эффективность, получены кинетические кривые сорбции извлечения урана(VI) из водных сред при различных значениях рН среды для полученных сорбентов. Предложены механизмы сорбции («восстановительное осаждение» или «сорбционно-реагентное взаимодействие») уранил-ионов в присутствии синтезированных сорбентов различного состава.

На рисунке представлена диаграмма количественной сорбции уранил-ионов из водных растворов при различных значениях рН среды в присутствии композитных сорбентов. В таблице отражен

фазовый состав композитных сорбентов по данным рентгенофазового анализа (РФА) в зависимости от метода и температуры синтеза.

Образец	T <sub>c</sub> , °C	РФА
<b>Золь-гель синтез</b>		
Co-Fe(ЗГ)-600	600	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>  CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Co-Fe(ЗГ)-900	900	CoO CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
<b>Темплатный синтез</b>		
Co-Fe(ТC)-600	600	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Co-Fe(ТC)-900	900	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
<b>Восстановительный синтез</b>		
Co-Fe(ТC)-600-Red	600	Co <sup>0</sup>  Fe <sup>0</sup>
Co-Fe (ТC)900-Red	900	Co <sup>0</sup>  Fe <sup>0</sup>



*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00066 «мол\_а». При анализе образцов, использовалось оборудование компании Shimadzu при финансовой поддержке стипендии Genzo Shimadzu.*



# СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ КАМПУСА ДВФУ

*А.А. Жованик<sup>1</sup>, А.В. Ковехова<sup>1,2</sup>*

*<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет,  
Суханова, 8, Владивосток 690091, Россия;*

*<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Водоснабжение и водоотведение населенных мест являются важной и необходимой частью рационального природопользования. Для водоснабжения используются разные системы, централизованно обеспечивающие потребителей водой. Канализационная система собирает и удаляет продукты жизнедеятельности человека и хозяйственно-бытовые сточные воды с целью их очистки от загрязнений и дальнейшего использования или возвращения в водоём.

Для водоснабжения кампуса ДВФУ на о. Русский используют водопровод материковой части г. Владивостока. Канализационные стоки с объектов кампуса ДВФУ, пожарного депо, медицинского центра ДВФУ, океанариума, включая собственные нужды очистных сооружений в коммунальной зоне, поступают на очистные сооружения, расположенные на острове. Схема очистки сточных вод состоит из нескольких этапов: механический, биологический, обеззараживание и обезвоживание осадка. Биологическая очистка является одной из самых эффективных на сегодняшний день. Она обеспечивает высокую степень очистки и является химически безопасной по сравнению с другими методами. Однако ее эффективность в значительной степени зависит от множества факторов.

Цель настоящей работы: исследовать качество питьевой воды в корпусах кампуса ДВФУ и качество воды ручья, впадающего в б. Новик – приемника сточных вод очистных сооружений на о. Русский.

Пробы питьевой воды отбирали в конечных точках потребления – корпусах ДВФУ (А, В, С, D, Е, G, S). Для исследования качества воды в ручье пробы воды отбирали из четырех точек: выпуск сточных вод, место смешения сточных вод и вод ручья, ручей выше и ниже зоны смешения.

Питьевую воду анализировали по следующим показателям качества вод централизованного водоснабжения [1]: значение рН, жесткость, щелочность, солесодержание, цветность, мутность, содержание железа, меди, алюминия, свинца, марганца, цинка. В пробах воды, отобранной из ручья, в дополнении к вышеперечисленным, определяли: значение биохимического потребления кислорода, перманганатной окисляемости, содержание растворенного кислорода, нитритов, нитратов, фосфатов, сульфатов, хлоридов и нефтепродуктов.

Было показано, что качество воды в конечных точках потребления соответствует нормативным требованиям, за исключением содержания ионов железа в некоторых пробах. В ручье – приемнике сточных вод очистных сооружений наблюдается превышение установленных требований по азоту аммонийному, фосфатам и нефтепродуктам.

### **Список литературы**

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения".

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0002.*

# ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ Sn- И Mo-СОДЕРЖАЩИХ ОКСИДНЫХ СЛОЕВ НА ТИТАНЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ В КАЧЕСТВЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ pH-СЕНСОРОВ

*Н.Е. Забудская, М.С. Васильева, В. С. Руднев, Г.И. Маринина*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки*

*Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии*

*наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,*

*Владивосток 690022, Россия*

В настоящее время перспективным направлением развития электроаналитических сенсоров является создание новых металлоксидных электродов и более углубленное изучение уже известных ввиду их невысокой стоимости, механической стойкости и простоты эксплуатации [1]. Авторы [2, 3] впервые показали, что в качестве потенциометрических сенсоров успешно могут быть использованы оксидные слои на титане, сформированные методом плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО).

В настоящей работе исследованы Sn- и Mo-содержащие ПЭО-слои на титане в качестве потенциометрических pH-сенсоров. Оксидные пленки на титане формировали в течение 10 мин в анодно-катодном режиме при  $i_a=i_k=0,1$  или  $0,2$  А/см<sup>2</sup>. В качестве электролитов использовали водные растворы 0,01 М ЭДТА + 0,01 М SnSO<sub>4</sub> и 0,016 М (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.

Параметры функции  $E=a\pm b\text{pH}$  для сформированных электродов приведены в таблице.

*Таблица*

Параметры линейной регрессии  $E=a-b\text{pH}$  ( $P = 0,95$ ;  $n = 6$ )

Электрод	$a$	$b$	$R^2$
Стекланный электрод	394	58±1,0	0,99
(0,1)Ti/TiO <sub>2</sub> ,SnO <sub>x</sub>	276,0	53,9±1,5	0,99
(0,2)Ti/TiO <sub>2</sub> ,SnO <sub>x</sub>	320,5	37,7±1,6	0,98
(0,1)Ti/TiO <sub>2</sub> ,MoO <sub>x</sub>	450,0	64,2±2,8	0,99
(0,2)Ti/TiO <sub>2</sub> ,MoO <sub>x</sub>	465,3	63,0±3,5	0,99

Sn-содержащие электроды, сформированные при  $i_a = i_k = 0,1$  А/см<sup>2</sup>, имеют близкую к нернстовской электродную функцию ( $53,9 \pm 1,5$  мВ/рН), величина которой значительно снижается при повышении плотности тока до  $0,2$  А/см<sup>2</sup>. Все Mo-содержащие ПЭО-слои на титане показали более высокую рН-чувствительность. Для них величина наклона электродной функции превышает таковой для традиционного стеклянного электрода. Следует отметить, что существенными недостатками стеклянного электрода являются высокое сопротивление и хрупкость, необходимость предварительной обработки и вымачивания в растворе анализируемого иона, чего лишены твердофазные ПЭО-электроды.

### Список литературы

1. V.S. Saji, C.W. Lee, *Chem. Sus. Chem.* 5, № 7, p. 1146-1161, 2012.
2. П. С. Гордиенко, Образование покрытий на аноднополяризованных электродах в водных электролитах при потенциалах искрения и пробоя. Владивосток: Дальнаука, с. 214, 1996.
3. Г. И. Маринина, М. Ф. Резник, В. И. Тырин, П. С. Гордиенко. *Журн. аналит. химии* 51, № 9. с. 975-979, 1996.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-03-00418).*

# ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ, СОСТАВА И СВОЙСТВ ПЭО-ПОКРЫТИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ НА СПЛАВЕ АМГЗ В ТАРТРАТ-БОРАТ-СИЛИКАТСОДЕРЖАЩЕМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ

*Н.В. Изотов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Алюминий и его сплавы – одни из наиболее востребованных материалов в кораблестроении и других отраслях промышленности и зачастую используются в условиях, когда поверхности металла необходима дополнительная защита [1].

Одним из эффективных методов защиты металлов и их сплавов является плазменное электролитическое оксидирование (ПЭО), позволяющее формировать оксидные покрытия за счет протекания плазменных разрядов на границе электролит/металл. [1]. На структуру, состав и свойства ПЭО-слоев существенным образом, наряду с типом обрабатываемого металла, электрическими параметрами режимов обработки, влияет и состав электролита. Следовательно, существует необходимость в исследованиях, направленных на поиск путей улучшения эксплуатационных характеристик защитных покрытий за счёт оптимизации компонентного состава и концентрации используемого электролита.

В работе изучено влияние концентрации метасиликата натрия на толщину, пористость, элементный состав, а также на механические и электрохимические свойства ПЭО-покрытий. ПЭО-слои формировали в электролитах при варьируемой концентрации метасиликата натрия от 0 до 25 г/л с шагом 5 г/л и постоянной концентрации тартрата калия (25 г/л), тертрабората натрия (10 г/л) и фторида натрия (0,6 г/л).

Установлено, что увеличение концентрации метасиликата натрия позволяет существенным образом увеличить толщину ПЭО-

покрытия (с  $57\pm 3$  до  $152\pm 9$  мкм), пористость по поперечному шлифу при этом увеличивается с 10,9 до 29,8%.

Рентгенофазовый анализ показал, что  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  является основным компонентом покрытия, помимо этого зарегистрированы также пики, относящиеся к  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , муллиту ( $\text{Al}_{2,4}\text{Si}_{0,6}\text{O}_{4,8}$ ), кианиту ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ) и боратам алюминия ( $\text{Al}_4\text{B}_2\text{O}_9$  и  $\text{Al}_8\text{B}_2\text{O}_{15}$ ).

По результатам проведения скратч-тестирования установлено: величина критической нагрузки, при которой происходит истирание покрытия до подложки ( $Lc_3$ ), является максимальной (190 Н) у покрытий, формируемых при концентрации метасиликата натрия 25 г/л.

Электрохимическими методами исследования установлено, что наибольшим значением модуля импеданса ( $|Z|_f = 0,01 \text{ Гц} = 3,3 \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ ) и наименьшей плотностью тока коррозии ( $j_k = 9 \cdot 10^{-9} \text{ А/см}^2$ ) характеризуется покрытие, формируемое при концентрации 10 г/л  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Наибольшие антикоррозионные свойства можно объяснить тем, что при 10 г/л метасиликата натрия сформировалось оксидное покрытие с низкопористым внутренним слоем, что в значительной степени изолирует алюминиевую подложку от разрушения коррозионным раствором NaCl.

### Список литературы

1. V. Dehnavi, B.L. Luan, D.W. Shoesmith, X.Y. Liu and S. Rohani. *Surf. Coat. Technol.* 226, p.100 – 107, 2013.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*

**СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
Fe<sub>x</sub>(O,OH)<sub>y</sub>/SiO<sub>2</sub>, ЗАВИСИМОСТЬ СОРБЦИОННЫХ И  
МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ  
ОТ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ**

*А.А. Квач, А.Е. Панасенко, И.А. Ткаченко*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

На основе биогенного кремнезема методами осаждения и пропитки получен ряд магнитоактивных композиционных сорбентов состава Fe<sub>x</sub>(O,OH)<sub>y</sub>/SiO<sub>2</sub>. Методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии исследована их морфология и характер распределения наноразмерных частиц оксидов железа в кремнеземной матрице. В структуре материалов, полученных методом осаждения, наноразмерные частицы оксидов железа находятся внутри пористых глобул диоксида кремния. В материалах на основе биогенного кремнезема, полученных методом пропитки, оксиды железа располагаются в порах частиц размером 50–200 нм, либо на поверхности кремнезема.

Кислотно-основные свойства поверхности материалов изучали индикаторным методом Гаммета с использованием 21 индикатора со значениями рКа от –0,29 до +16,80. По полученным значениям были построены кривые распределения центров адсорбции индикаторов на поверхности образцов. Основное отличие композиционного материала от кремнезема заключается в наличии сильного пика в кислотной брэнстедовской области (рКа +2,5), который соответствует группам FeO–Н на поверхности образцов. Было сделано предположение, что для композиционных материалов решающий вклад в процесс сорбции вносят наноразмерные оксиды железа. Для проверки этого предположения была проведена сорбция м-нитроанилина (рКа +2,5) и записаны мессбауэровские спектры до сорбции и после нее. Показано, что после сорбции м-нитроанилина

происходит уменьшение квадрупольного расщепления сигналов в мессбауэровских спектрах, пропорционально содержанию железа в образце, что подтверждает выдвинутую гипотезу.

Были изучены магнитные свойства и сорбционная активность полученных материалов по отношению к водным растворам метиленового синего, сорбционная емкость достигает 27,3 мг/г, что превышает емкость исходных компонентов – кремнезема и ферригидрита по отдельности. При этом наблюдается зависимость сорбционной емкости от температуры предварительного прокаливания образца. Для большинства материалов прокаливание при 800 °С повышает их сорбционную емкость в 3 раза, а также их удельную намагниченность. В отдельных случаях для образцов с низким содержанием железа (3–5%), полученных методом осаждения, наблюдается обратная зависимость – с повышением температуры прокаливания сорбционная емкость уменьшается. Вероятно, в этих образцах сорбционно активными центрами являются силанольные группы Si–OH, наличие которых подтверждается присутствием в ИК спектрах полосы поглощения при  $958\text{ см}^{-1}$ , которая теряет интенсивность и исчезает с повышением температуры.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*



# ПОЛУЧЕНИЕ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СУПЕРМАКРОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНИМИНА

*И.А. Малахова, Ю.А. Азарова, А.П. Голиков, С.Ю. Братская*  
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки*  
*Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии*  
*наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,*  
*Владивосток 690022, Россия*

Полиэтиленимин (ПЭИ) является одним из наиболее эффективных и коммерчески доступных полимеров, применяющихся для сорбции ионов металлов в водоочистных технологиях. Из-за наличия в структуре первичных, вторичных и третичных аминогрупп ПЭИ растворим в широком диапазоне рН и в качестве сорбента может применяться только после сшивки или прививки к поверхности других органических или неорганических сорбентов. Недостатком известных сорбционных материалов на основе ПЭИ являются низкие кинетические характеристики, характерные для непористых гранулированных сорбентов, в связи с чем актуальна разработка методов улучшения кинетических свойств, в частности, за счет формирования развитой пористой структуры. Цель данной работы заключалась в разработке способа получения монолитных супермакропористых сорбентов на основе ПЭИ (криогелей ПЭИ) сшивкой при отрицательных температурах, когда образующиеся при замораживании раствора полимера кристаллы льда играют роль порообразующих темплатов.

Изучено влияние условий сшивки и типа сшивающего агента из группы диглицидиловых эфиров гликолей (1,4-бутандиола, этиленгликоля, глицерина и полиэтиленгликоля) на морфологию, степень набухания, гидродинамические характеристики и сорбционную емкость криогелей ПЭИ. Сорбционные свойства полученных материалов по отношению к ионам Cu(II), Co(II) и Ni(II) исследованы в статических и динамических условиях при скоростях потока до 170 к.о./час, в том числе из двухкомпонентных систем.

Установлено, что сшивка 5% ПЭИ при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  диглицидиловым эфиром 1,4-бутандиола при соотношении сшивающий агент:ПЭИ 1:4 позволяет получить монолитный сорбент, обеспечивающий максимальную скорость фильтрации - 350 к.о./час с динамической сорбционной емкостью по ионам  $\text{Cu(II)}$  – 3,11 ммоль/г. Исследована кинетика сорбции ионов  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{Ni(II)}$  и  $\text{Co(II)}$  на криогелях ПЭИ, рассчитаны константы сорбции и десорбции, установлено, что скорость сорбции ионов  $\text{Co(II)}$  значительно ниже, чем ионов  $\text{Cu(II)}$  и  $\text{Ni(II)}$ . Показано, что полученные сорбционные материалы могут применяться для очистки воды от ионов  $\text{Cu(II)}$  и  $\text{Ni(II)}$  до уровня ниже ПДК.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 18-79-00093.*

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА-238 МЕТОДОМ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ АМПУЛЬНОГО ИСТОЧНИКА Cf<sup>252</sup>

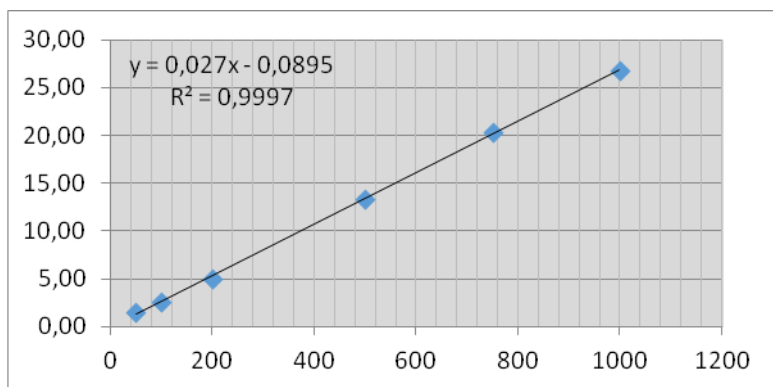
*Н.С. Маркин, С.И. Иванников*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

В современном мире все чаще возникают задачи контроля содержания урана низкой концентрации в растворах и в различных объектах окружающей среды. Рассмотренные задачи становятся легко решаемыми благодаря развитию методов нейтронно-активационного анализа (НАА) [1, 2]. Рассматриваемый метод характеризуется высокой точностью получаемых данных, отсутствием предварительной химической обработки проб и возможностью определения ультрамалых количеств урана в образцах (до 10<sup>-12</sup>% от общей массы образца) [3]. Нами производился активационный анализ урана с использованием ампульного источника на основе <sup>252</sup>Cf.

Спектрометрический комплекс, на котором производились исследования, выполнен на основе коаксиального германиевого детектора GC2018 производства компании «Canberra». Помимо детектора в состав спектрометрического комплекса входит блок обработки информации SBS-75 и предусилитель 2002CSL с охлаждаемым головным каскадом. Ядерная реакция, по которой проводилось определение урана:  $^{238}\text{U} + n \rightarrow ^{239}\text{U} + \gamma$ .

В результате проведенных измерений была получена градуировочная кривая, по которой были определены порог обнаружения и порог определения метода НАА (рис. 1). Получена зависимость аналитического сигнала от объема и плотности исследуемого образца. На основе проведенных исследований рассчитаны поправки на условия активации образцов.



*Рис. 1.* Зависимость интенсивности аналитического сигнала (y) от концентрации урана (x) в пробе объемом 15 мл, полученная методом НАА

В результате проведенных исследований нами была разработана методика по определению урана в водных растворах методом НАА с использованием ампульного источника  $^{252}\text{Cf}$ .

### Список литературы

1. И.Г.Тананаев, Уран:учебное пособие, М: НИЯУ МИФИ, 2011, С. 18-19.
2. И. Н. Бекман, Уран - учебное пособие, М: МГУ, Кафедра радиохимии, 2009.
3. И. Н. Бекман, *Ядерная физика - курс лекций*, М, МГУ, Кафедра радиохимии, 2010.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*

# ИСКРОВОЙ ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ SiC И SiC-HfV<sub>2</sub> КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

*А.Д. Номеровский, О.О. Шичалин, А.П. Завьялов,  
А.С. Портнягин, Е.К. Папынов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

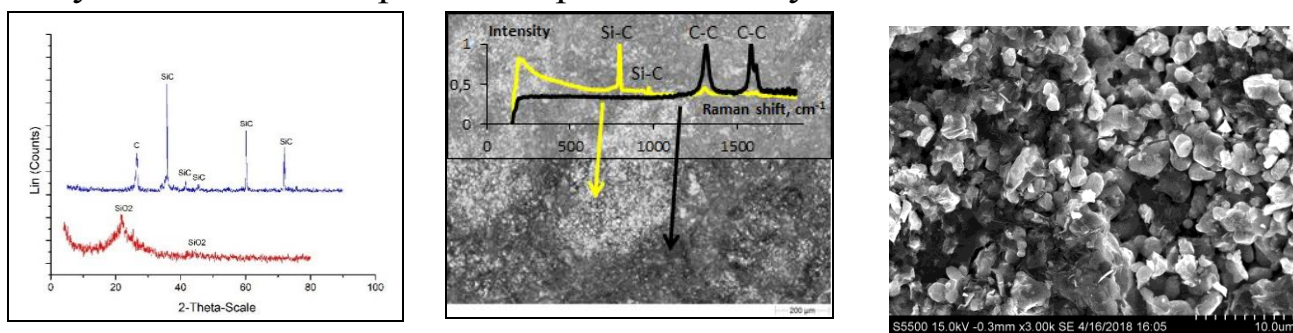
Керамика на основе карбида кремния (SiC) и его композитных форм занимает передовой интерес в производстве высокотемпературных керамических изделий (ВКИ), получение которых является сложным и высокочувствительным процессом. Решения, основанные на комплексном использовании инновационных технологий и природных компонентов в качестве сырьевой базы для производства керамической продукции, представляют перспективу для современной промышленности. Согласно этому, в работе исследована возможность использования рисовой шелухи (РШ) в качестве сырьевого источника SiO<sub>2</sub>-С для получения керамических SiC композитов, в том числе допированных высокотемпературной добавкой HfV<sub>2</sub>. Для формирования керамики указанного состава предложен способ реакционного синтеза по технологии искрового плазменного спекания (ИПС) согласно следующему химическому взаимодействию:  $\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{SiC} + 2\text{CO} (*)$ .

Из экспериментальных соотношений компонентов системы до и после спекания выявлено, что в условиях ИПС разогрева при 1800 °С и давлении прессования 25,4 МПа, реакция протекала по закону:  $\text{SiO}_2 + 3,694\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 0,718\text{C} + 1,952 \text{CO}\uparrow + 0,024 \text{CO}_2\uparrow$ , что приводило к росту избытка углерода в сравнении с (\*).

Глубина протекания реакционного взаимодействия оценена по элементному и фазовому составу (РФА), а также по рамановским спектрам и микроскопическим изображениям (РЭМ) поверхности полученных образцов керамики. В работе изучены физико-

механические характеристики получаемых керамических SiC образцов: прочность на сжатие 395,4 МПа, модуль Юнга 1426,3 МПа, плотность 2,5882 г/см<sup>3</sup>, объемная пористость в пределах 10 %. Показано, что предлагаемый подход является перспективным решением технологического синтеза керамических SiC материалов с требуемым набором характеристик и свойств.

На рисунке представлены дифрактограммы, рамановский спектр и РЭМ-изображение морфологии поверхности образца SiC керамики, полученной ИПС обработкой рисовой шелухи.



*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА

*П.Д. Пироговская, О.Д. Арефева*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Кремнефильные растения, такие как рис, овес, различные многолетние травы, а также хвойные представляют интерес как источник аморфного диоксида кремния. Согласно современным представлениям [1] поверхность твердых оксидов бифункциональна, поскольку представляет собой совокупность центров Бренстеда и Льюиса основного и кислотного типа. Цель настоящей работы – исследование кислотно-основного состояния поверхности образцов биогенного диоксида кремния, полученных из растительного сырья.

Объектом исследования были образцы аморфного диоксида кремния растительного происхождения, полученные из соломы риса (*Oryza sativa*) сортов дальневосточной селекции, созданных в ПримНИИСХ (Приморский край, п. Тимирязевский), из рисовой шелухи, отобранной в разных регионах, и из многолетних трав (хвощи, ковыль). Образцы аморфного диоксида кремния были получены по трем схемам [2]: 1) термическим обжигом сырья; 2) термическим обжигом сырья с предварительным выщелачиванием кислотой; 3) гидролизом сырья щелочью с последующим осаждением кислотой. В качестве образцов сравнения использовали аморфный диоксид кремния минерального происхождения: реактив «кремниевая кислота» (ГОСТ 4214-78) и коммерческий образец Полисорб МП. Все полученные образцы были исследованы методом рН-метрии и индикаторным методом Гаммета [3].

Методом рН-метрии было установлено, что при контакте образца с водой происходит резкое подщелачивание, равновесие

достигается за 100 с. Значения рН для 1 схемы варьируются от 9,6 до 11,3, для схемы 2 – от 4,3 до 8,8, для схеме 3 – около 10.

Методом Гаммета показано, что в основном в  $pK_a$  спектрах всех образцов, полученных по схеме 1, можно выделить четыре полосы, описывающие активные центры: бренстедовские кислотные ( $pK_a +0,9 \div 2,50$ ) и основные ( $pK_a +7,15$ ,  $pK_a +9,45 \div 10,0$ ) центры, а также кислотные льюисовские центры ( $pK_a +16,80$ ). У образцов, предварительно обработанных минеральной кислотой, все пики сохраняются, уменьшается только количество активных центров. В спектрах осажденных образцов (схема 3) можно выделить три полосы, описывающие активные центры: бренстедовские основные ( $pK_a +7,15$ ;  $+10$ ) центры, а также льюисовские кислотные центры ( $pK_a +16,8$ ).

Таким образом, анализ твердой поверхности образцов аморфного диоксида кремния показал наличие большого количества активных центров в широком диапазоне  $pK_a$ . Установлено, что кислотно-основные свойства зависят от вида сырья, схемы получения материалов, а также от количества примесных элементов.

### Список литературы

1. Танабе К. Твердые кислоты и основания. М.: Мир, 1973. 156 с.
2. Л.А. Земнухова, А.Г. Егоров, Г.А. Федорищева. *Неорганические материалы* 42, №1, С. 27-32, 2006.
3. Минакова Т.С. Адсорбционные процессы на поверхности твердых тел: учебное пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. 284 с.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0002.*



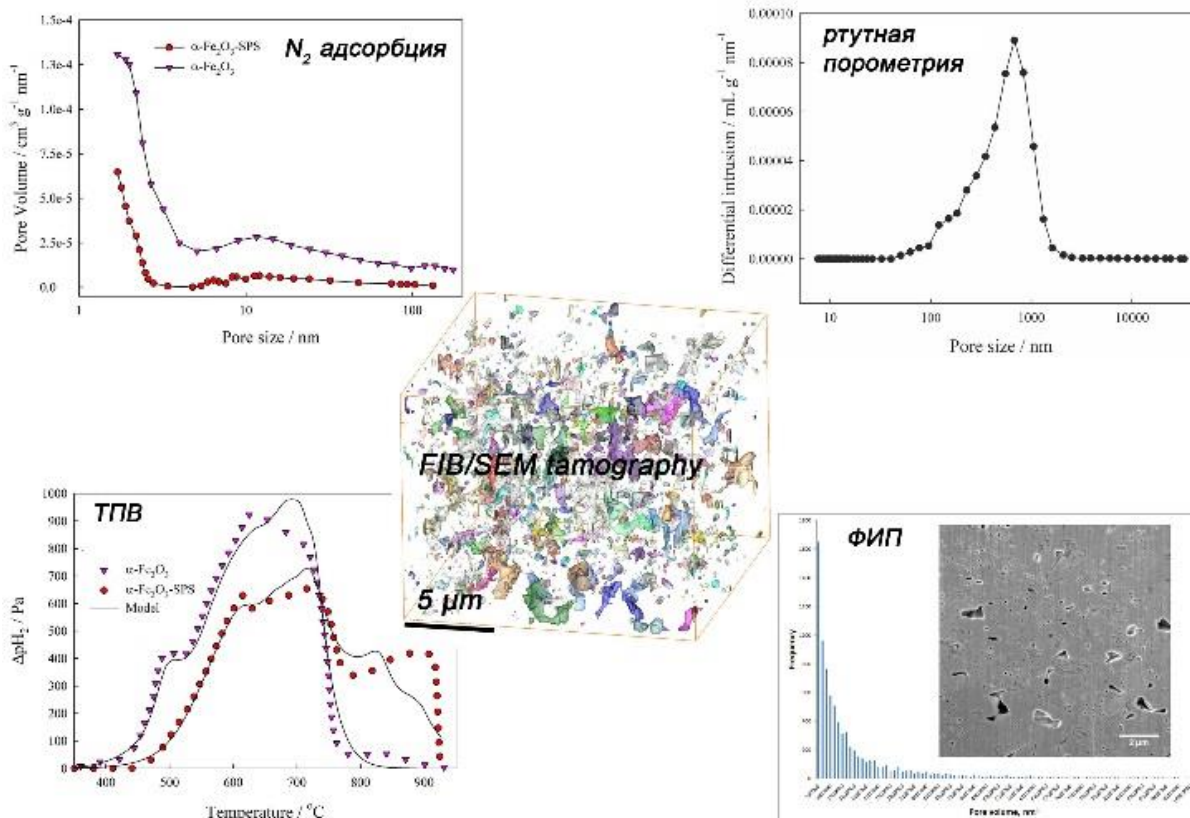
# **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ПОРИСТОСТИ ОКСИДНЫХ КЕРАМИК, ПОЛУЧАЕМЫХ ИСКРОВЫМ ПЛАЗМЕННЫМ СПЕКАНИЕМ**

*А.С. Портнягин, В.Ю. Майоров, Е.Б. Модин,*

*О.О. Шичалин, Е.К. Папынов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Перспективы технологии искрового плазменного спекания (ИПС) определяются высокоскоростной консолидацией ультрадисперсных систем в керамике с иерархической структурной организацией. Для таких объектов точное определение структурных характеристик осложнено несколькими типами пористости, размером и формой пор, а также структурными дефектами, что требует индивидуальных методов для их анализа. В работе представлен комплексный подход для изучения параметров структуры оксидной керамики на основе гематита, полученной методом ИПС. Методология включает комплекс газовых, интрузионных и микроскопических методов анализа для совокупной характеристики открытых и закрытых пор в объеме керамики. Для определения открытой микро- и мезо- пористости в диапазоне размеров пор 0,7-50 нм применяли метод низкотемпературной адсорбции азота с использованием теории БЭТ, ВЖН и t-plot методов. Дополнительно для оценки структурных особенностей консолидированной керамики проводили кинетический анализ температурно-программируемого восстановления (ТПВ). Объем макропор размером от 50 нм и более определяли методом ртутной порометрии. Учет вклада закрытых пор и структурных дефектов производили растровой электронной микроскопией (РЭМ) и методом ФИП/РЭМ томографии. Сравнением экспериментальных и расчетных данных показано, что учет вклада всех типов пор позволяет оценить пористость материала с высокой точностью.



На рисунке представлены результаты комплексного подхода по анализу структурной пористости ИПС керамики методами физадсорбции, ртутной порометрии, ТПВ, РЭМ, ФИП, ФИП/РЭМ томографии со структурной 3D визуализацией.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 17-73-20097).*

# КРИОГЕЛИ КАРБОКСИАЛКИЛХИТОЗАНОВ КАК УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Ю.О. Привар, А.Б. Слободюк, С.Ю. Братская*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Карбоксиалкилирование является одним из наиболее эффективных способов модификации хитозана, который позволяет регулировать сорбционные свойства материалов за счет возможности образования с ионами переходных металлов устойчивых хелатных циклов, размер которых определяется структурой карбоксиалкильного заместителя.

В данной работе предложен метод получения супермакропористых монолитных материалов (криогелей) на основе карбоксиэтилированных производных хитозана (КЭХ) с разной степенью замещения путем сшивки гексаметилендиизоцианатом при отрицательных температурах. Степень модификации сшивающим агентом полученных криогелей рассчитана по результатам элементного С,Н,Н-анализа. Показано, что оптимальная степень карбоксиалкилирования для получения механически прочных криогелей близка к 1.

Методом ЯМР  $^{13}\text{C}$  спектроскопии в твердом теле установлено, что сшивка КЭХ гексаметилендиизоцианатом идёт по аминогруппам.

Исследована морфология криогеля карбоксиэтилхитозана (КЭХ) методом криосканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Установлено, что криогели КЭХ проявляют свойства суперабсорбентов, обратимо поглощают до 50 г воды на 1 г сухого криогеля, обладают хорошими гидродинамическими свойствами и поддерживают скорость потока более 300 колоночных объемов в час. Криогели КЭХ показали высокую аффинность по отношению к ионам переходных металлов, их сорбционная ёмкость уменьшается с увеличением степени сшивки и достигает 1,3 ммоль/г и 1,0 ммоль/г

для Cu(II) и Co(II) ионов соответственно. Путем постмодификации криогелей КЭХ получены композитные монолитные сорбенты, содержащие ферроцианид кобальта для извлечения радионуклидов цезия с коэффициентом распределения 140 000 мл/г и сорбционной ёмкостью ~1 ммоль/г, которые могут применяться в бытовых фильтрах очистки питьевой воды на радиационно-загрязненных территориях. Показано, что криогели КЭХ можно использовать в качестве носителей палладиевого катализатора, скорость восстановления 4-нитрофенола на них в 10 раз выше, чем при использовании в качестве носителя гранул хитозана. Разработаны металл-хелатные сорбенты на основе криогелей карбоксиэтилхитозана с иммобилизованными ионами Cu(II) и Al(III) для извлечения антибиотика ципрофлоксацина из водных сред.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы ERA.Net RUS Plus (STProject-224).*

# **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСПО НЕФТИ ПИЛЬТУН-АСТОХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОБ ИХ ЭЛЕМЕНТНОМ СОСТАВЕ**

*Н.А. Прокуда, Н.В. Полякова, С.В. Суховерхов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в процессе добычи и транспорта нефти является достаточно серьезной проблемой, с которой сталкиваются нефтедобывающие предприятия. Основу АСПО составляют органические компоненты, но для выбора наиболее эффективного способа переработки/утилизации АСПО как отхода необходимо знать состав образующихся осадков, в том числе неорганических компонентов осадков. Большая часть металлов, содержащихся в нефти, концентрируется в смолисто-асфальтеновой части, а следовательно, может также накапливаться в АСПО.

В связи с высоким содержанием органических компонентов элементный состав образцов АСПО определяли в золе, для этого сжигали навески (50 г осадка) при температуре 600 °С. Зольность образцов АСПО из трубопроводов платформ ПА-А и ПА-Б составляет 0,024 и 0,027 %, соответственно. Элементный состав золы образцов отложений определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с полным отражением (РФА ПВО, TXRF) на приборе TXRF 8030С (FEI Company, Германия). Источник излучения – рентгеновская трубка с вольфрамовым (W) анодом, время измерения 500 с, внутренний стандарт – раствор иттрия концентрацией 50 мкг/г золы, подложка из кварцевого стекла. Расчет концентраций элементов проводился по методу внутреннего стандарта программным комплексом Oxford, встроенным в ПО спектрометра.

Образцы АСПО отличаются по составу. Зола АСПО, образующихся в трубопроводе платформы ПА-А, содержит

следующие элементы (в порядке убывания их содержания): Fe>S>Ca>Ni>V>Ti>K>Ba>Zn>Mn>Zr>Mo>Sr>Cu>Cr>Ag>Sn>Rb. В золе АСПО из трубопровода с платформы ПА-Б распределение элементов выглядит следующим образом: Fe>S>Ca>Ni>V>Mn>K>Cu>Ba>Cr>Ti>Mo>Sr>Zn>Rb>Zr>Sn>Ag.

Для обоих образцов золы отмечается относительно высокое содержание железа, серы, кальция, а также никеля и ванадия. Была проведена оценка степени опасности АСПО как отхода на основании данных о составе токсичных органических компонентов, а также данных элементного анализа. Определен 3 класс опасности, позволяющий отнести образующиеся в процессе добычи нефти АСПО к умеренно опасным отходам, при этом элементный состав не оказывает значительного влияния на суммарное значение степени опасности компонентов отхода. В связи с тем, что термические методы являются одними из наиболее часто используемых способов утилизации нефтесодержащих отходов, данные о составе золы, образующейся при сжигании АСПО, также могут быть использованы для оценки опасности для окружающей среды самой золы в качестве вторично образующегося отхода. По результатам расчета для золы, образующейся при сжигании отложений, также был установлен 3 класс опасности, при этом оценка проводилась на основании данных о токсичности элементов, входящих в состав золы.

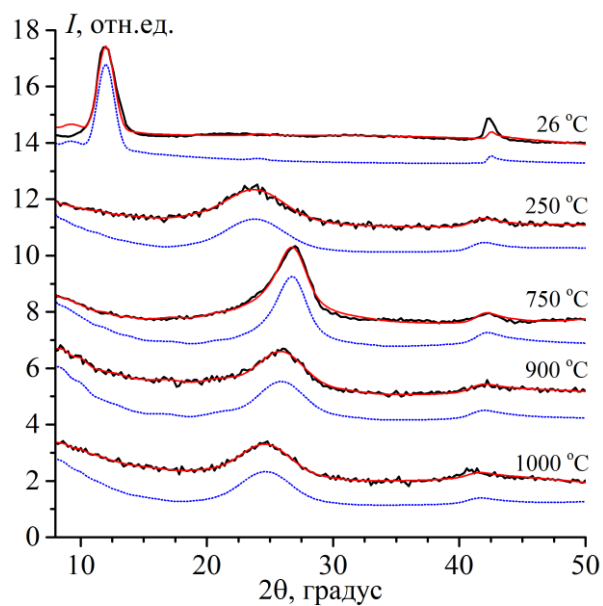
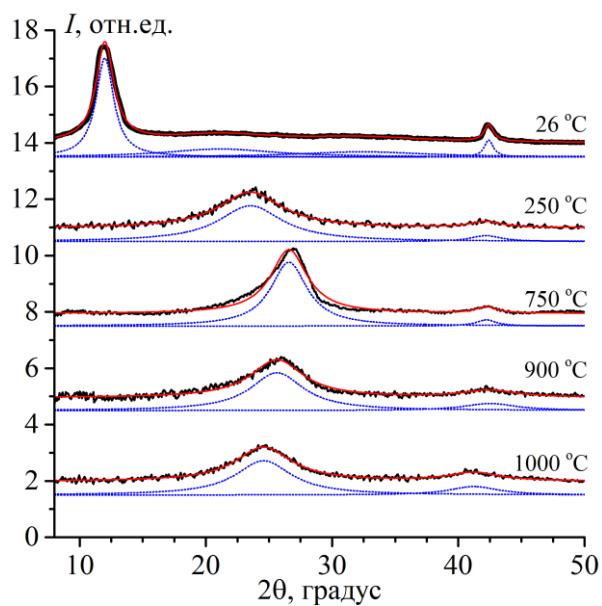
*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0002.*

# МОТИВЫ СТРОЕНИЯ ОКСИДА ГРАФЕНА И ЕГО ТЕРМИЧЕСКИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ

Н.С. Саенко, А.М. Зиятдинов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Структура и свойства оксида графена (ОГ) и его производных чувствительны к методам синтеза и восстановления [1]. Изученные в работе пленочные структуры ОГ были приготовлены по модифицированной методике Хаммерса [2]. Целью данной работы было изучение морфологии и строения пленок ОГ, а также их изменений при термическом восстановлении пленок. Для получения данных о строении наноразмерных образующих пленок и мотивах их упаковки в слоях были использованы традиционный и полнопрофильный методы анализа данных рентгеновской дифракции. При традиционном подходе профиль рентгеновской дифракции исходной пленки ОГ и его термически восстановленных образцов после вычета фона были успешно аппроксимированы соответственно четырьмя и двумя компонентами лоренцевой формы (рисунок слева). По аналогии с активированными углеродными материалами узкие компоненты были отнесены к отражениям (002) и (10). Полнопрофильная аппроксимация экспериментальных данных проводилась набором теоретических профилей порошков различных модельных нанографитов, рассчитанных с использованием формулы Дебая и приближения Уоррена-Боденштейна для интенсивности дифракции в структурах с турбостратной упаковкой (рисунок справа). Обсуждаются достоинства и недостатки различных подходов к анализу профилей рентгеновской дифракции ОГ и его восстановленных образцов.



### Список литературы

1. R. K. Singh, R. Kumar, D. P. Singh. *RSC Advances* 6 (69), p. 64993–65011, 2016.
2. W.S. Hummers, R.E. Offeman. *J. Amer. Chem. Soc.* 80, p. 1339, 1958.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*



## ЛЕГИРОВАННЫЙ ЦИРКОНИЕМ И ФТОРОМ ДИОКСИД ТИТАНА ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА

*А.А. Соколов<sup>1,2</sup>, Д.П. Опра<sup>1</sup>, С.В. Гнеденков<sup>1</sup>, С.Л. Синебрюхов<sup>1</sup>, А.Б. Подгорбунский<sup>1</sup>, Е.И. Войт<sup>1</sup>, А.Ю. Устинов<sup>1,2</sup>, В.В. Железнов<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

*<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет,  
Суханова, 8, Владивосток 690091, Россия*

Диоксид титана в модификации анатаз представляет широкий интерес как анодный материал для литий-ионных аккумуляторов (ЛИА), функционирующих при отрицательных температурах и в условиях ускоренного заряда, вследствие повышенного потенциала (1,5–1,8 В) относительно металлического лития. Однако, медленная диффузия ионов лития ( $10^{-15}$  см<sup>2</sup>/с) и низкая электропроводность ( $10^{-12}$  См/см) ограничивают использование TiO<sub>2</sub>. Вместе с тем, допирование диоксида титана путем совместного катионного (Fe<sup>3+</sup>, Mo<sup>6+</sup>, Nb<sup>5+</sup>) и анионного (F<sup>-</sup>, N<sup>-</sup>, S<sup>-</sup>) замещения в узлах Ti<sup>4+</sup> и O<sup>2-</sup> является перспективным способом повышения его характеристик.

В настоящей работе в качестве анодного материала ЛИА исследован твердый раствор Ti<sub>0,97</sub>Zr<sub>0,03</sub>O<sub>1,98</sub>F<sub>0,02</sub> на основе допированного совместно ионами Zr<sup>4+</sup> и F<sup>-</sup> диоксида титана, синтезированный в условиях темплатного золь-гель метода.

С использованием электрохимической импедансной спектроскопии обнаружено, что допирование диоксида титана ионами Zr<sup>4+</sup> и F<sup>-</sup> приводит к перераспределению заряда в решетке TiO<sub>2</sub> и генерации Ti<sup>3+</sup>, и, как следствие, повышению электропроводности. В частности, проводимость Ti<sub>0,97</sub>Zr<sub>0,03</sub>O<sub>1,98</sub>F<sub>0,02</sub> составила  $1,7 \cdot 10^{-9}$  См/см, что значительно выше, чем у Ti<sub>0,97</sub>Zr<sub>0,03</sub>O<sub>2</sub> ( $8,7 \cdot 10^{-12}$  См/см) и недопированного TiO<sub>2</sub> ( $7,36 \cdot 10^{-13}$  См/см).

В ходе циклирования в диапазоне потенциалов 1–3 В при плотности тока 335 мА/г (1С) установлено, что обратимая емкость

$\text{TiO}_2$ , допированного совместно  $\text{Zr}^{4+}$  и  $\text{F}^-$ , составила 163 мА·ч/г после 35 циклов заряда/разряда, в то время как емкость диоксида титана, допированного лишь  $\text{Zr}^{4+}$ , не превышала 34 мА·ч/г. Помимо того,  $\text{Ti}_{0,97}\text{Zr}_{0,03}\text{O}_{1,96}\text{F}_{0,02}$  сохраняет емкость около 138 мА·ч/г даже в условиях токовой нагрузки равной 5С.

Таким образом, по результатам исследования установлено, что совместное допирование  $\text{TiO}_2$  ионами циркония и фтора положительно влияет на обратимость электрохимического процесса, в том числе, в условиях ускоренного заряда.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-33-00345).*

# МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ СЛОЁВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ МА8

*С.Н. Сучков, К.В. Надараиа, Д.В. Машталяр*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Магний и его сплавы обладают такими важными для многих областей промышленности свойствами, как низкая удельная плотность и высокая прочность, а также легкость в обработке [1]. Однако низкая износостойкость магния и его сплавов существенно сужает область применения данного материала. В связи с этим на сегодняшний день остро стоит проблема защиты магния и сплавов на его основе от износа.

Для защиты сплава Mg от износа в данной работе использовался один из наиболее эффективных методов формирования защитных покрытий – плазменное электролитическое оксидирование (ПЭО) [1, 2]. Суть метода заключается в формировании на поверхности металла гетерооксидного защитного слоя, имеющего развитую морфологию, подходящую для импрегнирования полимерных веществ, способных выполнять роль сухой смазки, тем самым увеличивая износостойкость покрытия. Таким образом, можно получать композиционные покрытия (КП), обладающие еще более высокими показателями износостойкости, чем базовые ПЭО-слои [2]. В качестве материала, входящего в состав композиционного покрытия, в работе был выбран ультрадисперсный политетрафторэтилен, обладающий антифрикционными свойствами и, как следствие, высокой износостойкостью [2].

Результаты проведенных исследований указывают на существенное снижение износа магниевого сплава после формирования на его поверхности композиционных полимерсодержащих слоёв. Установлено, что ПЭО-покрытия на

поверхности магниевого сплава снижают величину износа в два раза в сравнении с материалом без покрытия. Формирование композиционных покрытий позволяет снизить износ на 3 порядка в сравнении с материалом без покрытия, а также придает поверхности антифрикционные свойства, таким образом, существенно увеличивая износостойкость изделия из магниевого сплава.

### Список литературы

1. С.В. Гнеденков, С.Л. Синебрюхов, В.И. Сергиенко. Композиционные многофункциональные покрытия на металлах и сплавах, формируемые плазменным электролитическим оксидированием. Владивосток: Дальнаука, 2013. 460 с.
2. S.V. Gnedenkoy, S.L. Sinebryukhov, D.V. Mashtalyar, K.V. Nadaraia, A.S. Gnedenkoy, V.M. Bouzник. *Corros. Sci.* 111, p. 175–185, 2016.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*

# **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОРЫВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОД В НЕФТЕСОДЕРЖАЩИЙ ПЛАСТ**

*И.С. Трухин*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Основным методом добычи нефти в настоящее время является метод вытеснения нефти закачиваемой в пласт водой. Состав закачиваемых и пластовых вод может сильно отличаться и при смешивании приводит к резкому изменению физико-химического равновесия в пласте, способствуя осаждению труднорастворимых солей, препятствующих движению нефти, как в пласте, так и нефтепромысловом оборудовании. Обнаружение прорыва закачиваемой воды в нефтесодержащий пласт позволяет своевременно предпринять меры по ограничению водопритоков. Существуют различные методы диагностики поступления посторонних вод в пласт, большинство из них основаны на контроле изменения обводненности пластовой продукции. В данной работе показана возможность применения метода кластерного анализа, основанного на физико-химических параметрах попутно добываемых и закачиваемых вод на примере различных технологических участков платформы ПА-А Пильтун-Астохского нефтегазового месторождения. В ходе проведенной иерархической кластеризации методом Варда (рис. 1) было установлено, что исследуемые образцы воды разделяются на три различных кластера, среди которых, помимо закачиваемой и попутно добываемой воды, можно четко выделить отдельный промежуточный кластер. Методом к-средних, были проанализированы особенности химического состава каждого из трех кластеров (рис. 2). Показано, что средние значения общей минерализации, содержания сульфатов, гидрокарбонатов и магния

отдельного кластера 2 находятся в промежуточной области, что, вероятно, является результатом попадания морской воды в пластовую. На основании результатов анализа обоими методами в отдельный кластер были отнесены все образцы воды из скважины № 2, что достоверно подтверждает отличие состава данных вод и указывает на вероятное просачивание технологических вод в данном участке.

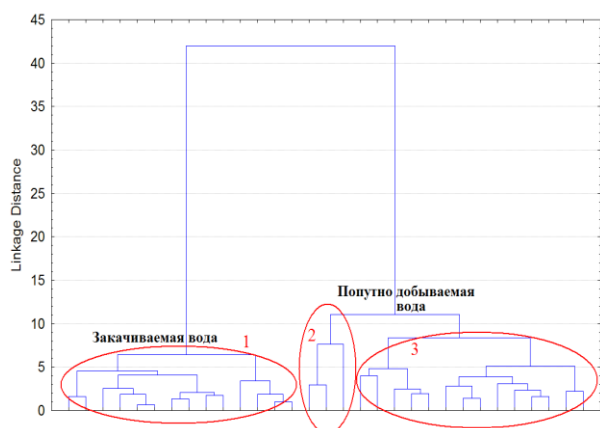


Рис. 1. Дендрограмма образцов воды, полученная в результате физико-химической иерархической кластеризации

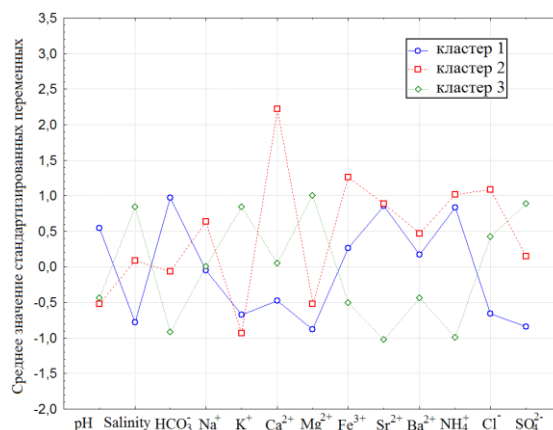


Рис. 2. График средних значений каждого кластера

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0002.

**МЕТАЛЛОХЕЛАТНЫЕ СОРБЕНТЫ  
НА ОСНОВЕ КАРБОКСИАЛКИЛХИТОЗАНОВ  
ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФТОРХИНОЛОНОВ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД**

*Д.А. Шашура<sup>1,2</sup>, Ю.О. Привар<sup>2</sup>, С.Ю. Братская<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет,  
Суханова, 8, Владивосток 690091, Россия*

Неконтролируемое поступление антибиотиков в окружающую среду со стоками фармацевтических производств, больниц, животноводческих и птицеводческих хозяйств рассматривается в последнее время как серьезная опасность для здоровья человека. В связи с низкой эффективностью муниципальных очистных сооружениях по отношению ко многим классам антибиотиков, актуальность представляет поиск новых решений, обеспечивающих эффективную доочистку питьевой воды от антибиотиков.

В данной работе исследованы возможности извлечения одних из самых распространенных антибиотиков фторхинолонового ряда – ципрофлоксацина, пефлоксацина, левофлоксацина с применением металл-аффинных сорбентов на основе криогелей карбоксиэтилхитозана. Гранулированные материалы были получены на основе коммерчески доступного карбоксиалкилхитозана сшивкой гексаметилендиизоцианатом и насыщены ионами Al(III), Cu(II), Ni(II), Zn(II). Сорбция фторхинолонов на полученных металл-аффинных сорбентах исследована в зависимости от pH и содержания металла в полимерной матрице. Экспериментально установили оптимальное значение pH, при котором степень эффективности извлечения достигает более 90%, при этом выяснили, что для каждого антибиотика константы устойчивости комплексов с

металлами совпадают с эффективностью сорбции металло-аффинными сорбентами в соответствии с рядом  $Al^{3+} > Cu^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+}$ .

Показано, что при извлечении фторхинолонов десорбция металла с поверхности металл-аффинного сорбента незначительна: ионы металлов в очищенном растворе либо не обнаруживаются, либо их концентрация не превышает ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 18-33-00335 мол\_а.*



# ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МЕХАНО- И ХЕМОСЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЕВРОПИЯ(III) И ТЕРБИЯ(III)

*А.С. Шишов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Одним из важнейших направлений развития современных технологий является поиск новых «смарт» материалов. За последнее время возрос интерес к соединениям, чьи оптические, электрические или магнитные свойства чувствительны к различным внешним воздействиям. В докладе представлены данные о триболоминесцентных и хемосенсорных свойствах комплексных соединений Eu(III) и Tb(III).

Высокочувствительные лантанидные триболоминесцентные сенсоры перспективны для мониторинга величины и месторасположения микротрещин в критических объектах (самолеты, автомобили, дамбы, мосты, топливные баки космических аппаратов и т.д.). На примере комплексных соединений Tb(III) описан возможный механизм формирования триболоминесцентных свойств в лантанидных комплексах, выявлена ключевая роль плоскостей спайности, введены понятия зоны и ширины зоны деструкции в кристалле при механическом воздействии. Границы и ширина такой зоны естественно определяются поверхностями, проходящими через центральные атомы лантаноидов молекулярных комплексов, на которых при механическом воздействии происходит ионизация зарядонесущих лигандов. В рамках предложенной модели появление нескомпенсированного заряда на поверхностях скола и электрическое поле, возникающее между заряженными поверхностями скола в кристалле, генерируют электроны, которые возбуждают триплетные уровни лиганда. Затем, в результате внутримолекулярного переноса

энергии от возбужденных уровней лигандов на резонансный уровень лантанидного иона возбуждается триболоминесценция [1].

Полученные нами оптические хемосенсорные композиции на основе комплексных соединений Eu(III) перспективны для мониторинга окружающей среды и для применения их в персонализированной медицине. Обнаружены селективные хемосенсорные свойства у ряда хелатов Eu(III). В качестве люминесцентных хемосенсоров (субстратов) исследованы  $\beta$ -дикетонаты Eu(III): трис-добензоилметанат и трис-бензоилацетонат. В роли аналитов выступали газообразные аммиак и ряд аминов [2]. Методами стационарной и кинетической люминесцентной спектроскопии показано, что взаимодействие гидратов  $\beta$ -дикетонатов Eu(III) с парами аналитов приводит к заметному увеличению интенсивности люминесценции и времени жизни возбужденного состояния Eu(III) (люминесцентный хемосенсорный отклик). Предложен механизм оптического отклика, связанный с взаимодействием молекул аналита с молекулой воды в координационной сфере Eu(III) и блокированием процесса тушения люминесценции.

### Список литературы

1. B. V. Bukvetskii, A. G. Mirochnik, A. S. Shishov, *Journal of Luminescence*, v. 195, p. 44 - 48, 2018.
2. A. G. Mirochnik, N. V. Petrochenkova, A. S. Shishov, B. V. Bukvetskii, T. B. Emelina, A. A. Sergeev, S. S. Voznesenskii. *Spectrochimica Acta A*, v. 155. p. 111 – 115, 2016.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*

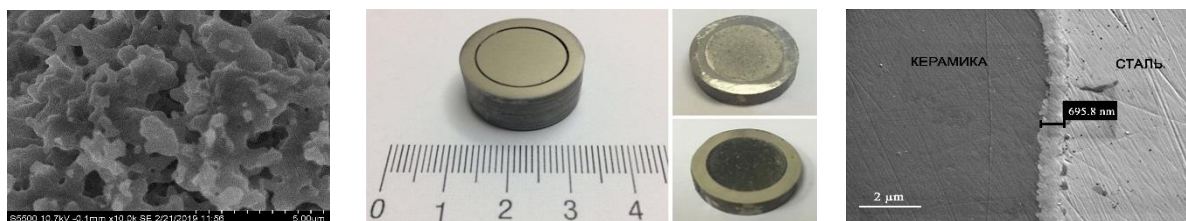
# СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛЮМОСИЛИКАТА ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОЦЕЗИЯ

*О.О. Шичалин, А.А. Белов, Ю.А. Азарова,  
В.О. Главинская, Е.К. Папынов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Твердотельные матрицы на основе керамики и стеклокерамики перспективны для иммобилизации радионуклидов в случае отверждения радиоактивных отходов, а также при изготовлении матриц-носителей радионуклидов для радиоизотопной промышленности. Качество матриц регламентируется жесткими требованиями радиационной безопасности и достигается за счет новых технологий синтеза. В работе проведена оценка возможностей технологии искрового плазменного спекания (ИПС) для создания плотных керамических матриц на основе синтетического цеолита (по типу NaA), обеспечивающих надежную иммобилизацию радиоцезия. Отработан гидротермальный способ синтеза мелкодисперсного цеолита с различной степенью кристалличности из алюмосиликатного раствора при различных температурах и времени выдержки. Проведены дилатометрические исследования кинетики уплотнения синтетического цеолита, содержащего адсорбированный имитатор радиоцезия, в зависимости от режимов ИПС. Выявлены температурные условия фазовых трансформаций синтетического цеолита в керамику на основе поллуцита ( $\text{CsAlSi}_2\text{O}_6$ ) с применением РФА и твердотельного  $^{133}\text{Cs}$  MAS ЯМР, а также изучены его структурные характеристики. Определена гидrolитическая устойчивость полученных матриц по отношению к диффузионной миграции имитатора радиоцезия в раствор. Описаны оптимальные

режимы ИПС консолидации синтетического цеолита для получения матриц высокой плотности (~98,5–99,8 % от теор.) и механической прочности при сжатии (~732 МПа), содержащих 24.3 масс. % цезия, с низкими скоростями его выщелачивания ( $<10^{-6}$ – $10^{-7}$  г/см<sup>2</sup>·сут). Разработан способ получения недиспергируемых матриц в виде активных зон в конструкции источника ионизирующего излучения (ИИИ), содержащих цезий.



На рисунке представлены (слева направо) микроструктура синтетического цеолита, фотоснимки конструкции ИИИ и керамических матриц (поперечные срезы) в его объеме, полученных по технологии ИПС при 900 и 1000 °С, а также РЭМ-изображение границы контакта керамики и стали данного изделия.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 17-73-20097).*

# ФОРМИРОВАНИЕ АЭРОГЕЛЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ИХ МОДИФИКАЦИЯ СИЛИКАТАМИ

*О.Н. Хлебников<sup>1</sup>, А.Р. Шелофаст<sup>1,2</sup>*

*<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

*<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет,  
ул. Суханова, 8, Владивосток 690091, Россия*

Целлюлоза, как матрица, обладает большим потенциалом для получения различных неорганических покрытий. Это объясняется наличием на поверхности большого числа гидроксильных групп, высокой пористостью и иерархичной структурой [1]. Металлы и их оксиды могут легко формировать покрытия на этих группах, а их структурная организация определяется матрицей. Несмотря на то, что волокна целлюлозы имеют высокую механическую прочность, ее аэрогели не сохраняют свою форму и легко деформируются при смачивании или погружении в водный раствор. В результате высыхания влажного целлюлозного аэрогеля образуется плотная комковатая масса [2-4]. Помимо этого, материалы во влажном состоянии быстро биodeградируют, что резко сокращает срок их использования. Получение стабильных целлюлозных аэрогелей представляет одну из важных проблем в современном материаловедении, которой посвящено большое количество публикаций.

Целью данной работы является получение стабильных целлюлозных аэрогелей [5, 6], модификация их различными силикатными прекурсорами, изучение их морфологии, определение удельной поверхности, краевых углов, ИК спектров, а также влияния состава на их свойства.

В ходе исследования было установлено, что сохранение формы аэрогелем происходит за счет формирования сетчатой структуры из

микрофибрил целлюлозы. Оптимальный диапазон концентрации для покрытий из метасиликата натрия составляет 0,1 – 0,3 %. Разработан подход получения материалов с заданной гидрофобностью. Такие аэрогели перспективны в качестве тепло- и звукоизолирующих материалов, а также в качестве сорбентов нефти и масел.

### Список литературы

1. D. Klemm, B. Heublein, H. P. Fink and A. Bohn. *Angew. Chem. Int. Ed.* 44, p. 3358, 2005.
2. S. S. Kistler, *J. Phys. Chem.*, 36, p. 52, 1931.
3. A. Demilecamps, C. Beauger, C. Hildenbrand, A. Rigacci and T. Budtova. *Carbohydrate Polymers* 122, p. 293-300, 2015.
4. M. Aegerter, N. Leventis, M. Koebel. *Aerogels Handbook*, p. 173-191, 2011.
5. O.Khlebnikov, V. Silantev, Y Shchipunov. *Mendeleev Commun.* 28, №2, p. 214-215, 2018.
6. I. Postnova, O.Khlebnikov, V. Silantev, Y Shchipunov. *Pure Appl. Chem.* 90, №11, p. 1755-1771, 2018.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0003.*

# ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ, ДОПИРОВАННЫХ ХЕЛАТАМИ БОРА, ОТ ПРИРОДЫ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ

*А.А. Хребтов, И.С. Павлов, П.С. Нефедов*

*Дальневосточный федеральный университет,  
ул. Суханова, 8, Владивосток 690091, Россия*

Ранее нами были исследованы полимерные композиции на основе полистирола (ПС), допированного смесью дибензоилметаната дифторида бора ( $\text{DBMBF}_2$ ) и антраценоилацетоната дифторида бора ( $\text{AntAcBF}_2$ ), которые характеризуются наличием сенсibilизированной люминесценции [1] и могут быть использованы для изготовления люминесцентного солнечного концентратора (ЛСК). На эффективность ЛСК значительное влияние также оказывает матрица. К ней прилагаются такие требования как удовлетворительная растворимость люминофора, фотостабильность в течение длительного периода времени, низкий коэффициент поглощения в очень широком диапазоне, которым наиболее соответствуют ПС, полиметилметакрилат (ПММА), поликарбонат (ПК). В данной работе исследовано поведение полимерных композиций на основе ПС, ПК и ПММА, допированных  $\text{DBMBF}_2$  и  $\text{AntAcBF}_2$ .

Композиция на основе ПС отличается от ПС и ПК большим квантовым выходом, большей интенсивностью полосы люминесценции  $\text{AntAcBF}_2$ . На рис. 1 представлен спектр люминесценции  $\text{DBMBF}_2$  в ПС (1), который bathochromно сдвинут относительно спектра  $\text{DBMBF}_2$  в ПК (2) и ПММА (3) и соответствует эмиссии эксиплексов  $\text{DBMBF}_2$  с ПС, что способствует лучшему перекрыванию с полосой возбуждения люминесценции  $\text{AntAcBF}_2$  (4).

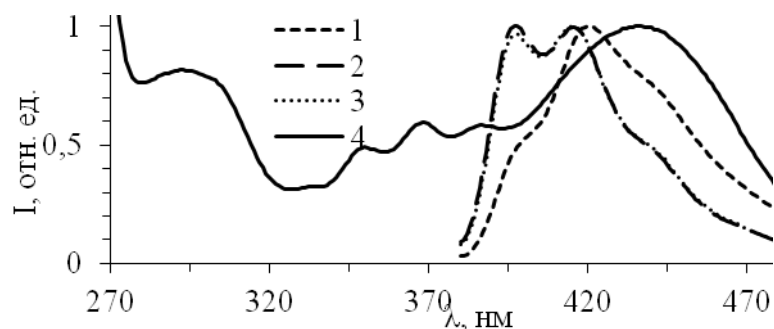


Рис. 1. Спектры люминесценции ПС (1), ПК (2) и ПММА (3) плёнок, допированных 0,2 % DBMBF<sub>2</sub> ( $\lambda_{\text{возб}} = 365$  нм), возбуждения люминесценции пленки ПС (4), допированной 0,2 % AntAcBF<sub>2</sub> ( $\lambda_{\text{рег}} = 500$  нм)

Таким образом, выявлена роль ПС в повышении эффективности передачи энергии от донора (DBMBF<sub>2</sub>) к акцептору (AntAcBF<sub>2</sub>), которая связана, во-первых, с преимущественной эмиссией эксиплексов, характеризующейся большей интенсивностью по сравнению с мономерной люминесценцией, и с меньшей потерей энергии за счёт самопоглощения DBMBF<sub>2</sub>; во-вторых, с лучшим перекрыванием полос люминесценции DBMBF<sub>2</sub> и возбуждения люминесценции AntAcBF<sub>2</sub>. Данные эффекты приводят к большей интенсивности люминесценции ПС композиции, допированной смесью люминофоров, по сравнению с ПК и ПММА матрицами и делают ее лучшим кандидатом для создания ЛСК.

### Список литературы

1. А. А. Хребтов, Е. В. Федоренко, Л. А. Лим, В. А. Реутов. *Оптика и спектроскопия* 124, №1, с. 71-74, 2018.



# **КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА БЫВШИХ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА 19**

*В.С. Филонина, К.В. Надараиа, Д.В. Машталяр*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии  
наук, проспект 100-летия Владивостока, 159,  
Владивосток 690022, Россия*

Известно, что, несмотря на наличие у титана и его сплавов высокой удельной прочности и коррозионной стойкости, существует проблема использования титана в узлах трения. Явление контактного схватывания, ярко проявляющееся в крепежных конструкциях из Ti сплавов, приводит к заклиниванию механизма и, как следствие, к его разрушению [1]. Одним из возможных способов защиты титана, титановых сплавов является формирование на их поверхности покрытий методом термического оксидирования (ТО) [2]. Однако энергоемкость, высокий процент дефектности и брака, а также отсутствие возможности повторного оксидирования и восстановления покрытия на деталях, бывших в эксплуатации, делают применение метода ТО нецелесообразными в условиях современного производства [1]. Необходимо найти способ альтернативного восстановления защитных свойств покрытий на изделиях из титанового сплава, бывших в эксплуатации.

В качестве метода восстановления целостности поверхности изделий в данной работе был выбран метод плазменного электролитического оксидирования (ПЭО), являющийся в настоящее время одним из наиболее перспективных для формирования защитных покрытий. Поверхностные слои, полученные методом ПЭО, обладают рядом практически значимых характеристик: высокой коррозионной стойкостью, твердостью и износостойкостью в сочетании с хорошей адгезией к подложке, а также низкими

требованиями к предварительной подготовке поверхности [1]. Вышеперечисленные особенности ПЭО делают его подходящей альтернативой термическому окислению.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что поврежденный защитный слой на изделиях из титанового сплава 19 может быть полностью восстановлен при помощи ПЭО. С целью улучшения защитных свойств на сформированное базовое ПЭО-покрытие был нанесён ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ) из специально приготовленной суспензии. В результате были получены композиционные покрытия (КП) с однородной морфологией поверхности. Установлено, что внедрение в состав ПЭО-слоя частиц УПТФЭ снижает износ покрытия на 2 порядка в сравнении с базовым ПЭО-покрытием, а также придает поверхности антифрикционные свойства за счет собственного низкого коэффициента трения УПТФЭ.

#### Список литературы

1. D.V. Mashtalyar, S.V. Gnedenkov, S.L. Sinebryukhov, K.V. Nadaraia. *Non-ferrous Metals* 42, p. 8–11, 2017.
2. РД 5 Р.95066-90. Термическое оксидирование (антифрикционное и защитное) деталей из сплавов типа ПТ-3В. Типовой технологический процесс (посл. изм. № 1 от 29.12.1998).

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН, тема № 265-2019-0001.*

Научное издание

**XI Научная сессия-конкурс молодых ученых  
Института химии ДВО РАН**

*20–23 мая 2019 г., Владивосток*

Сборник трудов

Подписано в печать 22.04.2019 г.  
Формат 60×84 / 16. Усл. печ. л. 3,84.  
Тираж 500 экз. (1-й завод 1–77) Заказ 04-30.

Дальневосточный федеральный университет  
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

Отпечатано в Дальневосточном федеральном университете  
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8  
(Типография Издательства ДВФУ,  
690091, г. Владивосток, ул. Пушкинская, 10)