



XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД
ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

В 7 ТОМАХ

ТОМ 6

7 — 12.10.2024

Федеральная территория «Сириус»



XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ

*Посвящённый 190-летию Д.И. Менделеева
и 300-летию основания Российской академии наук*

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

Том 6

Сборник тезисов в 7 томах

7 –12 октября, 2024
Федеральная территория «Сириус», Россия

УДК 54+66
ББК 24+35
М501

М501 XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 7-12 октября, 2024, Федеральная территория «Сириус», Россия. Сборник тезисов докладов в 7 томах. Том 6. — М.: ООО «Адмирал Принт», 2024. — 364 с. — ISBN 978-5-00202-670-8 (т. 6)

ISBN 978-5-00202-664-7

В сборнике представлены материалы XXII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, которая проходит с привлечением ведущих экспертов на должном международном уровне.

Тезисы докладов представлены в авторской редакции.

Для широкого круга электрохимиков, химиков, физиков, экологов, инженеров, специалистов научно-исследовательских групп, организаций, аспирантов и студентов.

ISBN 978-5-00202-670-8 (т. 6)
ISBN 978-5-00202-664-7

© Авторы научных статей, 2024
© ООО «Адмирал Принт», 2024

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ



Красников Г.Я.

Президент Российской академии наук,
Академик РАН



Фальков В.Н.

Министр науки
и высшего образования
РФ



Шмелева Е.В

Председатель Совета
федеральной территории
«Сириус», Руководитель
Образовательного Фонда
«Талант и успех»



Цивадзе А.Ю.

Президент РХО имени
Д.И. Менделеева,
Академик РАН

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

Алдошин С.М.

Академик РАН, Вице-президент РАН

Анаников В.П.

Академик РАН, Заместитель академика-секретаря ОХНМ РАН

Белецкая И.П.

Академик РАН

Бухтияров В.И.

Академик РАН

Васильева Т.В.

Советник Министра просвещения Российской Федерации на общественных началах

Горбунова Ю.Г.

Академик РАН, Вице-президент РХО им. Д.И. Менделеева, Заместитель академика-секретаря ОХНМ РАН, ученый секретарь Съезда

Григорович К.В.

Академик РАН, Заместитель академика-секретаря ОХНМ РАН

Егоров М.П.

Академик РАН,
Академик – секретарь ОХНМ РАН

Золотов Ю.А.

Академик РАН, Вице-президент РХО им. Д.И. Менделеева

Иванов В.П.

Президент Российского союза химиков

Каблов Е.Н.

Академик РАН, Заместитель Президента РАН

Калмыков С.Н.

Академик РАН, Вице-президент РАН, заместитель сопредседателей

Ковальчук М.В.

Член-корреспондент РАН, Президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Кропачев Н.М.

Член-корреспондент РАН, Ректор Санкт-Петербургского государственного университета

Кузнецов Н.Т.

Академик РАН

Кукушкин В.Ю.

Академик РАН, Вице-президент РХО им. Д.И. Менделеева, Заместитель академика-секретаря ОХНМ РАН

Леонтьев Л.И.

Академик РАН

Литвиненко В.С.

Ректор Санкт-Петербургского горного университета

Лысак В.И.

Академик РАН

Максимов А.Л.

Член-корреспондент РАН

Милёхин Ю.М.

Академик РАН, Заместитель академика-секретаря ОХНМ РАН

Мухомеджан Ф.Р.

Директор фонда «Искусство, наука и спорт»

Мясоедов Б.Ф.

Академик РАН

Минкин В.И.

Академик РАН

Новаков И.А.

Академик РАН

Орыщенко А.С.

Член-корреспондент РАН

Панкин А.А.

Заместитель министра иностранных дел РФ

Панченко В.Я.

Академик РАН, вице-президент Российской академии наук

Пармон В.Н.

Академик РАН, вице-президент Российской академии наук, председатель Сибирского отделения РАН

Ремпель А.А.

Академик РАН

Рудской А.И.

Академик РАН, Председатель Санкт-Петербургского отделения РАН

Русанов А.И.

Академик РАН, Вице-президент РХО им. Д.И. Менделеева

Рыбников М.К.

Генеральный директор ПАО «ФосАгро»

Садовничий В.А.

Академик РАН, Ректор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Секиринский Д.С.

Заместитель Министра науки и высшего образования Российской Федерации, заместитель сопредседателей

Сергиенко В.И.

Академик РАН

Синяшин О.Г.

Академик РАН, Заместитель академика-секретаря ОХНМ РАН

Сорокин П.Ю.

Заместитель министра энергетики Российской Федерации

Тарасова Н.П. Член-корреспондент РАН,

Вице-президент РХО им. Д.И. Менделеева

Тетенькин Д.Д.

Заместитель министра природных ресурсов и экологии РФ

Трубников Г.В.

Академик РАН

Чарушин В.Н.

Академик РАН

Шевченко В.Я.

Академик РАН

Юрин М.Н.

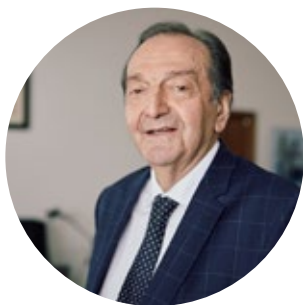
Заместитель министра промышленности и торговли РФ



ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ



Цивадзе А.Ю.

Президент РХО имени
Д.И. Менделеева,
Академик РАН



Горбунова Ю.Г.

Академик РАН

ЧЛЕНЫ ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА

Алдошин С.М.

Академик РАН

Анаников В.П.

Академик РАН

Антипов Е.В.

Чл.-корр. РАН

Бачурин С.О.

Академик РАН

Донцова О.А.

Академик РАН

Бухтияров В.И.

Академик РАН

Егоров М.П.

Академик РАН

Ерёменко И.Л.

Академик РАН

Золотов Ю.А.

Академик РАН

Иванов В.К.

Чл.-корр. РАН

Калмыков С.Н.

Академик РАН

Леонтьев Л.И.

Академик РАН

Лысак В.И.

Академик РАН

Музафаров А.М.

Академик РАН

Мясоедов Б.Ф.

Академик РАН

Пономаренко С. А.

Чл.-корр. РАН

Трифонов А.А.

Чл.-корр. РАН

Хохлов А.Р.

Академик РАН

Чарушин В.Н.

Академик РАН



МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ



Панченко В.Я.

Вице-президент РАН,
Академик РАН



Цивадзе Н.А.

ЧЛЕНЫ МЕЖДУНАРОДНОГО КОМИТЕТА

Нифантьев Н.Э.

Член-корреспондент РАН (Россия)

Тарасова Н.П.

Член-корреспондент РАН (Россия)

Трифонов А.А.

Член-корреспондент РАН (Россия)

Сагонян А.С.

Академик НАН Республики Армения
(Армения)

Журинов М.Ж.

Академик НАН Республики Казахстан
(Казахстан)

Четто Крамиш А.М.

Мексика

Ньюконг Т.

Южная Африка

Коронадо Е.

Испания

Мёллер М.

Германия

Ганеш К.

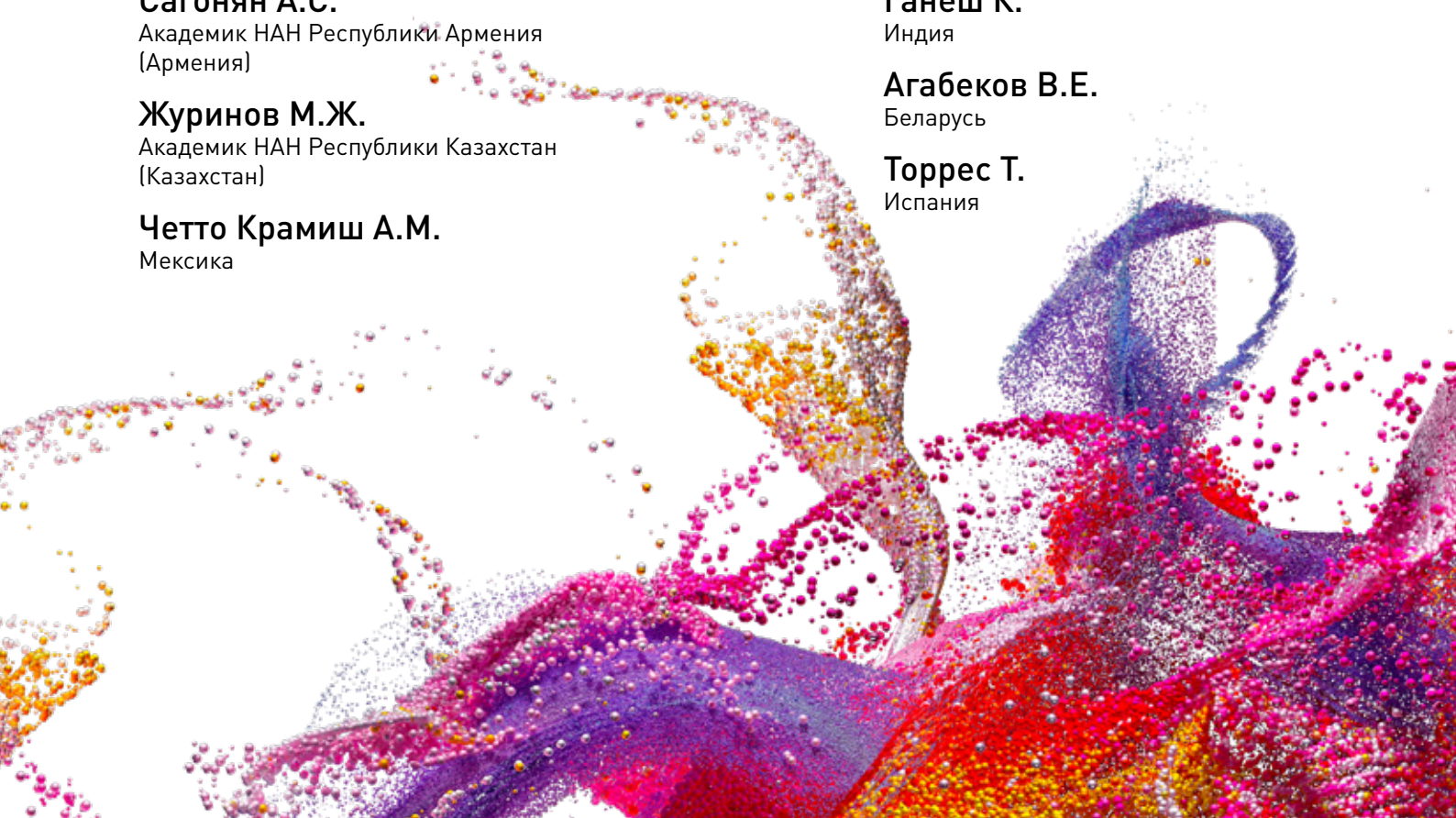
Индия

Агабеков В.Е.

Беларусь

Торрес Т.

Испания



ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ

ОРГАНИЗАТОРЫ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ
ТЕРРИТОРИЯ
«СИРИУС»



XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД ПРОВОДИТСЯ
ПОД ЭГИДОЙ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА ПО
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ
(IUPAC)



КЛЮЧЕВОЙ ПАРТНЕР



ИСКУССТВО
НАУКА И СПОРТ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ЗОЛОТОЙ СПОНСОР



БРОНЗОВЫЕ СПОНСОРЫ



РУСАТОМ
МЕТАЛЛТЕХ
РОСАТОМ



НАУКА
И ИННОВАЦИИ
РОСАТОМ



ГИРЕДМЕТ
РОСАТОМ

СПОНСОРЫ И УЧАСТНИКИ



АКСЕЛЬФАРМ



A90B.COM



ЭЛТЕМИКС
ELTEMIKS



ЭКСПОНЕНТЫ



СПОНСОР



ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



СОДЕРЖАНИЕ

ЗАОЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

СЕКЦИЯ 1	
Фундаментальные основы химической науки	11
СЕКЦИЯ 2	
Химия и технология материалов	84
СЕКЦИЯ 3	
Физико-химические основы металлургических процессов	237
СЕКЦИЯ 4	
Ресурсосбережение, экологическая безопасность и химико-технологические процессы в экономике замкнутого цикла	264
СЕКЦИЯ 5	
Химия ископаемого и возобновляемого углеводородного сырья	347

An abstract visualization of a complex molecular structure, possibly a protein or a large molecule, rendered in a dark blue and purple color scheme. The structure is composed of numerous small, glowing spheres (atoms) connected by lines, forming a dense, interconnected network. The overall shape is irregular and complex, with many protrusions and recesses. The background is a deep, dark blue, making the glowing structure stand out.

СЕКЦИЯ 1

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ СОРБЦИЯ ИОНОВ Cr(VI) ХЕЛАТООБРАЗУЮЩИМИ ИОНИТАМИ

Годжаева А.Е., Мамедова Ф.С., Аббасов А.Д.

^{1,3}Нахчыванский Государственный Университет, AZ 7012, г.Нахчыван, Университетский городок;
e-mail: elieddinabbasov@ndu.edu.az

²Институт природных ресурсов Госагентства Азербайджанской Республики по науке
и высшего образования, AZ 7000, г.Нахчыван, проспект Гейдара Алиева, 35

Изучены закономерности сорбции Cr(VI)-ионов из растворов бихромата калия хелатообразующими ионитами бис-пиколиламинными (АМП) и иминодиуксусными (Amberlite IRC 748) функциональными группами, вычислены соответствующие параметры. Зависимость сорбционной емкости обеих ионитов по ионам хрома(VI) от pH раствора имеет экстремальный характер с максимумом при pH 5-6. С увеличением pH растворов от 2,5 до 5-6 сорбционная емкость ионитов по ионам хрома повышается, достигая максимального значения 236 мгCr/г(АМП) и 186,4 мгCr/г(Amberlite IRC 748). Сорбция обеими ионитами характеризуется выпуклой изотермой, что говорит об предпочтительной сорбции Cr(VI) на анионитах в OH⁻, Cl⁻-и Na⁺-формах. АМП в OH⁻-форме сорбирует хрома (VI) меньше, чем в хлоридной. Аналогичная картина наблюдается при сорбции с Amberlite IRC 748. Na-форма предпочтительнее сорбирует ионы Cr(VI), чем H⁺-форма. Известно, что поглощение хрома может происходить на ионитах как по классическому механизму, так и в результате редокс-реакции, причем хром (VI) восстанавливается до хрома (V) и далее до хрома(III). Возможно, аналогичный процесс происходит и на этих ионитах. Повышенная сорбционная способность изученных ионитов по ионам хрома(VI) объясняется, вероятно тем, что наряду с ионным обменом происходит и комплексообразование, благодаря наличию в их структуре атомов азота и кислорода с неподеленными парами электронов за счет донорно-акцепторного взаимодействия. При десорбции хрома с анионита АМП 1-1,25н раствором NaOH наблюдается частичное разрушение и резкое изменение цвета анионита. Сорбция ионов Cr(VI) обеими ионитами в определенной области концентраций описываются уравнениями Лэнгмюра, Фрейндлиха и Темкина, которые были предложены. Определены равновесные и кинетические параметры процессов, на основе этих данных вычислены термодинамические величины. Показано, что с выделением тепла и уменьшением энтропии, избирательность системы управляется энтальпийным фактором.

СОРБЦИЯ ИОНОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ СИЛЬНЫМ И СЛАБЫМ ИОНИТАМИ

Годжаева А.Э.¹, Мамедова Ф.С.², Аббасов А.Д.³

^{1,3}Нахчыванский государственный университет, AZ 7012, город Нахчыван, Университетский городок;
 e-mail: elieddinabbasov@ndu.edu.az

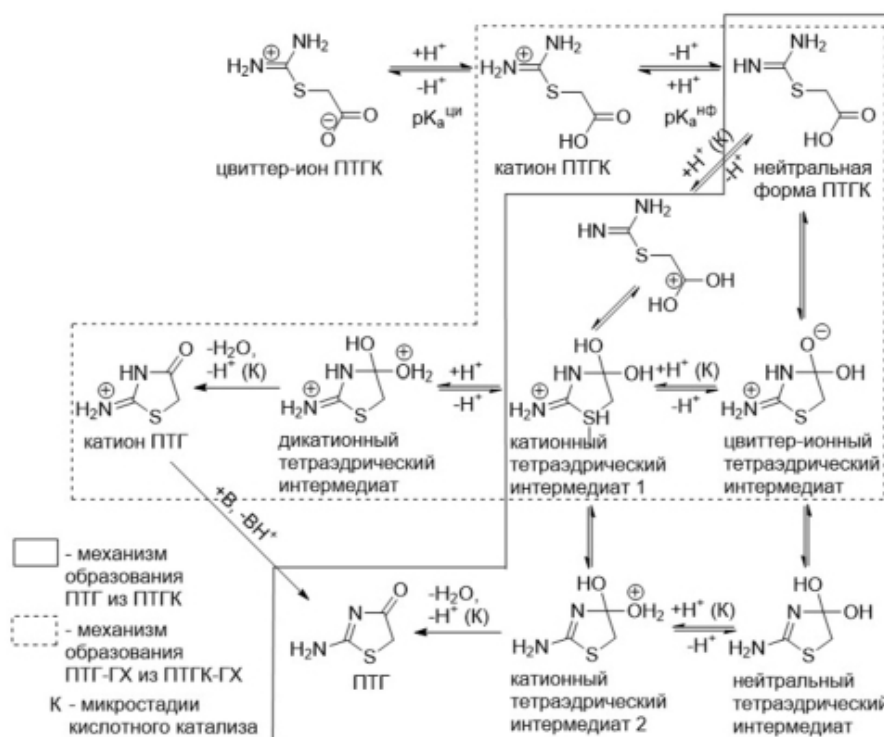
²Институт Природных Ресурсов Госагентства науки и образования Азербайджанской Республики,
 AZ 7000, город Нахчыван, проспект Гейдара Алиева, 35

Изучены состояние равновесия и кинетика сорбции ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} катионитами Diaion PK 208 ($-\text{SO}_2\text{OH}$) и Diaion WK100 ($-\text{COOH}$). Построены изотермы сорбции и предложены соответствующие уравнения. Рассчитаны кинетические и термодинамические параметры и отмечено, что тепловыделение и снижение энтропии управляются энтальпийным фактором. Сорбенты характеризуются соответственно 1,2 мэкв/мл, 4,3 мэкв/г и 2,8 мэкв/мл, 9,0 мэкв/г—соответственно. Изотермы сорбции ионов металлов снимались в интервале 0,25-2,50 г Me^{2+} /L методом переменных концентраций, а для математической обработки изотерм сорбции использовались сорбционные модели Ленгмюра, Фрейндлиха и Темкина. Предложены уравнения с определенными отклонениями во всех случаях и формулы, соответствующие уравнению изотерм Ленгмюра. Хотя во всех случаях селективность значительно выше в низких концентрациях, она резко падает с увеличением мольной доли в фазе сорбента ионов. Во всех случаях значения коэффициентов диффузии Cu^{2+} были выше значений для других ионов. Линейная зависимость F от $t^{1/2}$ в интервале значений $F=0,4-0,42$, увеличение скорости процессов после прерывания, что объясняется «кинетической памятью», а также характеристика Био-критериев по $\text{Bi} > 50$ значений подтверждают, что в пределах выбранных концентраций ($\sim 1 \text{ гMe}^{2+}/\text{л}$) процессы находятся под контролем внутренней диффузии. С использованием предэкспоненциальных множителей были рассчитаны значения энтропии активации по уравнению Р.Баррера: $D_0 = d^2(\text{ekT}/h)\exp(\Delta S^*/R): \text{ekT}/h = 1,69 \cdot 10^{13} \text{ сек}^{-1}$, $d = 0,5 \text{ нм}$. Рассчитанные значения энтропии активации во всех случаях имеют отрицательные значения. Экспериментальные данные подтверждают тенденцию снижения энтропии с увеличением селективности сорбции в изученных системах. Во всех изучаемых процессах с тепловыделением и уменьшением энтропии селективность контролируется энтальпийным фактором. Наименьшие значения расчетной энергии активации и других термодинамических параметров получены в системе Cu^{2+} - Diaion WK 100.

Андреева В.В., Рамш С.М.

Предложенные ранее механизмы циклизации псевдотиогидантоино-вой кислоты (ПТГК) в псевдотиогидантоин (ПТГ) и ее гидрохлорида (ПТГК-ГХ) в псевдотиогидантоина гидрохлорид (ПТГ-ГХ)^{1,2} не полны и не вполне точны. Представлены детальные механизмы циклизации, согласующиеся с экспериментальными данными.

В ПТГ циклизуется только минорная² нейтральная форма ПТГК. ПТГК-ГХ циклизуется в ПТГ-ГХ также через эту форму.



1. Лазарев Д.Б., Рамш С.М., Иваненко А.Г. Журн. общ. химии, 2000, **70**, 475.
2. Kavalek J., Bahaie S.E., Sterba V. Collect. Czech. Chem. Commun., 1980, **45**, 263.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (FSEN-2023-0002).

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА РЕАКЦИЮ НУКЛЕОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ АТОМА ХЛОРА В АРОМАТИЧЕСКОМ РЯДУ

Анпёнова Е.П., Протасов Н.Н., Долгих Я.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
 125047, Россия, Москва, Миусская площадь, 9
 e-mail: e.anpenova@yandex.ru*

Была изучена реакция нуклеофильного замещения атома хлора в 2,4-динитрохлорбензоле на аминокислотный остаток с получением 2,4-динитро-N-ацетиланилина.

Подход к выбору растворителя для проведения реакции нуклеофильного замещения определяется его способностью уменьшать свободную энергию активированного комплекса. Уменьшение свободной энергии обусловлено изменением полярности связей, повлиять на которое можно выбором растворителя на основе таких параметров как донорное число (ДЧ) и акцепторное число (АЧ), предложенных школой Гутмана¹. Полусумма этих чисел отражает реальную картину взаимодействия растворителя с частично отрицательным ядром молекулы в переходном состоянии и частично положительным атомом азота в алифатической части молекулы.

В процессе исследования были выявлены следующие закономерности протекания реакции в зависимости от $(ДЧ+АЧ)/2$ используемых растворителей (таблица 1).

Растворитель	ДЧ	АЧ	$(ДЧ+АЧ)/2$	Время начала выделения HCl, мин	Выход продукта, %
Этиловый спирт	19.2	37.1	28.15	4	>80
ДМФА	26.6	16.0	21.3	6	>80
Ацетонитрил	14.1	18.9	16.5	10	>80
1,4-Диоксан	14.8	10.8	12.8	12	<80, >50
Бутиловый эфир	19.2	3.9	11.5	13	<50
ТГФ	20.0	8.0	14.0	14	<50

Таблица 1. Влияние растворителя на реакцию нуклеофильного замещения атома хлора в 2,4-динитрохлорбензоле на аминокислотный остаток

Полученные данные свидетельствуют о селективной стабилизации переходного состояния с увеличением донорной-акцепторной силы растворителя за счет образования или локализации отрицательного заряда.

Литература

1. Gutmann V. The Donor-Acceptor Approach to Molecular teractions. – New York: PlenumPress, 1978.

АНОДНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ СПЛАВОВ Pb-Ag-Sb В РАПЛАВЕ KCl-PbCl₂

Архипов П.А., Халимуллина Ю.Р., Зайков Ю.П., Архипов С.П.

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

В основе технологий разделения сплавов в расплавленных хлоридных системах лежит знание механизмов процессов, протекающих на металлических электродах. В работе изучены анодные процессы на жидкометаллической поверхности тройных сплавов Pb-Ag-Sb с целью определения последовательности растворения свинца, серебра и сурьмы из сплава в хлоридный расплав KCl-PbCl₂.

Анодное растворение сплавов Pb-Ag-Sb изучили методом отключения тока из стационарного состояния в гальваностатическом режиме, используя гальваностат-потенциостат Avtolab 302N (Holland). Поляризацию измеряли в момент выключения тока, амплитуда импульсов постоянного тока составляла от 0.001 до 1 А, время поляризации 7-8 секунд.

По анализу зависимостей поляризационных кривых индивидуальных металлов и их сплавов сделан вывод о диффузионном характере анодного процесса жидких металлических сплавов в расплаве KCl-PbCl₂ (50-50 мол. %). Механизм растворения может быть следующим. При малых отклонениях потенциала от равновесных значений происходит растворение металлического свинца по реакции:



Увеличение анодной поляризации обусловлено дефицитом свинца в диффузионном слое со стороны сплава, возникающем из-за недостаточной скорости доставки электроотрицательного компонента сплава Pb-Ag-Sb в зону реакции из объема сплава. В результате происходит возрастание содержания сурьмы и серебра на границе металлический сплав – солевой расплав. Величина потенциала анода сдвигается в положительную сторону, что создает условия, при которых возможно растворение сурьмы по реакции:



Увеличение анодной поляризации обусловлено дефицитом сурьмы в диффузионном слое со стороны сплава. Возрастает содержание серебра на границе металлический сплав – солевой расплав. Значение потенциала анода сдвигается в положительную сторону, что приводит к растворению серебра:



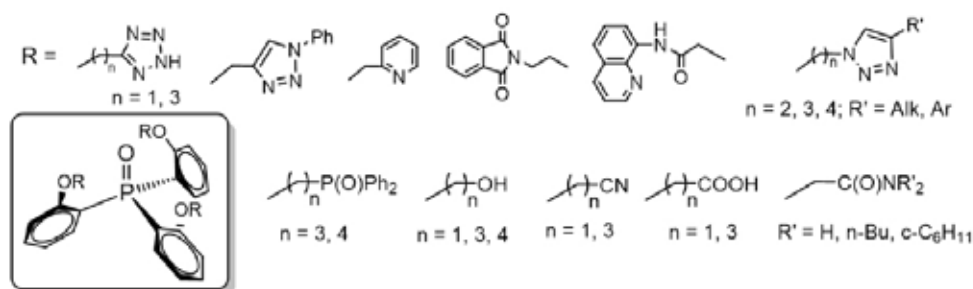
Полученные данные по поляризации сплавов показывают, что эффективное удаление свинца из сплавов возможно даже при потенциалах, достаточно близких к потенциалу выделения электроположительного компонента. В лабораторных условиях проведено апробирование технологии электрохимического разделения свинца от сурьмы и серебра.

ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЕ ТРИАРИЛФОСФИНОКСИДЫ

**Баулина Т.В., Кудрявцев И.Ю., Быховская О.В., Матвеева А.Г.,
 Пасечник М.П., Вологжанина А.В., Матвеев С.В., Брель В.К.**

Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,
 ул. Вавилова, 28, Москва, 119991 Россия
 e-mail: zaq@ineos.ac.ru

Синтезированы новые триподальные фосфиноксиды модифицированные функциональными группами, перспективные как O,N - лиганды для *d*- и *f*-элементов. Получены их комплексы с лантанидами и актинидами. Изучена структура лигандов и их комплексов в твердом виде и в растворе.



Изучены экстракционные свойства лигандов по отношению к *d*- и *f*-элементам. Изучена биологическая активность, флуоресцентные свойства некоторых комплексов полученных фосфиноксидов.

Литература

1. Baulina T.V., Kudryavtsev I.Yu., Pasechnik M.P., Matveeva A.G., Vologzhanina A.V., Dorovatovskii P.V., Brel V.K. *Russ. J. Gen. Chem.*, 2023, **93**, Suppl. 1, S262.
2. Matveeva A.G., Bykhovskaya O.V., Pasechnik M.P., Vologzhanina A.V., Aysin R.R., Matveev S.V., Godovikov I.A., Kudryavtsev I.Y., Baulina T.V., Brel V.K. *Mendeleev Commun.*, 2022, 32, 588-590.
3. Baulina T.V., Pasechnik M.P., Kudryavtsev I.Yu., Bykhovskaya O.V., Sukat G.Ya., Smol'yakov A.F., Anikina L.V., Brel V.K. *J. Mol. Struct.*, 2020, 1217, 128324.
4. Kudryavtsev I.Yu., Bykhovskaya O.V., Matveeva A.G., Baulina T.V., Pasechnik M.P., Matveev S.V., Vologzhanina A.V., Turanov A.N., Karandashev V.K., Brel V.K. *Monats. Chem.*, 151, 1705-1713.
5. Matveeva A.G., Kudryavtsev I.Yu., Pasechnik M.P., Vologzhanina A.V., Baulina T.V., Vavina A.V., Sukat G.Ya., Matveev S.V., Godovikov I.A., Turanov A.N., Karandashev V.K., Brel V.K. *Polyhedron*, 2018, 142, 71-82.
6. Baulina T.V., Kudryavtsev I.Yu., Smolyakov A.F., Pasechnik M.P., Brel V.K. *Heteroatom Chem.*, 2018, e21454.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 20–13–00329, с использованием научного оборудования Центра исследования строения молекул ИХЭОС РАН.

ЦИТРАТНЫЕ И КСИЛО-ТРИОКСИГЛУТАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГАДОЛИНИЯ(III)

Иванова В.Ю.,^а Безрядин С.Г.,^б Чевела В.В.,^а Курякова Т.А.^б

^аКазанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, Казань, улица Кремлевская, 29/1

^бРГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 119991, Москва, Ленинский проспект, 65, e-mail:
sergbezryadin@mail.ru

Изучение полиядерных комплексов гадолиния(III) с полифункциональными α -оксикислотами имеет самостоятельный научный интерес и представляет определенную ценность с биохимической точки зрения. Нами получены новые сведения о комплексообразовании гадолиния(III) с триоксиглутаровой и лимонной кислотами.¹

Отработана методика синтеза триоксиглутаровой кислоты из D-ксилозы, позволяющая получить целевой продукт, пригодный для исследования комплексообразования. Введены дополнительные стадии очистки триоксиглутаровой кислоты, которые заключаются в промывании диэтиловым эфиром и ацетоном, а также в применении ионного обмена для удаления следов соединений кальция.

Совместным применением методов рН-метрии, протонной магнитной релаксации и математического моделирования изучено комплексообразование в системах гадолиний(III)—лимонная кислота и гадолиний(III)—ксило-триоксиглутаровая кислота.

Выявлены общие закономерности комплексообразования. В обеих системах протекают процессы образования полиядерных комплексов, начиная с кислой области рН, которые доминируют практически во всем изученном диапазоне рН. Впервые обнаружены биядерные *бис*- $\text{Gd}_2(\text{HCit})_2^0$ и $\text{Gd}_2\text{Cit}_2^{2-}$ и гексаядерные *гексакис*- $\text{Gd}_6(\text{OH})_2\text{Cit}_6^{8-}$ и $\text{Gd}_6(\text{OH})_3\text{Cit}_6^{9-}$ цитратные комплексы гадолиния(III), образование которых можно считать типичным для систем M^{3+} (Al^{3+} , Ga^{3+} , In^{3+}) — лимонная кислота. В системе гадолиний(III)—ксило-триоксиглутаровая кислота впервые выявлены полиядерные комплексные соединения состава $\text{Gd}_2(\text{H}_3\text{Thgl})(\text{H}_2\text{Thgl})^+$, $\text{Gd}_4\text{HxThgl}_4$ и $\text{Gd}_4\text{HxThgl}_8$. Образование смешаннолигандных гидроксо—триоксиглутаратных комплексов не было обнаружено, что может быть связано с большим числом донорных групп.

Литература

1. Ivanova V.Y., Shurygin I.D., Chevela V.V., Ajsuvakova O.P., Semenov V.E., Bezryadin S.G. *Comments on Inorganic Chemistry*, 2022, **42**, 109.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ АНИОНА МЕТИОНИНА НА ПЛАТИНЕ

Бобринская Е.В., Введенский А.В., Воронина О.С., Зяблова К.С.

*Воронежский государственный университет, 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1;
e-mail: elena173.68@mail.ru*

Установление зависимости между природой металлического электрода, структурной изомерией и числом функциональных групп в молекулах органических веществ и их адсорбционным и электрохимическим поведением необходима для выявления механизма электродных процессов с участием органических веществ и их влияния на скорость других процессов на межфазной границе металл|электролит. Таким образом цель настоящей работы – установление кинетических закономерностей электроокисления аниона метионина на Pt(Pt)-электроде.

Закономерности анодного процесса устанавливали с использованием метода линейной вольтамперометрии, вращающегося дискового электрода, а также дополняли кулонометрическими измерениями с последующим спектрофотометрическим определением концентрации аминокислоты в растворе. Рабочий электрод платинированная платиновая сетка, фоновый электролит 0,1М раствор NaOH, в который до опыта вводили определенную aliquоту раствора аминокислоты.

Установлено, процесс анодного окисления аниона метионина на Pt(Pt)-электроде протекает в области потенциалов адсорбции кислорода, чему соответствует максимум тока. Факт электроокисления при соответствующем потенциале максимума подтвержден кулонометрически. Определено, что в процессе электроокисления участвуют два электрона, а основной продукт анодного процесса – метионинсульфоксид.

Количественную обработку результатов проводили в рамках теории линейной вольтамперометрии для гетерогенной Red-Ox реакции, не осложненной жидкофазной диффузией, не сопровождаемой недиссоциативной заместительной коадсорбцией реагента и продукта[1]. Установлено, что лимитирующей стадией анодного процесса является стадия переноса заряда, протекающая из адсорбированного состояния, причем адсорбированной формой является собственно анион метионина. Скорость анодной реакции определяется скоростью «отрыва» первого электрона, а процесс электроокисления является кинетически необратимым.

Литература

1.Введенский А.В., Бобринская Е.В., Карташова Т.В. Конденсированные среды и межфазные границы. 2006. Т.8, № 4. С. 264-272.

ВЫЯВЛЕНИЕ Т-ФАКТОРОВ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ Nu-ЧАСТИЦ

Букаев Ю.В.

*Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, 121357, Москва, улица Вересаева 15,
e-mail: istinayubukayev@yandex.ru*

Описан новый угол зрения на стабильный (S) и радионуклид (R), важны следствия¹⁻³. В основе модели (M) – ограничение (L) времени наблюдения (t_L) за R-ядрами (\tilde{N}) элемента (Э), замена ядрами-эквивалентами (NE) ядер \tilde{N} , не распавшихся за данное t_L . Распада NE у R нет и за $t > t_L$: природа NE иная. О пользе таких M и теорий – вывод проф. М. Бунге^{2,с.38}. Из описания выпадут лишь R с особо малыми $T_{1/2}$: Э не выпадут. Для простых R-частиц (A) в камере есть наглядный процесс (П) с L в $t=t_2$: $t_0=0$ – начало ионизации A^0 потоком и автовыключение его источника, t_1 – начало рекомбинации $A^{++}e^-$, t_2 – её конец и автозапуск новой химстадии. При $t=t_2$ сумма A в П – $s_0=s_1+s_{1-2}+\Delta s$: s_1 : – с \tilde{N} , распавшимися за t_1 , s_{1-2} – за $(t_1;t_2]$, в Δs распада нет за t_2 . Потому A в s_1, s_{1-2} – с \tilde{N} , а в Δs – с их NE. При $t < t_0$ это точный прогноз П. Большим k параллельных П «набирается статистика»: $s_0=s_{0,1}+...+s_{0,k}$, и т.д.

\tilde{N} и его NE – коллективы p^+, n^0 . Их заряды равны² $Q=Z+q$, где Z – общий заряд «реальных R-» (RR) p^+ коллектива (они могут обрести изменённый коллектив (ИК) или превратиться), q – «эквивалентных R-» (ER) p^+ его (не могут ни то, ни другое). Все p^+ у ядра \tilde{N} – RR: $q=0, Q=Z$. У его NE – ER: $Z=0, Q=q$. Далее, у одних R (где $T_{1/2}$ малы) при $t=t_2$ $s_1+s_{1-2}>0$. Так, m($A^{25}N$) – из A с \tilde{N} ($Q=Z=7$), A с NE ($Q=7, Z=0$). A в s_1+s_{1-2} – из атомов азота, A в Δs – из Nu(-a) – атомов нульбеккерелия ($Z=0$ – признак, а Nu – символ Э с 0 Бк): у Nu-a, выделенных так из ^{25}N , электроны и химия (ЭХ) азота, у Nu-a из ^{30}F ЭХ фтора, и т.д. Позиции (Nu-п) Nu, выделенного из ^{25}N , – в гр.15, в периодах 1-7. Nu-п в ПС младшие^{1,3}. У прочих R ($T_{1/2}$ не малы): $s_1+s_{1-2}\approx 0$. И их A в Δs состоят из Nu. Nu – изо всех Э с учётом Т-факторов ($t_L, T_{1/2}$ у R).

Формула $Q=Z+q$ верна и для S: его «реальные S-» p^+ не обретают ИК, не превращаются, «эквивалентных» p^+ нет, $q=0, Q=Z$. NE и Nu нет. Далее, раз Nu из R – и в пустые ячейки ПС_{IUPAC}, то в её П-зоне² [$Z=1; Z=56$]: $G_{(pas. groups in a period)}=Z+D_{(pas. rel. positions)}-18N_{(group rep. pas.)}$. Новаторство признали профессора Степанов Н.Ф.(МГУ)¹, Фунтиков В.А.(БФУ)⁴, Cid Ugalde J.P.(USaCh) и др.

Литература

1. Букаев Ю.В. Элементы: новые закономерности. Коррекция, математизация закона Менделеева, ПС, критериев. Новый вид закона Содди. – М.: ИМГРЭ, 2019. – 60с.
2. Букаев Ю.В. Элементы: новые закономерности. Коррекция, математизация закона Менделеева, ПС, критериев. Развитие. – М.: НИТУ «МИСиС», 2019. – 52с.
3. Букаев Ю.В. 4-я Международная конференция по Периодической Системе «Менделеев-150», поддержанная ИЮПАК, 2019, Санкт-Петербург, 13.
4. Фунтиков В.А. Вестник БФУ им. И.Канта. Сер. Естеств. и мед. науки, 2022, 4, 81.

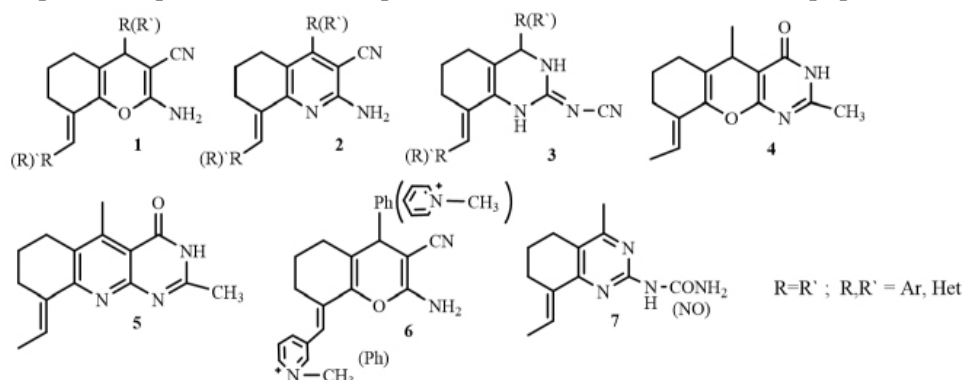
МЕТОДОЛОГИЯ «ЗЕЛеной» ХИМИИ В СИНТЕЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЗАМЕЩЕННЫХ N,O- ГЕТЕРОЦИКЛОВ РЯДА ХРОМЕНА, ХИНОЛИНА, ХИНАЗОЛИНА С ФАРМАКОФОРНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ И ГРУППАМИ

Кривенько А.П., Василькова Н.О., Никулин А.В., Пузанов Д.А.

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,
410017, Саратов, ул. Астраханская, 83.
e-mail: vasilkovano@mail.ru*

Методология «зеленой химии» широко используется в конструировании гибридных «drug-like» систем, включающих ключевые азот-, кислородсодержащие гетероциклы.

Основываясь на принципах этой методологии, нами осуществлен синтез серии новых замещенных аминокроменкарбонитрилов 1, их функциональных хинолиновых аналогов 2, хиназолинов 3 и продуктов их превращений в реакциях гетероаннелирования 4,5, кватернизация 6, окислительного дегидрирования 7 и др.



Синтетические подходы к соединениям 1-3 основаны на конденсации двух-, трехкомпонентной доступных карбонильных соединений с C- и N-нуклеофилами при вариативности подходов (УЗ, термическая активация, электролиз, гомо-, гетерогенный катализ).

Наиболее эффективными в «зеленых» синтезах являются электрохимический хромен 1 и образование гетеросистем 4,5 при использовании рециркулируемого нанокатализатора - оксида графена.

При модификации пиридилзамещенных хроменов получены водорастворимые йодметилаты 6. Найдены условия самопроизвольного частичного расщепления рацематов 3 с преобладанием правовращающего антипода (спектры КД).

Выполнен компьютерный прогноз и экспериментальная оценка (ИБФРМ РАН) на антибактериальные и цитотоксические активности.

СИНТЕЗ 1,3,4-ОКСАДИАЗОЛОВ НА ОСНОВЕ ТРОЙНОЙ СВЯЗИ ДИАЛКИЛХЛОРАЦЕТИЛЕНФОСФОНАТОВ

Герасимова Е.А.,^{а,б} Скрылькова А.С.,^б Егоров Д.М.,^{а,б} Жаковская З.А.^а

^аСПб ФИЦ РАН, 199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39

e- mail: spiridon.41@mail.ru

^бСПбГТИ(ТУ), 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А.

Наличие у 1,3,4-оксадиазолов широкого спектра биологической активности¹, включающего противовоспалительную, антибактериальную, противотуберкулезную и противомаларийную, делает возможным применение последних в качестве эффективных фармакофорных фрагментов в составе многих лекарственных препаратов, медицинское воздействие которых одновременно направлено на различные мишени. По этой причине разработка и модернизация подходов к синтезу 1,3,4-оксадиазолов представляет особый интерес.

В данной работе рассматривается новый некаталитический метод, позволяющий одностадийно, в мягких условиях сформировать 1,3,4-оксадиазольный цикл в ходе реакции гидразидов кислот с диалкилхлорацетиленфосфонатами. что реакция протекает в мягких условиях, хемо- и региоселективно и приводит к образованию фосфонилированных 1,3,4-оксадиазолов, выходы которых варьировались в диапазоне 85-90 % (рисунок 1).

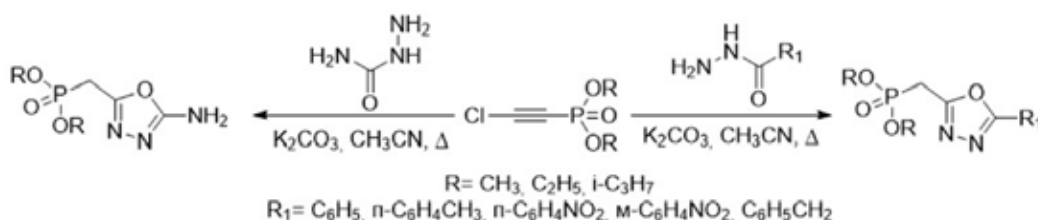


Рисунок 1. Реакция диалкилхлорацетиленфосфоната с семикарбазидом и гидразидами кислот.

Литература

1. X. Wang, J. Fu, J. Xie, Q. Teng, H. Tang and Y. Pan, Org. Biomol. Chem., 2020, **18**, 4936-4940

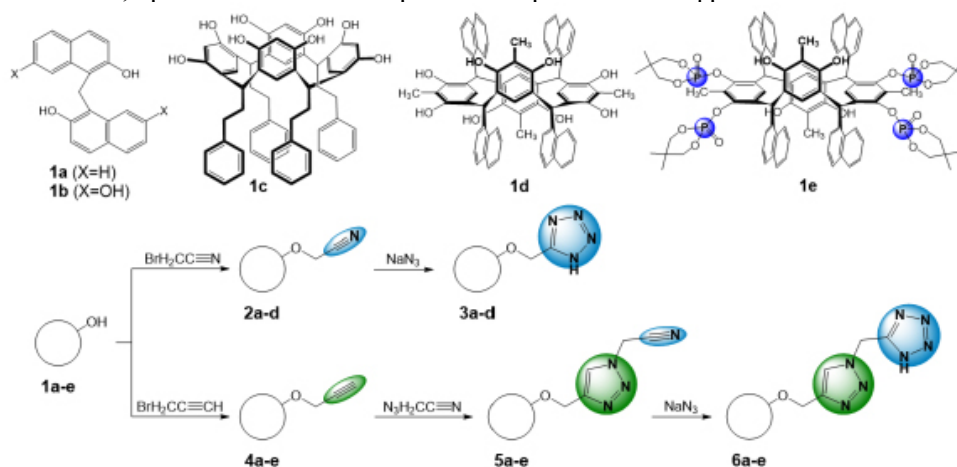
Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-13-00224, <https://rscf.ru/project/23-13-00224/> с использованием оборудования Инжинирингового центра Санкт-Петербургского государственного технологического института

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АЗОЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМЕ 1,1'-ДИНАФТИЛМЕТАНОВ И КАЛИКС[4]РЕЗОРЦИНАРЕНОВ

Глушко В.В., Серкова О.С., Злотникова А.Д.

Институт биологии и химии, ФГБОУ ВО "Московский педагогический государственный университет",
129164, Россия, г. Москва, ул. Кибальчича, 6,
e-mail: vv.glushko@mpgu.su

Разработаны маршруты последовательной модификации 1,1'-динафтилметанов **1a,b**, *rccc* тетра-С-фенил-тил-каликс[4]резорцинарена **1c**, *rctt* тетра-С-нафтил-каликс[4]резорцинаренов **1d,e**, в результате реализации которых синтезирована серия новых полиазольных производных, различающихся структурой полициклической платформы и содержащих несколько определенным образом ориентированных в пространстве функциональных ветвей с тетразольными, триазольными¹ или триазол-тетразольными фрагментами.



С использованием УФ-спектрофотометрического титрования изучено влияние структурных особенностей лиганда, природы и расположения функциональных групп на комплексообразующие способности синтезированных гомо- и гетерофункционализированных производных **3a-d**, **6a-e** по отношению к катионам *d*- (Cu^{2+} , Ag^+) и *f*- (Tb^{3+} , Yb^{3+}) элементов.

Литература

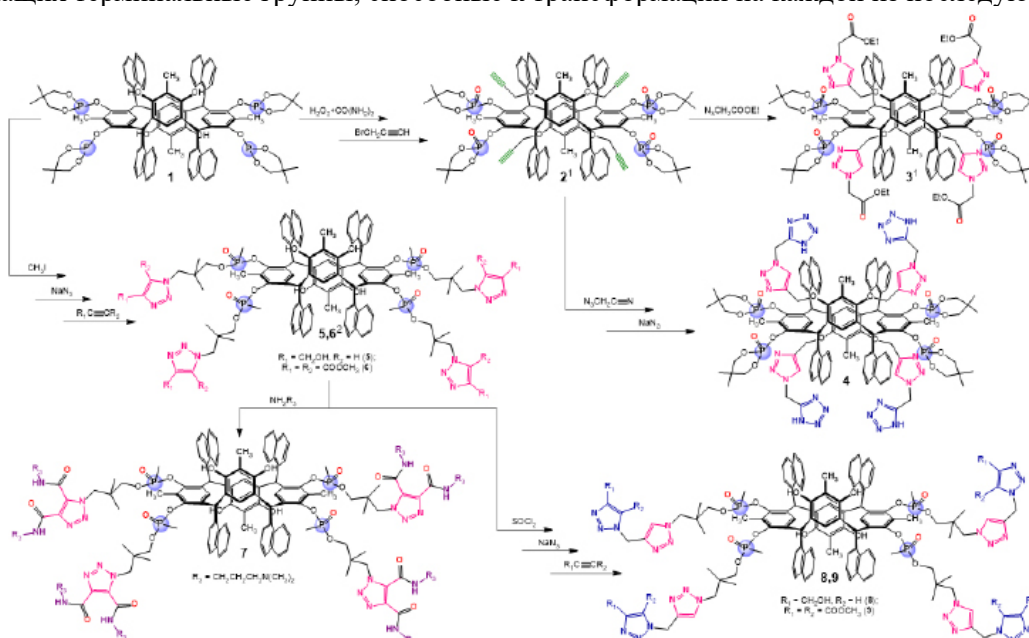
1. Serkova, O.S.; Glushko, V.V.; Toropygin, I.Yu.; Maslennikova, V.I. *ChemistrySelect*, 2020, **5**, 12168.

РЕГИОНАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ ПОЛИТОПНЫХ *rcstt* ТЕТРАНАФТИЛ-КАЛИКС[4]РЕЗОРЦИНАРЕНОВ

Глушко В.В., Серкова О.С., Злотникова А.Д.

Институт биологии и химии, ФГБОУ ВО "Московский педагогический государственный университет",
129164, Россия, г. Москва, ул. Кибальчича, 6
e-mail: vv.glushko@mpgu.su

Разработаны подходы к созданию политопных производных *rcstt* орто-метил-тетра-*C*-нафтил-каликс[4]резорцинарена **1**, содержащих активные функциональные сайты с заранее заданной ориентацией по отношению к плоскости макроцикла. Оба рассмотренных маршрута базируются на использовании бифункциональных реагентов, содержащих терминальные группы, способные к трансформации на каждой из последующих стадий.



Отметим, что дальнейшая трансформация соединений **8,9** может быть продолжена как в горизонтальной (за счет активных терминальных групп) так и в вертикальной (за счет свободных ОН групп) плоскости.

Литература

1. Serkova O.S., Glushko V.V., Toropygin I.Yu., Maslennikova V.I. *ChemistrySelect*, 2020, **5**, 12168.
2. Serkova O.S., Glushko V.V., Toropygin I.Yu., Maslennikova V.I. *Russ. Chem. Bull.*, 2021, **70**, 1328.

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО РАЗДЕЛЕНИЯ БЛОКОВ НА КИНЕТИКУ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОЛИБУТИЛЕНАДИПИНАТА В ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИУРЕТАНАХ

**Горбунова М.А.,^{а,б} Комов Е.В.,^в Имамутлдинова А.М.,^{б,в}
Абукаев А.Ф.,^{а,б} Анохин Д.В.,^{а,б} Иванов Д.А.^{а,б}**

^а *Национальный исследовательский технологический университет МИСИС,
119049, Москва, Ленинский проспект 4с1,
e-mail: mflute2008@yandex.ru*

^б *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук,
142432, Черноголовка, проспект Ак. Семенова 1*

^в *МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы 1*

В работе обсуждается влияние природы жесткого сегмента на кинетику кристаллизации термочувствительных полиуретанов медицинского назначения (ТПУ), содержащих полибутиленадипинат (ПБА) в качестве мягкого сегмента.

Используя комплекс методов исследования, в работе получены важные фундаментальные результаты по кинетике формирования структуры блочных сополимеров, объясняющие взаимосвязь фазового разделения блоков в аморфном состоянии с кристаллизацией одного из блоков на примере ТПУ на основе биоразлагаемого полиэфира ПБА. Показано, что для ТПУ с циклоалифатическими и ароматическими уретановыми блоками медленная кристаллизация полиэфирного блока стимулирует разделение фаз, а фазовый состав близок к исходному полиэфиру. Для ТПУ с алифатическими уретановыми блоками с хорошим фазовым разделением характерна быстрая кристаллизация полиэфирного блока с образованием термодинамически стабильной фазы. Увеличение скорости охлаждения из расплава до 30,000 К/мин приводит к подавлению фазового разделения блоков и кристаллизации из изотропного расплава с соответствующим изменением кристаллической фазы полиэфирного блока.

Возможность получения полиморфной модификации конкретного строения полиэфирного блока приводит к созданию инструмента для адаптации механических, термических и биodeградируемых свойств адаптивных материалов.

Работа выполнена при государственной финансовой поддержке по проекту К1-2022-035 а рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030». Работа выполнена по теме Государственного задания FFSG-2024-0010, № государственной регистрации 124013000757-0.

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ФЕРРАТОВ

Дедушенко С.К.

НИТУ МИСИС

119049 Москва, Ленинский пр-т 4

e-mail: dedushenko@mail.ru

Железо – один из самых распространенных элементов, имеющий ключевое значение как для развития человечества, так и для самой жизни. Способность железа находиться в высших степенях окисления, не найденных в природе, известна с XIX века. Однако до настоящего времени имеется много белых пятен в химии подобных веществ.

Например, $K_3Na(FeO_4)_2$, кристаллизующийся из раствора, в твердом состоянии при обычной температуре разлагается¹. В результате разложения образуется K_2FeO_4 , который остается стабильным более 20 лет. Таким образом, разложение не обусловлено неустойчивостью шестивалентного железа, а вызвано структурной нестабильностью вещества.

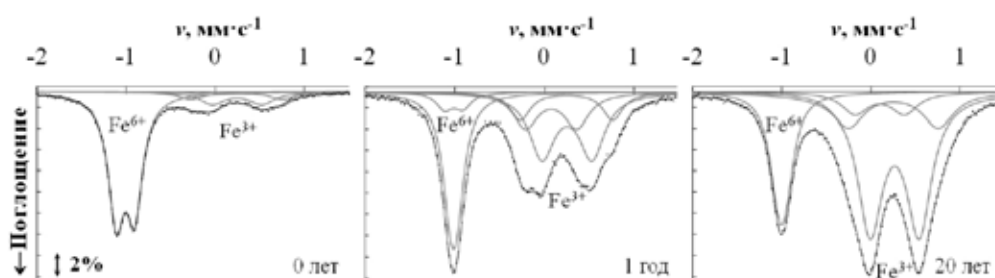


Рисунок 1. Мессбауэровские спектры образца $K_3Na(FeO_4)_2$ при комнатной температуре на различных стадиях разложения.

Другой вариант разложения демонстрируют твердый Na_4FeO_4 , который при обычной температуре диспропорционирует². Это необходимо учитывать при твердофазном синтезе ферратов(VI): за годы исследований твердофазного окисления железа нам не удалось получить железо(VI) без примеси железа(III).

При внесении в воду свежеприготовленные ферраты(IV) и (V) могут не дать вишневой окраски FeO_4^{2-} -иона. Однако, окрашивание наблюдается, если твердое вещество предварительно выдержать при обычной температуре. Это имеет существенное значение при использовании ферратов для очистки воды³.

Литература

1. Dedushenko S.K., Zhizhin M.G., Perfiliev Yu.D., *Hyperfine Int.*, 2005, **166**, 367.
2. Dedushenko S.K., Kholodkovskaya L.N., et al., *J. Alloys Comp.*, 1997, **263-263**, 78.
3. Dedushenko S.K., Perfiliev Yu.D., Kulikov L.A., *Hyperfine Int.*, 2013, **218**, 59.

РЕАКЦИИ $C(sp^2)H$ -СОЧЕТАНИЯ В СИНТЕЗЕ N-ГЕТЕРОБИФЕНИЛЕНОВ d-ЭЛЕМЕНТОВ – «МЯГКИХ» ФУНГИСТАТИКОВ И БИООБРАСТАТЕЛЕЙ

**Демидов В.Н.^а, Цветкова И.Н.^а, Кособуко Е.М.^а, Пахомова Т.Б.^б,
 Богомолова Е.В.^в**

^аИнститут химии силикатов им. И.В. Гребениčkова РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2,
 e-mail: vndemidov@mail.ru

^бСанкт-Петербургский государственный технологический институт (Технич. универ.),
 190013, Санкт-Петербург, Московский пр., 24-26/49 А

^вБотанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197376, Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 2

Металл-ассистированное недегидрогенируемое $C(sp^2)H$ -сочетание координированного 1,10-фенантролина и 2,9-диметил-1,10-фенантролина в карбоксилатных и галогенидных комплексах d-элементов^{1,2} открывает новые возможности в синтезе соединений нового структурного класса металлокомплексных цианиновых хромофоров: *стеклообразных полиморфных* биядерных N-гетеробифениленов – *электрон-избыточных* 1,10-фенантроцианинов (би-1,10-фенантролиленов)¹. Это биядерные комплексы d-элементов $M = Zn^{2+} [Ar]3d^{10}$, $Cd^{2+} [Kr]4d^{10}$, $Co^{2+} [Ar]3d^7$, $Mn^{2+} [Ar]3d^5$, $Ni^{2+} [Ar] 3d^8$, $Cr^{3+} [Ar]3d^5$ (**phen**)_n**M^{m+}(μ-biphen)M^{m+}(phen)_n(OAc)_{2m}** (n=0-2, m=2, 3) со сложными гетероароматическими мостиковыми C-изомерными хромо-форными фармакофорными 1,10-фенантроцианиновыми (би-1,10-фенантролиленовыми) лигандами (*пурпурно-фиолетовые* формы соединений). Ключевой стадией $C(sp^2)H$ -сочетания является *гетероароматическое нуклеофильное замещение водорода* S_N^H . С мостиковыми N-гетеробифениленовыми лигандами связано интенсивное поглощение соединений в видимой области в электронных спектрах, около 545-550 нм. Для этих лигандов характерны *температурно-доступные* низшие электронные бирадикальные триплетные состояния, которые индицируются в спектрах ЭПР².

Исследованы фунгистатические свойства новых биядерных N-гетеробифениленовых комплексов по отношению к микробиотам и биообрастателям и установлено их «мягкое» биостатическое действие.

Литература

1. Demidov V.N. Diss. Ph D, St.-Petersburg, 2010.
2. Demidov V.N., Sukharzhevsky S.M., Pakhomova T.B., et al. *Appl. Magn. Reson.*, 2023, **54**, 1015.

Работа выполнена в ИХС РАН, тема госбюджета: “Физико-химич. основы неорг. синтеза микро- и наноструктур. неорг., органо-неорг. и керамич. материалов и покрытий для био-, энерго- и ресурсосбер. технологий” (1023033000122-7-1.4.3); а также в БИН РАН, тема госбюджета: “Биоразнообразие, экология и структурн. и функциональные особенности грибов и грибоподобных протистов” (125013100829-3).

СТЕКЛООБРАЗНЫЕ N-ГЕТЕРОБИФЕНИЛЕНЬ d-ЭЛЕМЕНТОВ: СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ БИОСТАТИКОВ

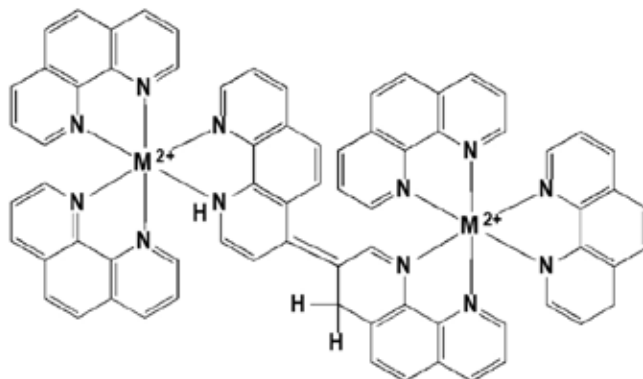
**Демидов В.Н.^а, Матвеев А.А.^а, Богомолова Е.В.^б, Глебова И.Б.^а,
Мыльникова А.Ю.^а, Пахомова Т.Б.^в**

^аИнститут химии силикатов им. И.В. Гребеникова РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2,
e-mail: vndemidov@mail.ru

^бБотанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197376, Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 2

^вСанкт-Петербургский государственный технологический институт (Технич. универ.),
190013, Санкт-Петербург, Московский пр., 24-26/49 А

Стеклообразные полиморфные биядерные металло-N-гетеробифенилены это представители нового структурного класса металлокомплексных цианиновых хромофоров – электрон-избыточных 1,10-фенантроцианinov или би-1,10-фенантролиленов¹. К нему относятся биядерные комплексы d-элементов ($M = Zn^{2+}, Cd^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Cr^{3+}$) со сложными по структуре мостиковыми C-изомерными хромофорными фармакофорными 1,10-фенантроцианиновыми (би-1,10-фенантролиленовыми) лигандами типа (пурпурно-фиолетовые формы):



Синтез этих соединений осуществлен путем металл-ассистированного не-дегидрогенативного $C(sp^2)H$ -сочетания координированного 1,10-фенантролина и 2,9-диметил-1,10-фенантролина в карбоксилатных и галогенидных комплексах d-элементов^{1,2}. Установлены выраженные биостатические (фунгистатические) свойства новых биядерных N-гетеробифениленовых комплексов по отношению к микромицетам и биообрастателям.

Литература

1. Demidov V.N., Simanova S.A., Savinova A.I., et al. *Russ. J. Gen. Chem.*, 2009, **79**, 2807.
2. Demidov V.N., Sukharzhevsky S.M., Pakhomova T.B., et al. *Appl. Magn. Reson.*, 2023, **54**, 1015.

Работа выполнена в ИХС РАН, тема госбюджета: “Физико-химич. основы неорг. синтеза микро- и наноструктур. неорг., органо-неорг. и керамич. материалов и покрытий для био-, энерго- и ресурсосбер. технологий” (1023033000122-7-1.4.3); а также в БИН РАН, тема госбюджета: “Биоразнообразие, экология и структурн. и функциональные особенности грибов и грибоподобных протистов” (125013100829-3).

АКТИВНЫЙ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫЙ РУТЕНИЕВЫЙ КАТАЛИЗАТОР ФОТОИНДУЦИРОВАННОГО ОКИСЛЕ- НИЯ ВОДЫ В ИСКУССТВЕННОМ ФОТОСИНТЕЗЕ

Ильященко В.Ю., Джабиева З.М., Савиных Т.А., Джабиев Т.С.

Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, проспект акад. Семенова Н.Н., 1
 e-mail: dzhabiev@icp.ac.ru

Одним из эффективных путей запасаения солнечной энергии (СЭ) является искусственный фотосинтез (ИФС). В природе катализатором процесса окисления воды является марганцевый кофактор Mn_4O_5Ca . В ИФС функцию марганцевого кофактора могут выполнять другие переходные металлы: Co, Ni, Fe, включая Ru. Для создания активного и стабильного рутениевого катализатора исследованы следующие подходы: 1) замена органических лигандов в комплексах на неорганические лиганды; 2) замена кислородного мостика между ядрами рутения на азотный мостик; 3) использование в синтезе Li^+ противокатионов.

В данной работе синтезирован новый неорганический биядерный комплекс рутения $Li_3[Ru_2(\mu-N)Cl_8 \cdot 2H_2O]$ (**1**). Изучено его строение методом РСА и фотокаталитическое окисление воды в присутствии акцептора электрона $K_2S_2O_8$, фотосенсибилизатора $(bpy)_3RuCl_2$ и **1**. Связь Ru-N (1.71 Å) более короткая, чем Ru-O (1.86 Å) в его кислородном аналоге $Li_4[Ru_2(\mu-O)Cl_{10} \cdot 2H_2O]$. В кислых растворах комплекс **1** устойчив, в ИК-спектрах сохраняется пик (Ru-N-Ru) с $\nu = 1075\text{ см}^{-1}$ в течение нескольких суток. Зависимость начальной скорости реакции окисления воды w_0 от концентрации комплекса **1** описывается параболическим законом, т.е. каталитически активная частица образуется из двух комплексов **1** и представляет собой тетраядерный кластер рутения.

В ESI масс-спектре присутствует максимальный пик $m/z = 512.28$, соответствующий тетрарутениевому динитридному катиону $Ru_4N_2O_5^+$, который катализирует четырехэлектронное окисление воды с образованием O_2 : $2 [Ru^{IV}-N-Ru^{IV}] + 2 H_2O = 2 [Ru^{III}-N-Ru^{III}] + O_2 + 4 H^+$. Максимальное число оборотов катализатора $TON = 360$, квантовый выход O_2 $\Phi = 0.51$ выше, чем у его кислородного аналога $Li_4[Ru_2(\mu-O)Cl_{10} \cdot 2H_2O]$ ($TON = 240$, $\Phi = 0.2$). Обсужден механизм фотореакции окисления воды.

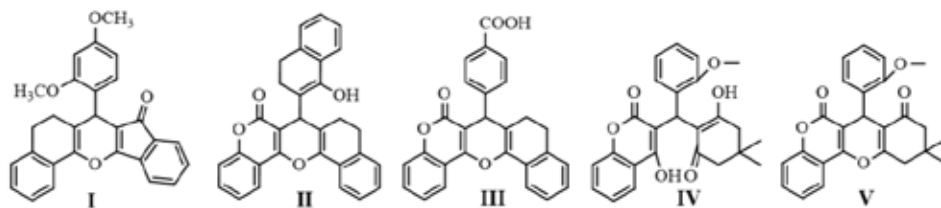
Работа выполнена в рамках Государственного задания (124020200104-8).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД S-(РЕ-)ЦИКЛИЗАЦИИ 2Н-ХРОМЕН-2-ОНОВ ПОСРЕДСТВОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ СЕРОВОДОРОДА

Джарлкасов Р.И., Шинкарь Е.В., Берберова Н.Т.

Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, 16, г. Астрахань, 414056, Россия,
e-mail: dzharlkasovrus@gmail.com

Интерес к многофункциональным гетероциклическим соединениям обусловлен их фармакологической активностью по отношению к различным биологическим мишеням живого организма, что позволяет создавать на их основе многофункциональные препараты.^{1,2} Электросинтез – удобный и простой способ замены гетероатома в цикле на серу с использованием активированного H_2S . В работе выбраны поликарбонильные соединения с хроменым фрагментом **I-V** для взаимодействия с H_2S под действием электрического тока.³ В ходе электро-синтеза окисленная форма H_2S фрагментируется на тиильный радикал и протон, создавая кислую среду в при-электродной области.



В зависимости от способа активации H_2S (прямой, не прямой) и строения исходного соединения **I-V** были получены продукты их S-(ре)циклизации с количественным выходом 51-82%. Анодную активацию



H_2S проводили на Pt-аноде, а для непрямого окисления реагента использовали различные медиаторы (Med): бромид тетрабутиламмония, DABCO, три-п-толилфосфин. С увеличением времени электросинтеза образующиеся замещенные тioxромены превращаются в соли тioxхро-миллия. В случае непрямого окисления

H_2S снижение энергозатрат составило 0,5-0,8 В по сравнению с пря-мым электросинтезом. Предлагаемый синтетический метод является экологически чистым благодаря отсутствию каталитических количеств сильных кислот.

Литература

1. Lemke, C.; Christmann, J.; Yin, J. [et al.] *ACS Omega*, 2019, **4**(26), 22161.
2. El-Sayed, R.; Mohamed, K. S.; Fadda A. A. [et al.] *Afinidad*. 2018, **75**(581), 66.
3. Berberova, N. T.; Shinkar', E. V. [et al.] *Rus. J. of Electrochem.*, 2003, **39**(12), 1287.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФАР в рамках НИОКТР (№ госрегистрации 124041100136-5).

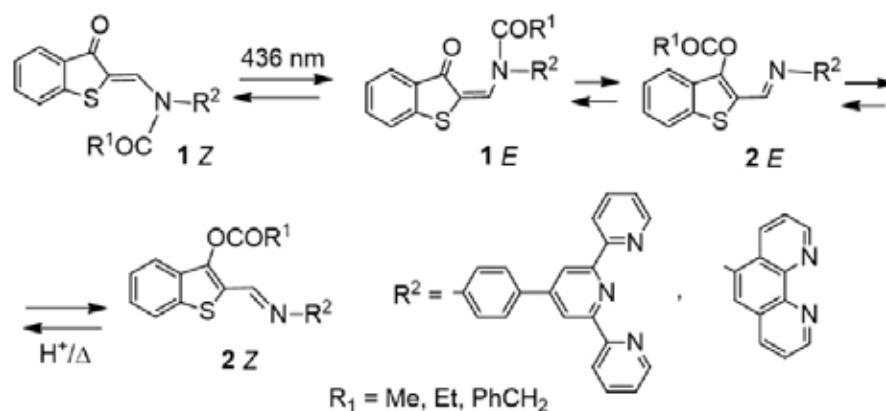
ФОТО- И ИОНОХРОМНЫЕ АЦИЛОТРОПНЫЕ СИСТЕМЫ

Рыбалкин В.П.,^а Змеева С.Ю.,^б Дубоносов А.Д.,^а Брень В.А.^б

^аФедеральный исследовательский центр ЮНЦ РАН, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова 41,
e-mail: aled@ipoc.sfedu.ru

^бНИИ ФОХ Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, пр. Стачки 194/2

Синтезированы фотоацилотропные енаминокетоны ряда бензо[*b*]тиофена, содержащие терпиридиновые и фенантролиновые рецепторные заместители, которые представляют собой полифункциональные переключатели оптических и флуоресцентных свойств типа “on-off-on”^{1,2}.



Методами ИК, ЯМР 1H и ^{13}C спектроскопии, МСВР, РСА и DFT расчетов детально охарактеризован трехстадийный механизм фотоинициированной перегруппировки. Модулирование эмиссии осуществляется при последовательном воздействии света/ H^+ или добавлении ионов Fe^{2+}/AcO^- .

Литература

1. Aiken S.; Edgar R.J.L.; Gabbutt C.D.; Heron B.M.; Hobson P.A. *Dyes Pigm.*, 2018, **149**, 92.
2. Rybalkin V.P., Popova L.L., Dubonosov A.D., Shepelenko E.N., Revinskii Y.V., Bren V.A., Minkin V.I. *Russ. J. Org. Chem.*, 2001, **37**, 1318.

Работа выполнена в рамках государственного задания № FENW_2023-0020, а также в рамках государственного задания ЮНЦ РАН № 122020100282-6 (Е.Н. Шепеленко и А.Д. Дубоносов).

ДАВНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭДРИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ B_nH_n-2 ($n>12$) И P_n ($n>4$): ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Дуденков И.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: ivdudenkoff@mail.ru*

Полиэдрические бороводородные анионы B_nH_n-2 ($n = 6-12$) получены в начале 1960-х годов и исследованы в тысячах работ. Согласно расчетам, их аналоги при $n>12$ устойчивы, кластер $n=15$ входит в состав каркасных боридов типа YB_{50} . Но до сих пор B_nH_n-2 ($n>12$) не получены. Попытки получить $B_{21}H_{21}-2$ восстановлением $B_{21}H_{18}-1$ были неудачны. Недавно последовательными обработками Na и $HBBBr_2(SMe_2)$ получены¹ карборановые аналоги $B_{n-2}H_{n-2}C_2R_2$ вплоть до $n=16$, но к B_nH_n-2 этот подход неприменим – $B_{12}H_{12}-2$ не восстанавливается натрием. Можно предполагать, что для силaborанов $B_{n-2}H_{n-2}Si_2R_2$ размер n может быть увеличен тем же способом, что и для карборанов. Однако атомы Si, в отличие от атомов C, затем могут быть удалены из кластера действием HF или щелочей, с последующей достройкой нидо-кластера до кллозо- действием BH_4-1 или другими известными путями. Поскольку в каркасную структуру BeB_3 входят 15- и 16-вершинные дельтаэдры, высококоординированные позиции которых замещены на Be, следует ожидать, что реакции гидридов или боргидридов Be с солями BH_4-1 или B_3H_8-1 в подходящих комбинациях могут дать аналогичные соединения внедрения бериллия в кластер - например, такие: $M_4[B_{12}H_{12}(BeBH_4)_2]$, $M_5[B_{12}H_{12}(BeBH_4)_3]$, $M_4[B_{12}H_{12}(BeBH_4)_4]$, $M_2\{Be_2B_{12}H_{12}\}$, $M_2\{Be_3B_{12}H_{12}\}$, где M-щелочной металл. Поскольку известно, что бериллакарбораны вида $LB_eB_9H_9C_2H_2$ очень легко гидролизуются, атомы Be могут быть удалены мягким сольволизом с последующей достройкой до кллозо-баланса действием BH_4-1 , вплоть до получения B_nH_n-2 ($n=14-15$) или $B_{16}H_{16}$. Это редкий случай, когда незаменимые свойства бериллия могут оказаться важнее его ядовитости.

Молекулы P_n ($n>4$) подробно изучены теоретиками, но до сих пор не получены. Следует ожидать, что простейший путь к ним ведет через реакции давно полученных кластерных фосфидов, содержащих анионы P_7-3 и $P_{11}-3$, или производных от них фосфанов P_7H_3 , $P_{11}H_3$ с тригалогенидами в полостях цеолитов или иных типичных условиях, предотвращающих полимеризацию.

Литература

1. Zheng F., Yui T.H., Zhang J., Xie Z. *Nature Communications*, 2006, 5943.

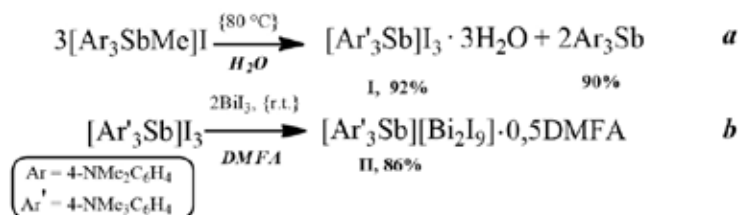
ПЕРВЫЙ ПРИМЕР ТРАНСАЛКИЛИРОВАНИЯ
(Sb-Alk→N-Alk) В РЯДУ АРИЛАЛКИЛЬНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ СУРЬМЫ

Гринишак И.П., Егорова И.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет», 675000, Благовещенск, ул. Ленина 104,
e-mail: bgpu.chim.egorova@mail.ru

Функционализация ароматических колец сурьмаорганических соединений определяет возможность построения на их основе сложных органических структур. Особенно интересен вопрос избирательной активации реакционных центров подобных соединений.¹

Для сурьмаорганических соединений нами впервые показана возможность перегруппировки арилалкильного соединения по пути $^{Me2N}Ar_2Sb-Me \rightarrow ^{Me3N}Ar_2Sb$ (схема а).



Строение **I** подтверждается элементарным анализом, данными ИК-спектроскопии, результатами ЯМР-экспериментов: ^1D : ^1H , $^{13}\text{C}\{\text{1H}\}$, ^{13}C ; ^2D : ^1H , $^{13}\text{C} - \text{HSQC}$, ^1H , $^{13}\text{C} - \text{HMBC}$, ^1H , $^1\text{H} - \text{COSY}$, ^1H , $^{15}\text{N} - \text{HMBC}$

С целью установления строения катионной части соединения **I** был синтезирован комплекс **II** (схема б).

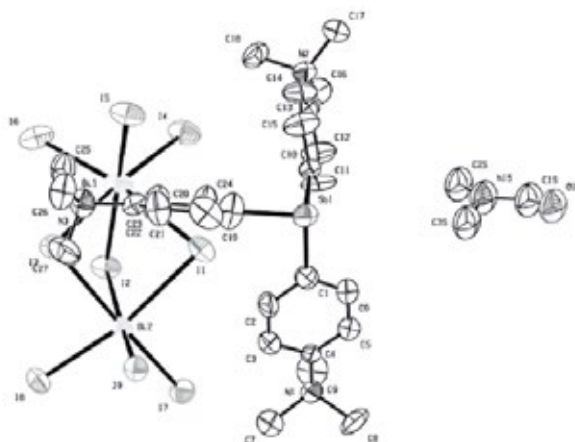


Рисунок 1. Структура II в *ORTEP*-представлении ($p = 0.3$).

Литература

1. Sharma P., Castillo D., Rosas N. et al. *J. Organomet. Chem.* 2004, **689**, 2593. doi: 10.1016/j.jorganchem.2004.05.016.

ТРИС(2,6-ДИМЕТОКСИФЕНИЛ)ВИСМУТ. СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА

Егорова И.В., Планкина Е.С., Гринишак И.П.

ФГБОУ ВО «Благовещенский государственный педагогический университет,
675004, Амурская область, г. Благовещенск, Ленина 104,
e-mail: bgpu.chim.egorova@mail.ru

Висмуторганические соединения проявляют противораковые, противолейшманиозные, в некоторой степени, противогрибковые и другие лекарственные свойства.¹ Используются в аналитической практике, обладают большим синтетическим потенциалом.

Синтез трис(2,6-диметоксифенил)висмута основан на реакции хлорида висмута(III) с 2,6-диметоксифениллитием, полученным из 1,3-диметоксибензола и фениллития, который менее пирофорен, чем бутиллитий, использованный ранее.²

Для определения пространственной структуры соединения методом медленной кристаллизации из хлороформа были получены монокристаллы трис(2,6-диметоксифенил)висмута, пригодные для рентгеноструктурного анализа.

Соединение $[2,6-(\text{MeO})_2\text{C}_6\text{H}_3]_3\text{Bi}$ кристаллизуется в моноклинной сингонии. По данным рентгеноструктурного анализа, $[2,6-(\text{MeO})_2\text{C}_6\text{H}_3]_3\text{Bi}$ межатомные расстояния Bi–C составляют 2.256, 2.257, 2.274 Å. Значения валентных углов C–Bi–C составляют 95.97, 100.90, 100.45°.

Перхлорат три-*n*-толилвисмута и μ -оксо-бис[(перхлорато)три-*p*-толилвисмута] синтезированы реакцией дибромидов три-*n*-толилвисмута с перхлоратом серебра и его гидратом.³ Реакция перхлората серебра с другими висмуторганическими соединениями остается малоизученным методом синтеза перхлоратов висмута. Нами изучена реакция дибензоата трис(2,6-диметоксифенил)висмута с перхлоратом серебра в хлороформе. Дибензоат трис(2,6-диметоксифенил)висмута получен реакцией окисления трис(2,6-диметоксифенил)висмута пероксидом бензоила в бензоле (1 : 1 мольн.). ИК-спектр диперхлората трис(2,6-диметоксифенил)висмута содержит полосы поглощения с максимумами при: 1099 $[\nu_{\text{as}}(\text{ClO}_2)]$, 1016 $[\nu_{\text{s}}(\text{ClO}_2)]$, 891 $[\nu_{\text{s}}(\text{ClO}_2)]$, 623 $[\nu_{\text{s}}(\text{ClO}_2)]$ см⁻¹.

Литература

1. Andrews P.C., Frank R., Junk P.C. et al. *J. Inorg. Biochem.*, 2011, **105**, 454. doi: 10.1016/j.jinorgbio.2010.08.007.
2. Wada M., Miyake S., Hayashi S. et al. *J. Organomet. Chem.*, 1996, **507**, 53. doi 10.1016/0022-328X(95)05716-3.
3. Egorova I.V., Zhidkov V.V., Grinishak I.P. et al. *Russ. J. Inorg. Chem.* 2018, **63**, 861. doi 10.1134/S0036023618070069.

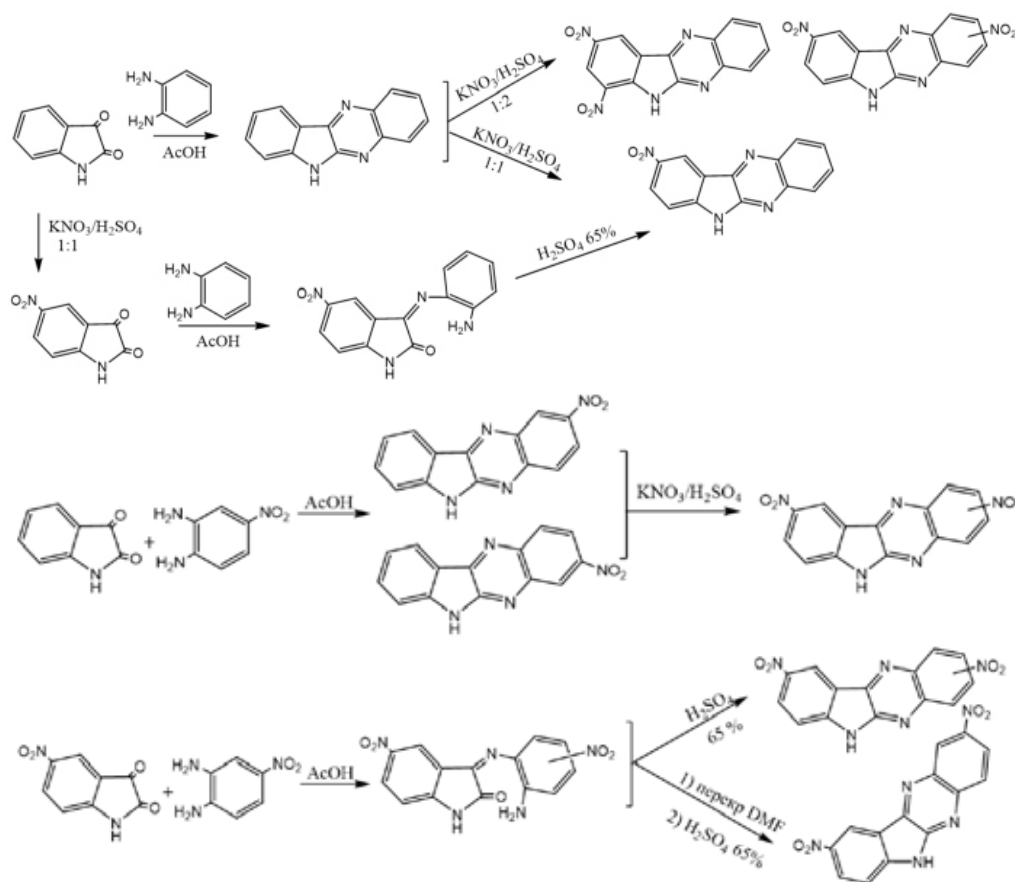
ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НИТРОЗАМЕЩЕННЫХ 6Н-ИНДОЛО[2,3-В]ХИНОКСАЛИНОВ

Ефанов С.А.,^а Кудрявцева Т.Н.,^а Мельниченко В.Э.,^а Кузнецов Д.Н.^б

^аКурский государственный университет, 305000, Курск, ул. Радищева, 33,
e-mail: labos@kursksu.ru

^бРоссийский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
117997, г. Москва, ул. Садовниче-ская, д. 33, стр. 1

Исследованы и оптимизированы условия получения нитрозамещенных производных 6Н-индоло[2,3-в]хиноксалина, являющихся ценными прекурсорами в синтезе соответствующих аминов, содержащих 6Н-индоло[2,3-в]хиноксалиновый фрагмент. Амины, полученные восстановлением синтезированных в работе нитросоединений, могут быть использованы в синтезе новых классов органических красителей и соединений, обладающих полупроводниковыми свойствами.



Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-25-00021

ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ СИСТЕМЫ $\text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+ || \text{CO}_3^{2-}, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ПРИ 75°C

Жумаев М.Т., Махмадов Х. Музафарова Д., Солиев Л.

*Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни,
734003, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121
E-mail: jumaev_m@bk.ru*

Состояние фазового равновесия в системе $\text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+ || \text{CO}_3^{2-}, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ обуславливает условия переработки жидких отходов производства алюминия. Жидкие отходы, которые извлекаются во время производства алюминия на заводе (г. Турсунзаде), содержат карбонаты, фториды, сульфаты и гидрокарбонаты кальция, натрия¹.

Цель исследования - это определение соотношения полей кристаллизации равновесных твердых фаз и положения геометрических образов концентрационных параметров. Опыт проводили согласно методу донасыщения².

Химический анализ продуктов был проведен с помощью определенных методик³. В таблице приведены все данные о растворимости взаимной системы $\text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+ || \text{CO}_3^{2-}, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ при температуре 75°C.

№ точек	Состав жидкой фазы, мас.%					Равновесные твердые фазы
	Na_2SO_4	CaSO_4	Na_2CO_3	CaCO_3	H_2O	
E_1^4	24,38	0,911	20,29	—	54,4190	Те+Гб+ Бр
E_2^4	28,42	—	30,14	0,0058	41,4342	Na·1+Бр+Пр
E_3^4	15,19	0,824	—	0,0067	83,9793	5Ca·Na·3+Гп+Сц
E_4^4	16,98	0,783	21,18	—	61,0570	Гб+Бр+5Ca·Na·3
E_5^4	—	0,544	33,72	0,0091	65,7200	5Ca·Na·3+Сц+Пр
E_6^4	—	0,646	21,16	0,0053	78,1887	Бр+Пр+5Ca·Na·3

Таблица. Растворимость системы $\text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+ || \text{CO}_3^{2-}, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ в неинвариантных точках при 75°C

Полученные при выполнении данной работы результаты могут быть использованы как справочный материал, а также как научная основа для создания оптимальных условий переработки природных и технических объектов, содержащих сульфаты, карбонаты натрия и кальция, в частности при регенерации солей из жидких отходов промышленного производства алюминия.

Литература

1. Мирсаидов У.М., Азизов Б.С. и др. Цветные металлы. 2003, №4, С. 49
2. Солиев Л., Джумаев М.Т., и др. Журнал неорганической химии. 2016, Т. 61, № 5, С. 683.
3. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. и др. Основы аналитической химии. Кн. 1. –М.: 2004. – 361 с.

ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИЕ РАЗНОЛИГАНДНЫЕ КАРБОКСИЛАТЫ ЕВРОПИЯ(III)

Калиновская И.В.², Задорожная А.Н.¹, Мирочник А.Г.¹

¹*Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,
690022, Владивосток, пр-т 100-летия Владивостоку 159,*

²*Тихоокеанский государственный медицинский университет Минздрава России
690002, Владивосток, пр. Острякова 2а,
e-mail: anna_zadorozhnaya@rambler.ru*

В связи с разработкой функциональных оптических полимерных материалов для нужд оптоэлектроники, лазерной техники, сенсорики актуальным является поиск новых люминесцирующих комплексных соединений лантаноидов¹.

Синтезированы ряды новых интенсивно люминесцирующих комплексных соединений европия(III) с коричневой, метоксикоричневой и толуиловой кислотами, азот- и фосфорсодержащими нейтральными лигандами островного и димерного строения. Методами химического элементного, рентгенофазового анализа, рентгеноэлектронной и ИК-спектроскопии установлен состав и строение координационных соединений европия(III).

Изучены спектрально-люминесцентные характеристики разнолигандных комплексных соединений. Получены и систематизированы данные о взаимосвязи между геометрическим и электронным строением, термическими, люминесцентными, триболоминесцентными и фотохимическими свойствами комплексных соединений. Выявлены комплексные соединения европия(III), обладающие максимальной интенсивностью люминесценции в изучаемых рядах соединений.

Определены факторы, способствующие усилению антенного эффекта и интенсификации люминесценции в разнолигандных карбоксилатах европия(III) с азот- и фосфорсодержащими нейтральными лигандами.

Установлена корреляционная зависимость между люминесцентными характеристиками и зарядовым состоянием центрального иона европия(III) для гомологических рядов разнолигандных комплексных соединений европия(III) с карбоновыми кислотами. Получены люминесцирующие полимерные композиции на основе комплексных карбоксилатов европия(III), полиэтилена высокого давления и полиметилметакрилата. Изучена кинетика фотораспада композиций.

Литература

1. T. Emelina, A. Zadoroznaya, I. Kalinovskaya, A. Mirochnik. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2020 .V.225. P.117481.

НОВЫЕ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Трубачев А.Д.^{а,б}, Зайцев К.В.^{а,б}, Алентьев Д.А.^б, Бермешев М.В.^б

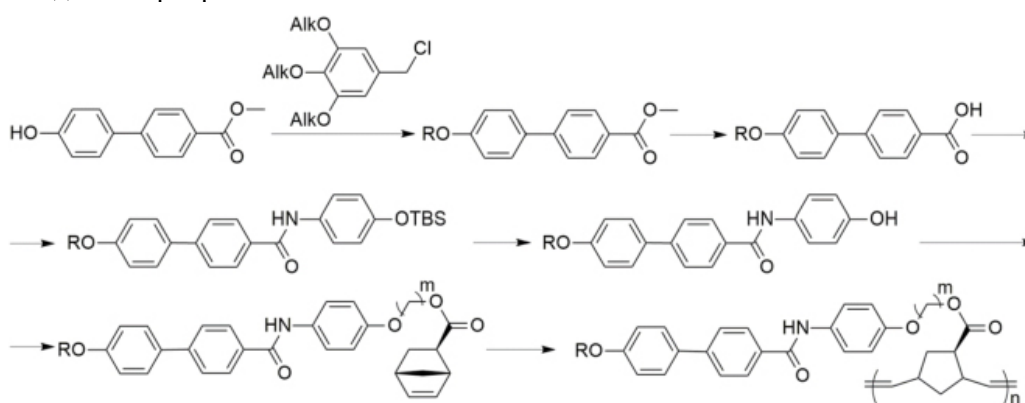
^аМГУ им. М.В.Ломосова, 119991, Москва, Ленинские горы 1, 3
e-mail: zaitsev@org.chem.msu.ru

^бИнститут нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119071, Москва, Ленинский проспект 29.

Наша научная группа активно занимается разработкой катализаторов получения биоразлагаемых полимеров¹⁻², а также функционализированных полимеров³ для газоразделительных мембран, используемых в областях, связанных с повышением требований к охране окружающей среды.

Являясь одним из ключевых базовых материалов для разделения газов, мембраны на основе жидкокристаллических полимеров могут обладать высокой проницаемостью при высокой термически контролируемой селективности.

В данной работе предложены методы синтеза мономеров для создания материалов на основе функционализированных производных норборнена.



Синтезированные экзо-замещенные норборнены, структура которых подтверждена методами спектроскопии ЯМР ¹H и ¹³C, проявили высокую активность в метатезисной полимеризации, а полученные полимерные материалы содержат жидкокристаллическую фазу.

Литература

1. Zaitsev K.V., Trubachev A.D., Oprunenko Y.F., Piskun Y.A., Vasilenko I.V., Churakov A.V., Kostjuk S.V. *Molecules*, 2023, **28**, 1262.
2. Fedulin A.I., Churakov A.V., Zaitsev K.V. *Mendeleev Commun.*, 2021, **31**(6), 847.
3. Guseva M.A., Lezhnin P.P., Alentiev D.A., Zaitsev K.V., Bermeshev M.V. *Polym. Sci.*, 2023, **65**, 196.

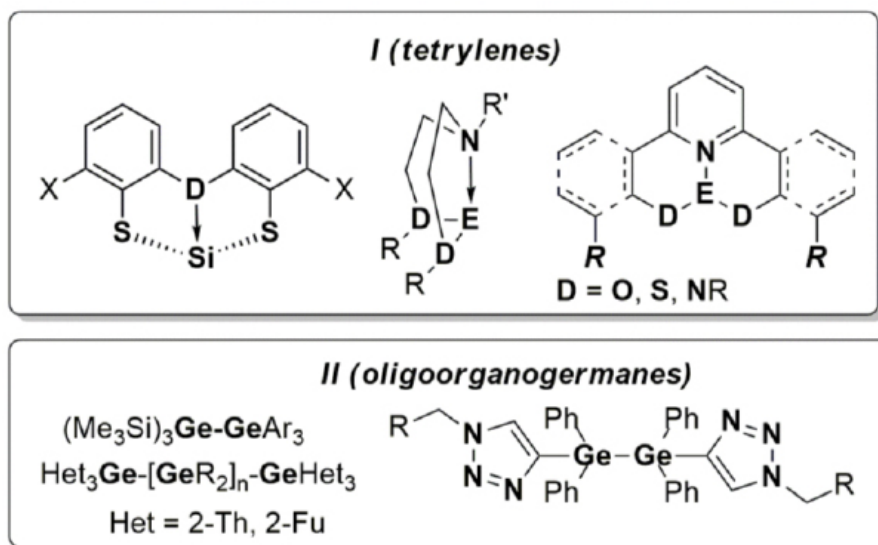
ТЕТРИЛЕНЫ И ОЛИГООРГАНОТЕТРЕЛАНЫ: УНИКАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТОВ 14 ГРУППЫ

Зайцев К.В., Егоров А.Р., Вещицкий Г.А., Трубачев А.Д.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет,
 119991, Москва, Ленинские горы 1, 3
 e-mail: zaitsev@org.chem.msu.ru

В настоящее время во всем мире интенсивно исследуются производные элементов 14 группы ($E = \text{Si, Ge, Sn}$)¹, что обусловлено как фундаментальным интересом (возможность синтеза), так и их применением благодаря уникальным свойствам (каталитические, координационные, оптические, полупроводниковые, синтетические, биологические).

В докладе представлены результаты исследований нашей научной группы за последние годы по тетраленам (**I**, тяжелые аналоги карбенов)²⁻⁵ и олигоорганотетреланам (**II**, соединения со связями E-E)⁶⁻⁸.



Литература

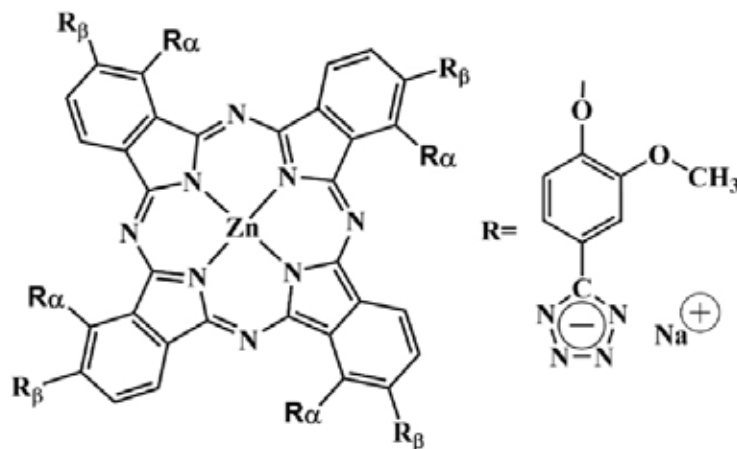
1. Zaitsev, K.V. *Organogermanium Compounds of the Main Group Elements*, Chapter 2; in *Organogermanium Compounds: Theory, Experiment, and Applications*, Ed.: Lee, V., John Wiley & Sons, 2023, 103-193.
2. Zaitsev, K.V., Diss. Dr. Habil. Chem., 2020, MSU, Chemistry Department (in Russ.: Зайцев К.В., Дисс. д.х.н., 2020, МГУ, Химический факультет).
3. Zaitsev, K.V.; Trubachev, A.D.; Poleshchuk, O.Kh, *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, **24**(12), 10218.
4. Fedulin, A.I.; Oprunenko, Y.F.; Karlov, S.S.; Zaitsev, G.S.; Zaitsev, K.V., *Mendeleev Commun.*, 2021, **31**(6), 850.
5. Cherepakhin, V.; Oprunenko, Y.F.; Churakov, A.V.; Zaitsev, K.V., *J. Organomet. Chem.*, 2022, **957**, 122153.
6. Zaitsev, K.V.; Veshchitsky, G.A.; Oprunenko, Y.F.; Kharcheva, A.V.; Moiseeva, A.A.; Gloriov, I.P.; Lermontova, E.Kh., *Chem. – Asian J.*, 2023, e202300753.
7. Zaitsev, K.V.; Makarov, I.S.; Oprunenko, Y.F.; Tafeenko, V.A.; Lermontova, E.Kh.; Churakov, A.V., *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, **24**(17), 13575.
8. Zaitsev, K.V.; Poleshchuk, O.Kh.; Churakov, A.V., *Molecules*, 2022, **27**(7), 2147.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ ЦИНКА, СОДЕРЖАЩИХ ТЕТРАЗОЛЬНЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ

Зиминов А.В., Деркачева А.С., Хотянович Д.В., Рамш С.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49,
e-mail: ziminov@inbox.ru

Металлофталочиаины являются потенциальными фотосенсибилизаторами для фотодинамической терапии рака (ФДТ)¹. Ограничением к использованию таких макрогетероциклов является их нерастворимость в воде. Решением этой проблемы является введение гидрофильных групп, таких как сульфо-, карбокси- или четвертичных аминогрупп². Биоизостерическим аналогом карбоксильной группы могут выступать тетразолы – уникальные фармакофорные гетероциклы с высокой кислотностью³. Нами были впервые получены анионные водорастворимые периферийно и непериферийно замещенные фталочиаины цинка с тетразольными фрагментами.



Соединение	λ_{\max} (log ϵ) (DMSO)	λ_{\max} (log ϵ) (H ₂ O)	Φ_{Δ} (DMSO)	Φ_{Δ} (H ₂ O)	PD, % (DMSO)	PD, % (H ₂ O)
α -ZnPcR ₄	702 (5.09)	697 (4.98)	64.07	76.74	8.02	5.07
β -ZnPcR ₄	684 (4.99)	683 (5.04)	58.51	74.93	6.49	25.68

Таблица 1. Фотофизические и фотохимические свойства фотосенсибилизаторов

Были изучены их фотофизические и фотохимические характеристики. Показано, что благодаря интенсивному поглощению в красной области спектра (λ_{\max}), высоким квантовым выходам генерации синглетного кислорода (Φ_{Δ}) и низким процентом фотодеструкции (PD) синтезированные соединения могут выступать в качестве перспективных фотосенсибилизаторов для ФДТ.

Литература

1. Koifman O., Ageeva T., Kuzmina N. et al. *Macroheterocycles*, 2022, **15**(4), 207.
2. Dumoulin F., Durmuş M., Ahsen V., Nyokong T. *Coord. Chem. Rev.*, 2010, **254**, 2792.
3. Myznikov L.V., Vorona S.V., Zevatskii Y.E. *Chem. Heterocycl. Comp.*, 2021, **57**, 224.

ВВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОДУКТА УТИЛИЗАЦИИ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА ГЕПТИЛ В ТОНКИЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ

Иванова Е.С., Насакин О.Е.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова»,
428015, Чебоксары, Московский проспект 19,
e-mail: lizachimic@mail.ru

В качестве альтернативы утилизации ракетного топлива Гептил (несимметричный диметилгидразин, UDMH)¹, вместо сжигания, мы предлагаем введение его метиленового производного (MDH)² в тонкий органический синтез. Реакция MDH с тетрацианоэтилированным кетоном (ТЦК) 1 на основе 2-метилциклогексанона дала трициклическое производное 11 в одну стадию. Мы предполагаем образовании продукта 11 через несколько перегруппировок, катализируемых щёлочью^{3,4} по представленной ниже схеме (рисунок 1):

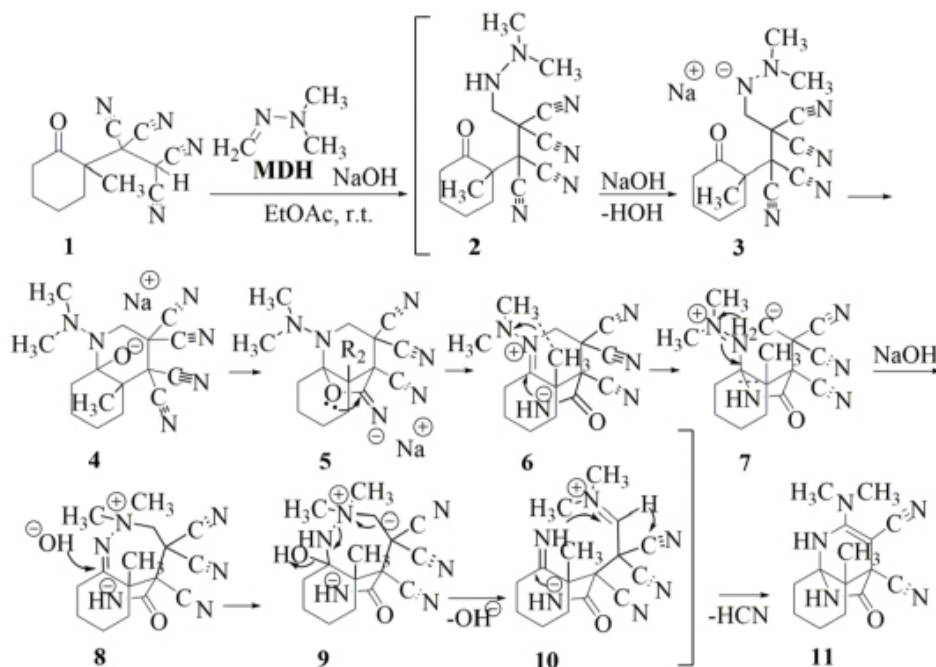


Рисунок 1. Предположительная схема синтеза 8a,4-(эпиминометано)хинолин-3,4-дикарбонитрила

Литература

1. Колесников С.В. Общие сведения о топливе — 1,1-диметилгидразине, окислении асимметричного диметилгидразина (гептила) и идентификации продуктов его превращения в проливах - Новосибирск: Изд-во СибАК, 2014, **60**, 110
2. Klages F., Nöber G., Kircher F., Bock M. *Justus Liebig's Annalen Der Chemie*. 1941, **547**, 1–38.
3. Dürr U., Kisch H. *Synlett*, 2000, **12**, 1335–1341.
4. Moore J.A., Kwart H., Wheeler G., Bruner H. *The Journal of Organic Chemistry*, 1967, **32**, 1342–1346.

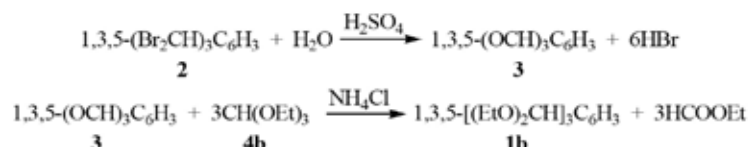
Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-23-00656.

НОВЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА 1,3,5-БЕНЗОЛТРИКАРБАЛЬДЕГИДА И ЕГО АЦЕТАЛЕЙ

**Иванова С.Ю., Газизов М.Б., Хайруллин Р.А., Хайруллина О.Д.,
Шайхутдинова Л.Р., Каримова Р.Ф., Ибрагимов Ш.Н., Нуриахметов Б.Д.**

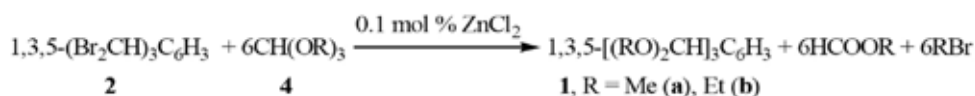
*Казанский национальный исследовательский технологический
университет, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68
e-mail: ivanova.s.u@mail.ru*

Ароматические полиальдегиды и их ацетали используются в приготовлении бактерицидных композиций для дезинфекции и стерилизации. В работе¹ описывается двухстадийный метод синтеза этилового триацетала 1,3,5-бензолтрикарбальдегида **1б**: 1) гидролиз 1,3,5-трис(дибромометил)бензола **2** водным раствором серной кислоты до 1,3,5-бензолтрикарбальдегида **3**; 2) ацетализация альдегида **3** триэтилортоформиатом **4б**.

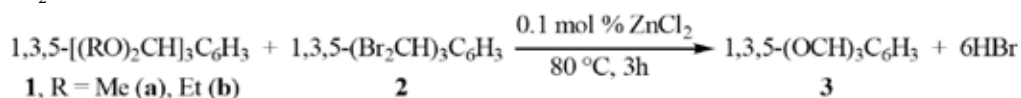


Недостатками метода является использование серной кислоты при гидролизе гексабромидов **2** и выделение при этом бромоводорода. Они корродируют аппаратуру. Целью данной работы является разработка методов синтеза соединений **1** и **3**, лишенных вышеуказанных недостатков.

Ранее нами был разработан способ получения ацеталей непосредственно из бензальгалогенидов². Используя этот метод, гексабромид **2** непосредственно превращали в триацеталь **1**.



Так как в соединениях **1** и **2** содержатся по три дибромометильные и ацетальные группы, мы предположили, что при их взаимодействии между собой получится триальдегид **3**. Действительно, при нагревании смеси **1** и **2** в присутствии ZnCl_2 при 80°C в течение 3 часов образуется альдегид **3**.



Литература

- Домбровский В.А., Яновская Л.А. *Изв. АН СССР, Сер. Хим.*, 1975, **8**, 1885.
- Газизов М.Б., Иванова С.Ю., Башкирцева Н.Ю. *Изв. РАН, Сер. Хим.*, 2017, **7**, 1230.

ВХОДНОЙ ПОТОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО ФРАГМЕНТА ХИМИЯ ПОЛИТЕМАТИЧЕСКОЙ БД ВИНИТИ РАН

Колтунова Е.В.

*Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН)
125190, г. Москва, ул. Усиевича, д.20,
e-mail:koltunovaev@viniti.ru*

Политематическая реферативная база данных ВИНТИ РАН по естественным, точным и техническим наукам призвана осуществлять научно-информационное обеспечение и поддержку фундаментальных исследований и практических разработок по приоритетным направлениям развития науки, технологии и техники. Ученые-химики института, выполняя аналитико-синтетическую переработку НТЛ по химии, химической технологии и наукам о материалах, создают тематический фрагмент Химия, являющийся одним из 26 тематических фрагментов политематической БД.

Первым и важнейшим этапом работы по формированию тематического фрагмента является анализ входного потока НТЛ, в том числе с целью выявления актуальных и перспективных направлений исследований в предметных областях Химия, Химическая технология, Материаловедение. Еще одна задача, которая решается в ходе анализа входного потока – отбор для аналитико-синтетической обработки документов в соответствии с Рубрикатом отраслей знаний ВИНТИ РАН, построенным на основе углубления ГРНТИ.

При обработке входного потока НТЛ используются следующие виды анализа: описательный, статистический, исследовательский, прогностический. В рамках статистического анализа исследуется структура входного потока НТЛ в области химии, химической технологии и наукам о материалах по виду (электронные, печатные) и типу документов (серийные издания, издания книжного типа, патенты и пр.), годам издания, языку и стране происхождения первоисточника. Ежегодный объем аналитических данных – около 200 000 и более документов. В 2023 г. входной поток НТЛ для формирования тематического фрагмента Химия содержал, преимущественно, документы, поступающие в электронном виде (88%), на английском языке (83,5%), из серийных периодических изданий (92,5%), 2023 года издания (71,1%). Эти показатели свидетельствуют об актуальности информации, отражаемой в тематических фрагментах по химическим наукам.

Работа проводилась в рамках выполнения Государственного задания ВИНТИ РАН (FFFU-2022-0005)

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРРОЛИДИНА С 2,6-ДИ-ТРЕТ-БУТИЛ-ФЕНОЛЬНЫМ ФРАГМЕНТОМ

Колумбет А.Д.^{1,2}, Осипова В.П.², Половинкина М.А.², Кудрявцев К.В.³

¹Астраханский государственный технический университет, 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16,
e-mail: osipova_vp@mail.ru

²Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, 344006, Ростов-на-Дону, ул. Чехова, 41

³Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена,
195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8

Исследованы антиоксидантные свойства 2-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)-4,7-диоксо-6-фенилоктагидро-1*H*-пирроло[2,3-*d*]-пиридазин-3-карбоновой кислоты (**1**) и метилового эфира 3-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)-5-(2-(2,5-диоксопирролидин-1-ил)фенил)-1-метил-4,6-диоксооктагидропирроло[3,4-*c*]пиррол-1-карбоновой кислоты (**2**) в сравнении с ионолом и тролоксом. Отмечается умеренная активность в отношении синтетических радикалов: 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (33-36% инг.), 2,2'-азино-бис(3-этил-бензотиазолин-6-сульфокислоты) (22-57% инг.), а также сгенерированного в растворе нитропруссид натрия природного радикала оксида азота (27-38 % инг.), несмотря на наличие систем переноса атомов водорода в структуре изучаемых соединений. Восстановительная способность соединения **1** участвовать в реакциях переноса электрона на Cu^{2+} в комплексе с 2,9-диметил-1,10-фенантролином (CUPRAC-тест) и на Fe^{3+} во FRAP-тесте близка к эталонным соединениям – тролоксом, активность которого принята за 1. В отношении супероксид анион-радикала, полученного в ферментативной системе ксантин/ксантиноксидаза, показана большая утилизирующая способность соединений **1** и **2** (26 и 37% инг.), в отличие от модельной системы неферментативного хиноидного аутоокисления адреналина, где активность производных составляет всего 13 и 24% инг., соответственно. В присутствии спермы русского осетра установлено повышение акцепторной способности соединений в отношении супероксид анион-радикала, что указывает на их СОД-протекторное действие. На основании полученных результатов можно делать вывод о повышенной антирадикальной и восстановительной активности 2-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)-4,7-диоксо-6-фенилоктагидро-1*H*-пирроло-[2,3-*d*]-пиридазин-3-карбоновой кислоты, что позволяет рассматривать её в качестве потенциального криопротектора спермы осетровых рыб антиоксидантного действия.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №22-16-00095.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ РЯДА ГАЛОХРОМНЫХ СТИЛЬБЕНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ALLIUM TEST

Кометиани Илона

На англ есть на русском не нашла

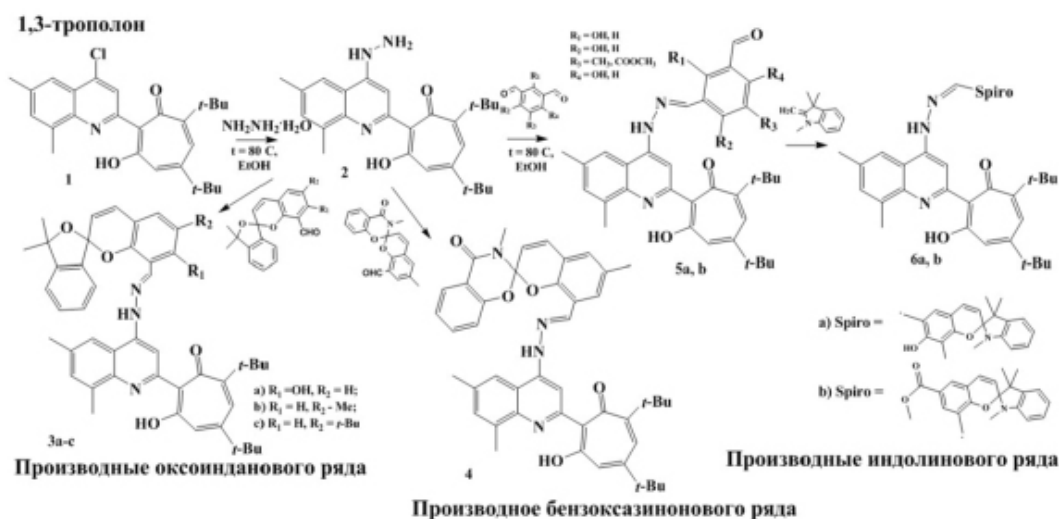
ПОЛУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ДИАД ДЛЯ ТЕРАНОСТИКИ НА ОСНОВЕ 1,3-ТРОПОЛОНА, ФУНКЦИОНИЗИРОВАННОГО ФОТОХРОМНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

**Красникова Т.А., Саяпин Ю.А., Ожогин И.В., Буланов А.О., Макарова Н.И.,
Тупаева И.О., Гусаков Е.А., Минкин В.И.**

*Южный федеральный университет, НИИ физической и органической химии,
344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки 194/2
e-mail: krasnikovachem@gmail.com*

Направленное получение препаратов с лечебно-диагностическим действием является важной задачей терапии и ставит перед химиками задачу синтеза молекулярных тандемов на основе фотохромных и биоактивных соединений.

В нашей работе в качестве молекул-фотопереключателей для осуществления светового контроля над фармакологической активностью выступают фотохромные соединения спироциклической природы, а в роли биологически активной составляющей – 2-хиолин-2-ил-1,3-трополоновый остов. Ранее было установлено, что некоторые производные 1,3-трополонов проявляют значительную цитотоксическую активность по отношению многих клеточных линий рака^{1,2}.



Строение продуктов 2-6 установлено физико-химическими методами, в том числе РСА. Проведены фотохимические исследования полученных систем.

Литература

1. Минкин В.И., Кит О.И., Саяпин Ю.А. [и др.]. Патент 2810581РФ, 2023.
2. Gusakov E.A., Topchy J.A., Mazitova A.M. et al. RSC Adv, 2021, 11, 8, 4555-4571.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 21-73-10300.

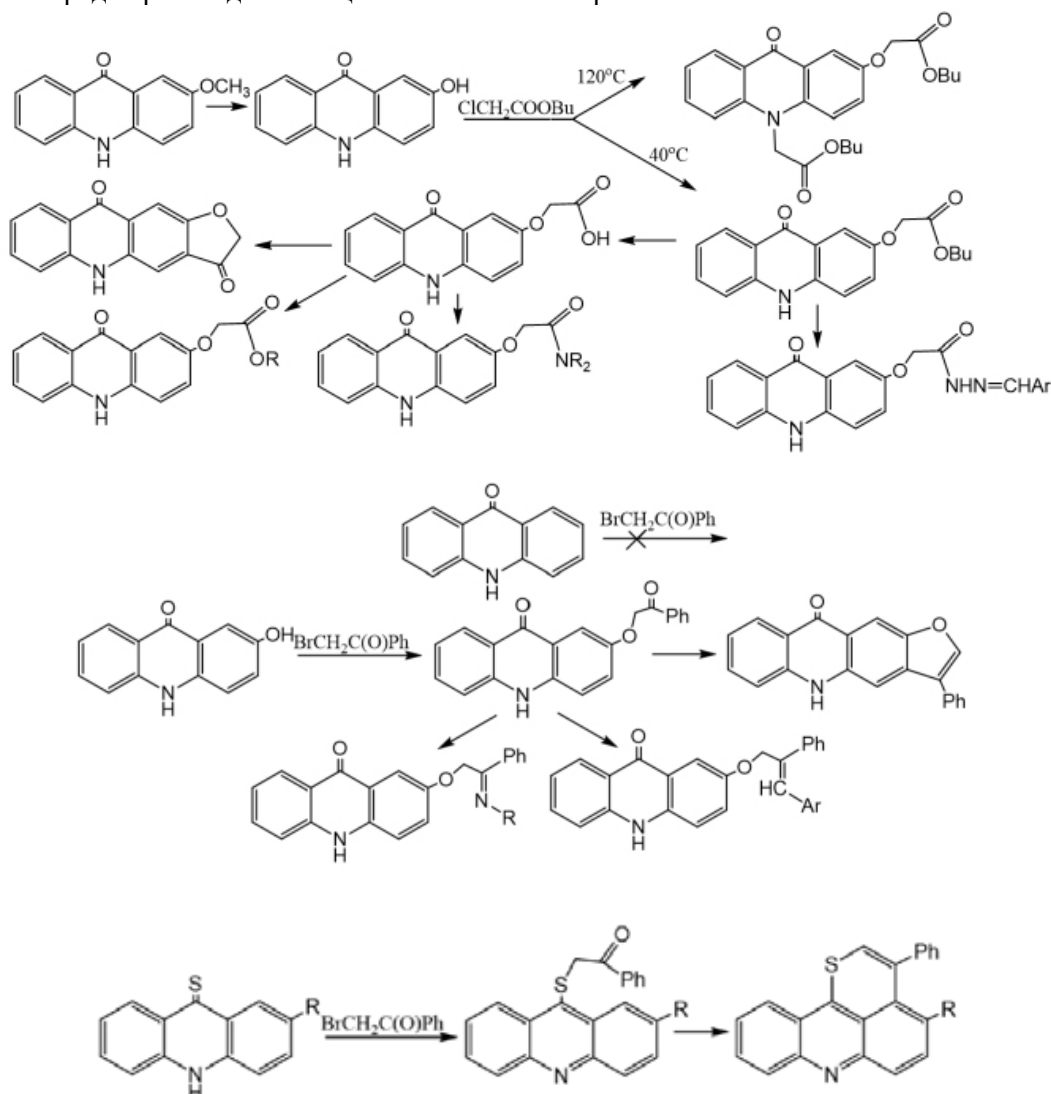
ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 9-АКРИДАНОНА С АЛЬФА-ГАЛОГЕНКАРБОНИЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Кудрявцева Т.Н.,^а Мельниченко В.Э.,^а Ламанов А.Ю.,^а Климова Л.Г.^б

^аКурский государственный университет, 305000, Курск, ул. Радищева, 33,
e-mail: labos@kursksu.ru

^бКурский государственный медицинский университет, 305041,
г. Курск, ул. К.Маркса, 3

С целью синтеза новых прекурсоров для получения биологически активных соединений исследованы и оптимизированы условия алкилирования 9-акриданона и его гидроксипроизводных, а также 9-акридантона бутиловым эфиром монохлоруксусной кислоты и фенацилбромидом. Для полученных продуктов алкилирования осуществлен синтез ряда производных и оценена их антибактериальная активность *in vitro*.



ПОЛУЧЕНИЕ ЦИКЛОПРОПАН-СОДЕРЖАЩИХ НИТРОЭФИРОВ В СРЕДЕ СЖИЖЕННОГО 1,1,1,2-ТЕТЕРАФТОРЭТАНА

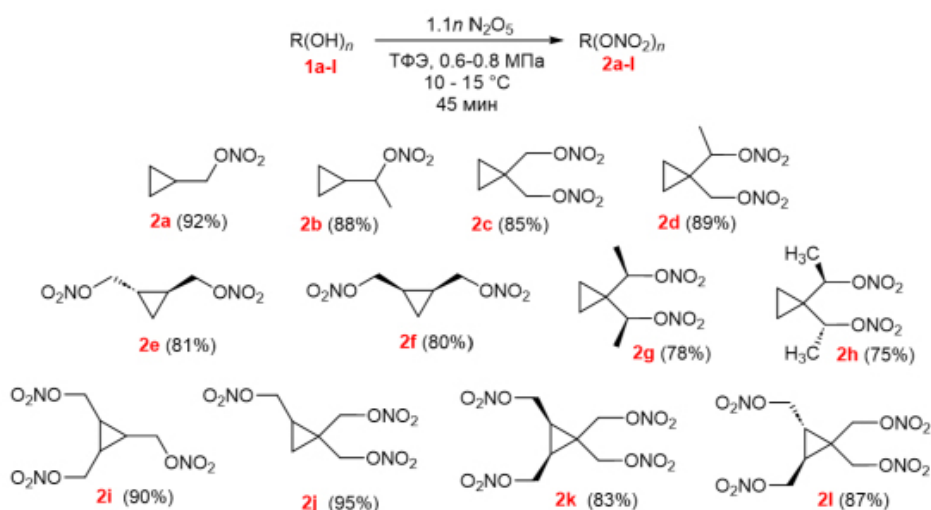
**Кучуров И.В.,^а Третьякова Е.А.,^б Сайгин Д.И.,^с Жарков М.Н.,^а
Томилов Ю.В.,^а Злотин С.Г.^а**

^аИнститут органической химии им Н.Д. Зелинского Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 47,
e-mail: kuchurov@ioc.ac.ru

^бРоссийский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1

^сМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

Предложен эффективный и экологичный метод синтеза неописанных ранее циклопропан-содержащих нитроэфиров, включающий взаимодействие соответствующих спиртов с оксидом азота (V) в среде сжиженного 1,1,1,2-тетрафторэтана (ТФЭ, Фреон R134a).



Предложенный метод обладает рядом преимуществ, в том числе мягкие условия реакции, масштабируемость процесса, возможность рециркуляции растворителя с использованием простого и доступного оборудования, что делает его привлекательным для промышленного внедрения.

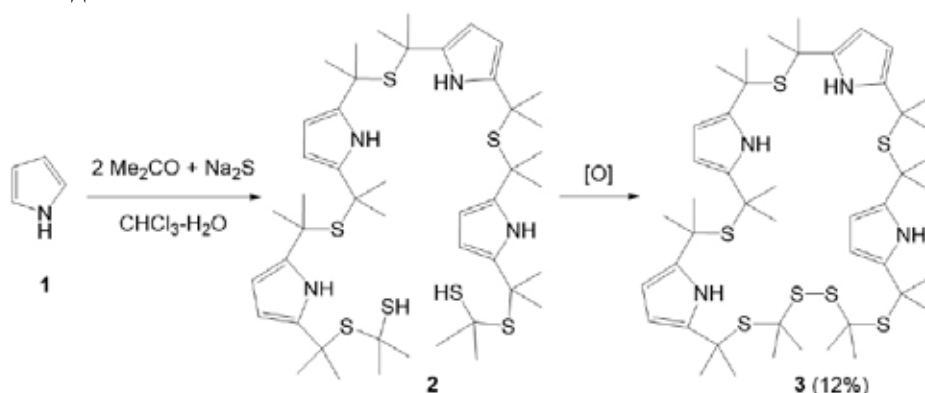
МУЛЬТИКОМПОНЕНТНАЯ ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ ПИРРОЛА С АЦЕТОНОМ И СУЛЬФИДОМ НАТРИЯ

Леонтьев Д.В., Ахметова В.Р.

Институт нефтехимии и катализа Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
пр. Октября 141, Уфа, 450075 Россия,
e-mail: vnirara@mail.ru

Производные порфиринов образуют супрамолекулярные ансамбли с белками и представляют интерес в качестве терапии онкозаболеваний^{1,2}.

Нами изучено мультикомпонентное циклотиметилирование пиррола **1** в режиме *one-pot*. Применение в данной реакции в качестве реагента смесь «формальдегид-сероводород» в силу ацидофобности пиррола **1** приводит к осмолению субстрата. Однако тиметилирование **1** с участием ацетона и сульфида натрия проходит с регулярной самосборкой молекул, давая целевой макрогетероцикл **3**, который образуется при окислении на воздухе промежуточного дитиола **2**.



В результате получена смесь поли(сульфанилпропан-2-ил)пирролов с различной длиной цепи. С помощью «ВЭЖХ-HRMS» фиксируется циклический продукт **3** (12%), который выделен колоночной хроматографией и охарактеризован методами ЯМР ¹H, ¹³C.

Литература

1. Н.А. Брагина, К.А. Жданов, А.Ф. Миронов. Успехи химии, 2016, 85(5), 477-512.
2. М.А. Грин, В.А. Погорилый, А.Н. Ноев, С.И. Тихонов, А.Г. Мажуга, А.Ф. Миронов. Макрогетероциклы 2018 **11**(1) 89-94.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНК УФИЦ РАН FMRS-2022-0079, 2022–2024 гг.

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ С ПЕРЕНОСОМ ЗАРЯДА С ЛИГАНДА НА МЕТАЛЛ В МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

Лукова Г.В.

*Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии
Российской академии наук, 142432, Черноголовка,
e-mail: gloukova@mail.ru*

Металлоорганические соединения перспективны во многих областях науки и техники. Современное состояние фотофизики и фотохимии состояний с переносом заряда с лиганда на металл (ПЗЛМ) металлоорганических соединений свидетельствует о том, что исследования в этой области очень редки и несистематичны (впервые обобщены в 2022 г.¹) В этой области экспериментального и теоретического знания работает авторский коллектив (автор доклада и другие соавторы). В докладе будут освещены систематические исследования²⁻⁸ окислительно-восстановительных, фотофизических, фотохимических свойств редких возбужденных состояний ПЗЛМ и характеристики граничных орбиталей, определяющие реакционную способность (в т.ч. парадигма переноса электрона $Eh_v \propto \Delta E_{\text{redox}}$), ПЗЛМ сольватохромизм и оценка электрического дипольного момента металлокомплексов (подход Липперта-Матага и комбинированный подход Бахшиева, Билот-Кавски и МакРа), ПЗЛМ триплет – триплетное поглощение и триплет – триплетный перенос энергии и т.д. Будут рассмотрены расчетные методы, доступные для моделирования электронных спектров ПЗЛМ на примере металлоценов 4 группы, будет предложена оценка достоверности получаемых результатов методами разного уровня теории.

Литература

1. Loukova G.V. Springer Handbook of Inorganic Photochemistry (Eds.: D. Bahnemann, A. O. T. Patrocinio). Chapter 19. Springer Handbooks. Cham: Springer. 2022. 465–499.
2. Loukova G.V., Strelets V.V. *J. Organomet. Chem.*, 2000, **606**, 203.
3. Loukova G.V. *Chem. Phys. Lett.*, 2002, **353**, 244.
4. Loukova G.V., Smirnov V.A. *Chem. Phys. Lett.*, 2000, **329**, 437.
5. Loukova G.V., Huhn W., Vasiliev V.P., Smirnov V.A. *J. Phys. Chem. A*, 2007, **111**, 4117.
6. Loukova G.V., Smirnov V.A., Starodubova S.E. *J. Phys. Chem. A*, 2007, **111**, 10928.
7. Loukova G.V., Vasiliev V.P., Milov A.A., Smirnov V.A., Minkin V.I. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 2016, **327**, 6.
8. Loukova G.V., Milov A.A., Vasiliev V.P., Minkin V.I. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2016, **18**, 17822.

Работа выполнена в соответствии с госзаданием № 124013000686-3.

ЗАРЯДОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО МАЛЛИКЕНУ И ГЕОМЕТРИЯ СТРУКТУРНО СЛОЖНОГО ТИТАНОЦЕНА

Лукова Г.В.^а, Милов А.А.^б

^а *Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии
 Российской академии наук, 142432, Черноголовка,
 e-mail: gloukova@mail.ru*

^б *Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону*

Металлоценовые комплексы подгруппы титана являются перспективными прекурсорами в катализаторах многих органических синтезов, для фото- и электролюминофоров, фосфоресцентных и полифункциональных материалов. Это класс соединений, обладающий редкими возбужденными состояниями с переносом заряда с лиганда на металл, в т.ч. уникальными фосфоресцентными.¹

Определение заселенностей орбиталей и зарядовых характеристик – принципиальная задача в фотонике и химии координационных соединений, которая не может быть решена только экспериментально. Моделирование геометрии и свойств возбужденных состояний неклассических соединений, в особенности металлоорганических, является труднорешаемой задачей. Впервые систематически – 124 методами разного уровня теории – оценены зарядовые характеристики сложного металлоорганического комплекса и сделан вывод о достоверности результатов расчета в приближении Малликена как исторически наиболее важного метода.² Показано, что анализ заселенностей орбиталей по Малликену дает очень противоречивые результаты. Так, в систематической серии из 124 популярных методов (HF, DFT) только 30 на основе высокого базиса QZVP (некоторые методы) и базисов Попла 6-311G** и 3-21G обеспечили приемлемый анализ зарядовых характеристик целевого титаноцена дикарборанила $\text{Ti}(\eta^5\text{-Cp})(\eta^1\text{-CpCMe}_2\text{CB}_{10}\text{H}_{10}\text{C})_2$ в рамках традиционного подхода Малликена. При этом подавляющее большинство этих же методов хорошо описывают молекулярную архитектуру и электрический дипольный момент комплекса.³ Показано, что целевой титаноцен дикарборанил имеет большой электрический дипольный момент (10–11 Дебай), очень редкий для металлоорганических молекул.

Литература

1. Loukova G.V. Springer Handbook of Inorganic Photochemistry (Eds.: D. Bahnemann, A. O. T. Patrocinio). Chapter 19. Springer Handbooks. Cham: Springer. 2022. 465–499.
2. Loukova G., Milov A. *AIP Conf. Proc.*, 2023, **2507**, 040010-1.
3. Loukova G.V., Milov A.A. *High Energy Chem.*, 2023, **57**, 472.7.

Работа выполнена в соответствии с госзаданием № 124013000686-3.

МОНО-ИМИНОАЦЕНАФТЕНОВЫЕ ЛИГАНДЫ: ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ

**Лукоянов А.Н., Зверева Ю.В., Литвинов А.М., Голенкова О.А.,
Маркин Г.В., Кетков С.Ю.**

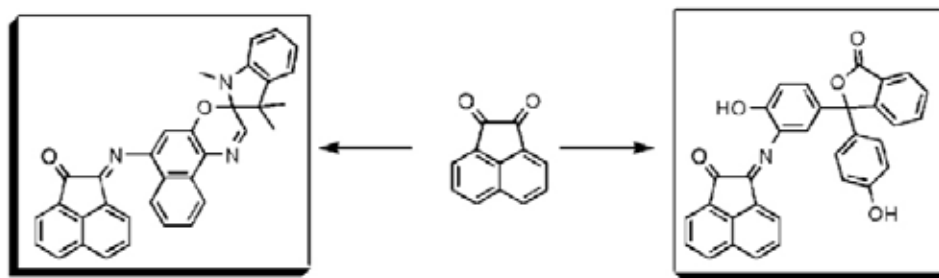
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской Академии наук
e-mail: anton_lukoyanov@mail.ru*

Показано, что моно-иминоаценафтеноны (Ar-MIAN) занимают промежуточное положение между о-хинонами и 1,2-бис-иминоаценафтенами (Ar-BIAN). Их свойства, прежде всего, стерические и окислительно-восстановительные являются промежуточными в указанном ряду^{1,2}.

Открытость карбонильного атома углерода Ar-MIAN приводит к возможностям протекания реакций сдвояивания вследствие одноэлектронного восстановления этого типа лигандов. Сдвояивание протекает обратимо и является вариантом стабилизации анион-радикальной формы при восстановлении некоторыми восстановителями.

Каталитические процессы продемонстрированы на примерах реакций гидроаминирования, гидроарилирования и полимеризации с раскрытием цикла.

Новым направлением в исследовании является комбинация редокс-активного amino-аценафтенового фрагмента с чувствительными к pH-среде молекулами, а также с фоточувствительными красителями (Схема).



Литература

1. Lukoyanov A.N., Ulivanova E.A., Razborov D.A., Khrizanforova V.V., Budnikova Yu.H., Makarov S.G., Rumyantsev R.V., Ketkov S.Y., Fedushkin I.L. *Chem. Eur. J.*, 2019, **25**(15), 3858.
2. Khrizanforova, V.V., Fayzullin, R.R., Gerasimova, T.P., Khrizanforov M.N., Zagidulin A.A., Islamov D.R., Lukoyanov, A.N., Budnikova, Y.H. *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, **24**(10), 8776.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-23-00474.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ НАНОКРИСТАЛЛА ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ЕГО РАЗМЕРА ЛИБО ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕГО ФОРМЫ В РАЗЛИЧНЫХ Р-Т-УСЛОВИЯХ

Магомедов М.Н.

*Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиал объединенного института высоких температур Российской Академии Наук, 367030, Махачкала, пр-т Шамиля 39-а,
 e-mail: mahmag4@mail.ru*

Аналитическим методом¹ (без компьютерного моделирования), который использует парный потенциал межатомного взаимодействия Ми–Леннарда–Джонса, изучены изменения уравнения состояния (P) и барических зависимостей свойств золота при переходе от макро- к нанокристаллу кубической или стержневидной формы из 306 атомов.

Четыре параметра межатомного потенциала были определены самосогласованным методом в работе². Эти параметры потенциала были протестированы при расчете свойств макрокристалла золота в статье³.

Были рассчитаны следующие свойства: температура Дебая (Θ), первый (γ) и второй (q) параметры Грюнайзена, модуль упругости (B_T), коэффициент теплового расширения (α_p), произведение $\alpha_p \cdot B_T$, теплоемкость (C), удельная (на единицу площади) поверхностная энергия (σ), производная функции σ по температуре ($\sigma'(T)$), температура плавления (T_m). Также были изучены производные указанных функций по давлению: $\Theta'(P)$, $B'(P)$, $\alpha'_p(P)$, $C'(P)$, $\sigma'(T)$, и $T'_m(P)$. При расчетах функций σ , $\sigma'(T)$ и $\sigma'(P)$ использован метод из⁴, а при расчете $T_m(P)$ и $T'_m(P)$ – метод из статьи⁵.

Показано, что при любых Р-Т-условиях при изоморфно-изотермо-изобарном уменьшении размера нанокристалла уменьшаются следующие функции: Θ , q , B_T , T_m . При этом увеличиваются функции: $\Theta'(P)$, γ , α_p , $|\alpha'_p(P)|$, $C(P)$, $|C'(P)|$, $|\sigma'(T)|$. Показано, что другие свойства: $\alpha_p \cdot B_T$, $B'(P)$, σ , $\sigma'(T)$, $T'_m(P)$, могут менять свою размерную зависимость при изменении Р-Т-условий.

При отклонении формы нанокристалла от наиболее энергетически оптимальной формы (в данном случае это куб) размерные изменения барических и температурных зависимостей увеличиваются.

Литература

1. Magomedov M.N. *J.Phys.Chem.Sol.*, 2021, **151**, 109905. DOI: 10.1016/j.jpcs.2020.109905
2. Magomedov M.N. *Phys. Sol. State*, 2021, **63**, 9, 1415. DOI: 10.1134/S1063783421090250
3. Magomedov M.N. *Comp.Cond.Matt.*, 2022, **31**, e00673. DOI: 10.1016/j.cocom.2022.e00673
4. Magomedov M.N. *Phys. Rev. B.*, 2024, **109**, 035405. DOI: 10.1103/PhysRevB.109.035405
5. Magomedov M.N. *Vacuum*, 2024, **221**, 112950. DOI: 10.1016/j.vacuum.2023.112950

О ПАРАМЕТРЕ ЛИНДЕМАННА ДЛЯ ПЛАВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДАВЛЕНИЯХ

Магомедов М.Н.

*Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиал объединенного института высоких температур Российской Академии Наук, 367030, Махачкала, пр-т Шамиля 39-а,
e-mail: mahmag4@mail.ru*

Исходя из делокализационного критерия плавления¹, получено выражение для параметра Линдемманна. Для однокомпонентного кристалла с колебательным спектром Эйнштейна оно имеет вид:

$$L_E(T_m) = \left[\frac{(\langle u^2 \rangle)^{1/2}}{c} \right]_{T_m} = \frac{0.08185}{k_p^{1/3} [f_y(y_w)]^{1/2}} \cdot f_y(y_w) = \frac{2 [1 - \exp(-y_w)]}{y_w [1 + \exp(-y_w)]}, \quad (1)$$

где $\langle u^2 \rangle^{1/2}$ – среднеквадратичное отклонение атома в кристалле, $c = [6k_p V/(\pi N)]^{1/3}$ – расстояние между центрами ближайших атомов, k_p – коэффициент упаковки структуры, V – объем системы, N – число атомов в ней, T_m – температура плавления, Θ – температура Дебая, $y_w = 3\Theta/(4T_m)$.

Показано, что для классических кристаллов (у которых $T_m/\Theta > 1.5$) параметр Линдемманна (1) определяется только структурой кристалла и не зависит от давления, либо от размера в случае нанокристалла. Расчеты для различных структур классических однокомпонентных кристаллов показали хорошее согласие с оценками других авторов.

Для квантовых однокомпонентных кристаллов (у которых $T_m/\Theta < 0.4$) параметр Линдемманна (1) определяется не только структурой кристалла, но и плотностью, а также размером и формой в случае нанокристалла. Показано, что для квантовых кристаллов параметр Линдемманна уменьшается с ростом давления вдоль линии плавления. Для квантовых нанокристаллов параметр Линдемманна (1) возрастает при изобарном уменьшении размера нанокристалла. При этом размерное увеличение параметра Линдемманна тем больше, чем заметнее форма нанокристалла отклонена от энергетически оптимальной формы.

Таким образом, критерий Линдемманна можно использовать только для изучения плавления классических кристаллов. Использование критерия Линдемманна для изучения плавления квантовых кристаллов (как это пытались сделать в работе² при изучении плавления атомарного металлического водорода) некорректно.

Литература

1. Magomedov M.N. *Vacuum*, 2023, **213**, 112079. DOI: 10.1016/j.vacuum.2023.112079
2. Loa I., Landgren F. *J.Phys.:Cond.Matt.*, 2024,**36**,185401. DOI:10.1088/1361-648X/ad1e08

СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПИСАНИЮ КЛАСТЕРНОГО СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Макашева А.М., Малышев В.П.

*Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева,
100009, Караганда, ул. Ермакова, 63, Казахстан,
e-mail: astra-makasheva@mail.ru*

Инструментами стохастической разработки кластеров послужили распределение Больцмана для кинетической энергии хаотического (теплового) движения частиц; авторская концепция хаотизированных частиц в составе трех энергетических классов: от нуля до теплового барьера плавления RT_m – кристаллоподвижные (*crm*-), от RT_m до RT_b (барьера кипения) – жидкоподвижные (*lqm*-), выше RT_b – пароподвижные (*vm*-); авторское распределение кластеров по числу n входящих в них *crm*-частиц $P_{cl,n} = (1 - P_{crm})^n$; теория вероятностей и теория устойчивости систем; впервые математическая теория изоморфизма применена к установлению эквивалента дискретных и непрерывных распределений; использован принцип суперпозиции для взаимосвязи всех долей хаотизированных частиц¹ – P_{crm} , P_{lqm} , P_{vm} и P_{cl} . Предложены соответствующие расчетные формулы и дана оценка их точности по соотношению остаточной и полной сумм ряда:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. . | 8. . |
| 2. . | 9. $P_{crm,m} = 1 - e^{-1} \approx 0,632$. |
| 3. . | 10. $s = s_n + R_n$. |
| 4. . | 11. . |
| 5. $P_{crm} + P_{lqm} + P_{vm} = 1$. | 12. $n_p = \ln \rho / \ln P_{crm}$. |
| 6. . | 13. . |
| 7. . | 14. . |

Литература

1. Malyshev V.P., Makasheva A.M., Bekbaeva L.A. Bulletin of the Karaganda University, Chemistry Series, 2021, 4, 69.

СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ КЛАСТЕРОВ В ИНТЕРЬЕРЕ ТВЕРДОГО, ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

Малышев В.П., Макашева А.М.

*Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева,
100009, Караганда, ул. Ермакова, 63, Казахстан,
e-mail: astra-makasheva@mail.ru*

Основное внимание в исследованиях кластеров уделяется структурному подходу. Случайная природа этих неустойчивых образований изучается недостаточно. Нами получена общая картина взаимосвязи кластеров с основными агрегатными состояниями вещества в качестве особого подкласса кристаллоподвижных частиц, отождествляемых для твердого состояния с равновесными дефектами кристаллической решетки. В жидкости и газе они принимают простейшую округлую форму при плотной упаковке в них частиц с нуль-кристаллическими размерами по диаметру, площади и объему в сравнении со структурными суммарными показателями – координационными числами.

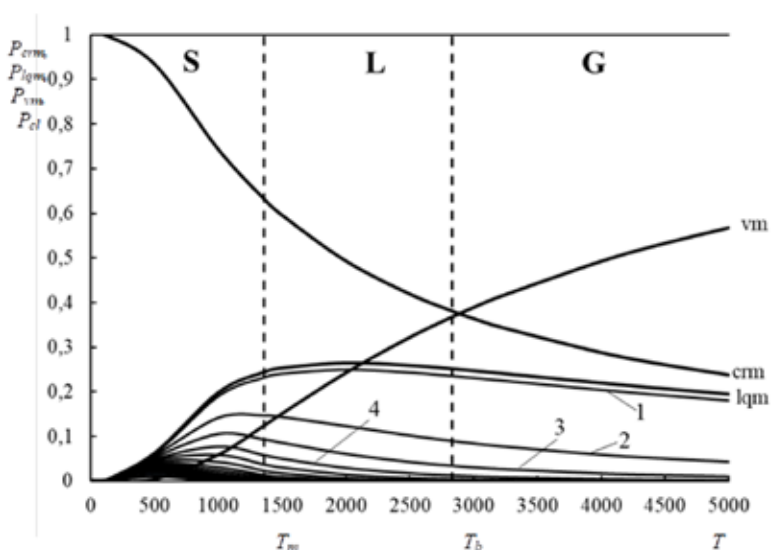


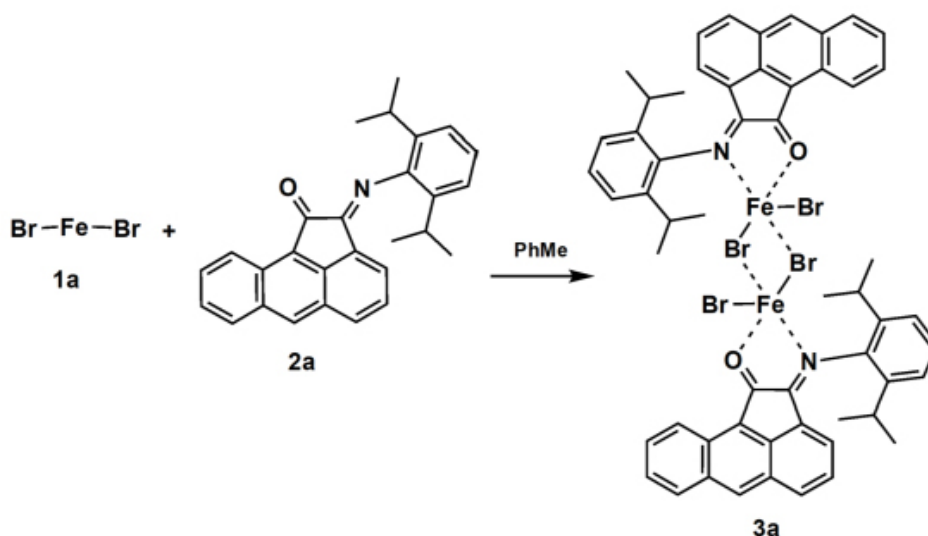
Рисунок. Температурная зависимость доли кристаллоподвижных (*crm*), жидкоподвижных (*lqm*), пароподвижных (*vm*) и кластерных (1, 2, 3, 4...) частиц со смещением температуры максимума доли кластеров.

МОНО(ИМИНО)АЦЕАНТРЕНОНОВЫЙ КОМПЛЕКС БРОМИДА ЖЕЛЕЗА(II)

**Маркин Г.В., Лукоянов А.Н., Жигулин Г.Ю., Кетков С.Ю., Баранов Е.В.,
Лопатин М.А., Беликов А.А.**

*Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской академии наук,
603137, Нижний Новгород, Тropicина 49,
e-mail: mag@iomc.ras.ru*

Бромид железа(II) (**1a**) взаимодействует с (E)-2-(2,6-диизопропилфенилимино)ацеантрилен-1(2H)-оном (**2a**) в растворе толуола при 423 К (в запаянной дегазированной ампуле в отсутствии следов влаги) образуя темно красные кристаллы. Согласно данным РСА образуется координационный комплекс бис((2-(2,6-диизопропилфенилимино)ацеантрилен-1(2H)-он)железодибромид) (**3a**) который имеет димерное строение за счет взаимодействия железных фрагментов.



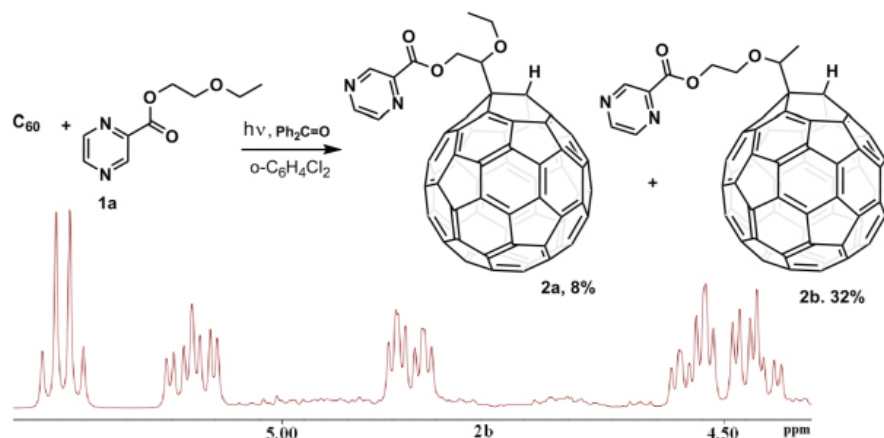
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-13-00139 с использованием «Аналитического центра ИМХ РАН» грант «Обеспечение развития материально-технической инфраструктуры центров коллективного пользования научным оборудованием» (RF---2296.61321X0017, Номер Согл. 075-15-2021-670).

ФУЛЛЕРЕНОВЫЕ 2-ЭТОКСИЭТИЛПИРАЗИН -2-КАРБОКСИЛАТЫ

**Маркин Г.В., Беликов А.А., Жигулин Г.Ю., Кетков С.Ю., Каткова М.А.,
Лопатин М.А., Забродина Г.С.**

*Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской академии наук,
603137, Нижний Новгород, Троицкая 49,
e-mail: mag@iomc.ras.ru*

C_{60} взаимодействует с 2-этоксипиразин-2-карбоксилатом (**1a**) в присутствии бензофенона в растворе о-дихлорбензола при 293 К образуя 1-(1-этоксипиразин-2-карбонил)оксиэтил-1,2-дигидрофуллерен (**2a**) и 1-(1-(2-((пиразин-2-карбонил)окси)этоксипиразин-2-карбонил)оксиэтил)-1,2-дигидрофуллерен (**2b**). Сигнал CH_3 группы **2a** (т, $\delta=1.56$ мд) и **2b** (д, $\delta=2.34$ мд, $J=6.3$ Гц) смещен в слабое поле по сравнению с **1a** (т, $\delta=1.19$ мд, $J=7.0$ Гц) в спектре ЯМР 1H ($CDCl_3$). Сигналы CH_2 групп и протонов пиразинового кольца у **2a** и **2b** под акцепторным влиянием $C_{60}H$ фрагмента тоже смещены в слабое поле по сравнению с **1a**. Синглет метинового фуллеренового протона **2a** лежит в более слабом магнитном поле (7.01 мд) по сравнению с **2b** (6.82 мд) из-за акцепторного влияния атомов кислорода. Сигнал метинового протона эфирной цепи **2b** (квартет, $\delta=5.25$ мд) находится в более сильном магнитном поле по сравнению с **2a** (дд, $\delta=5.81$ мд) из-за донорной CH_3 группы. **2a** менее полярен, чем **2b**, поскольку элюируется первым, при хроматографии на силикагеле, значит, у **2a** фуллереновый каркас сильнее экранирует полярный пиразин-2-карбоксилатный фрагмент. Все реакции выполнены в инертной атмосфере.



Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Аналитический центр ИМХ РАН» в рамках госзадания.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ $\text{H}_3\text{AsO}_4 - \text{H}_2\text{O}$

**Менщикова Т.К., Никонов К.С., Бреховских М.Н., Ваймугин Л.А.,
Мыслицкий О.Е.**

*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 31,
e-mail: mbrekh@igic.ras.ru*

При оптимизации процессов электролиза растворов мышьяковой кислоты с целью выделения арсина необходимо учитывать термические свойства растворов, прежде всего, теплоемкость. Литературные значения теплоемкости растворов в системе $\text{H}_3\text{AsO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ практически отсутствуют. Поэтому для увеличения выхода AsH_3 при электрохимическом получении из водных растворов мышьяковой кислоты необходимо изучить термические свойства в системе $\text{H}_3\text{AsO}_4 - \text{H}_2\text{O}$. В работе удельную теплоемкость растворов $\text{H}_3\text{AsO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ измеряли методом адиабатической калориметрии.

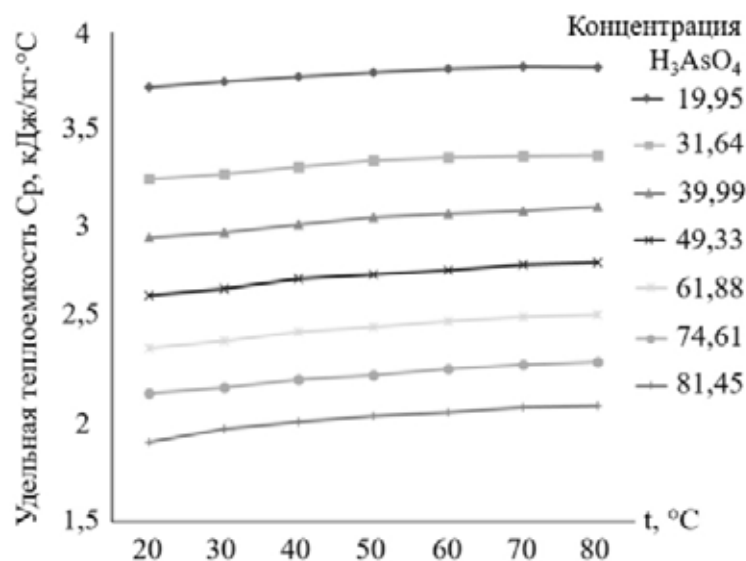


Рис. 1. Зависимости удельной теплоемкости C_p растворов мышьяковой кислоты от температуры при различных концентрациях мышьяковой кислоты, мас. %.

Установлено, что C_p растворов в системе $\text{H}_3\text{AsO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ растет с увеличением температуры и уменьшается с увеличением концентрации мышьяковой кислоты (рис. 1). Теплоемкость раствора с 19,95 мас. % H_3AsO_4 возрастает так же, как и теплоемкость воды, которая характеризуется монотонным возрастанием.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ИОНХ РАН. Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП ФМИ ИОНХ РАН.

ДИТИОКАРБАМАТЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИНТОНЫ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

**Муканова М.С., Сычева Е.С., Ануарбекова И.Н., Маркина Д.Б.,
Балабаева А.М., Ыскак М.Т.**

*Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, г. Алматы,
050010, Республика Казахстан, ул. Ш. Уалиханова, 106
chem_mukan@mail.ru*

Дитиокарбаматы представляют широкий класс серосодержащих органических соединений, производных дитиокарбаминовых кислот, являются перспективным объектом как для фундаментальных, так и для прикладных исследований в химической науке.

В лаборатории Химии физиологически активных веществ Института химических наук им. А.Б. Бектурова на протяжении нескольких лет интенсивно ведутся исследования по синтезу полифункциональных гетероциклических, ациклических и ароматических дитиокарбаматов и их производных: тиацетиленовых спиртов и эфиров, тиаангидридов, тиаэфиров и комплексов с переходными металлами и природными полисахаридами, а также по поиску и созданию на их основе активных веществ с широким спектром биологической активности.

В результате проведенных исследований нами синтезированы дитиокарбаматы и их алкиловые тиаэфиры, тиаангидриды, тиацетиленовые производные и комплексы с переходными металлами на основе 1*H*-1,2,4-триазола, 1*H*-бензо[d][1,2,3]триазола, индола, индолина, пирролидина, морфолина, *N*-метил-, *N*-дифенилметил-, *N*-этилпиперазина, *N*-бензилметиламина, дифениламина, дибензиламина, *N*-(4-метоксифенил)ацетамида, бис(2-гидроксипропил)амина, бис(3-аминопропил)амина, гексан-1,6-диамина и *N*-метил-1-фенилметанамина.

Исследования биологической активности синтезированных дитиокарбаминовых производных позволили выявить вещества, обладающие ростстимулирующей, корнеобразующей, фунгицидной, гербицидной и антибактериальной активностью, которые могут в дальнейшем найти применение в сельском хозяйстве.

Среди синтезированных дитиокарбаминовых производных нами обнаружены вещества, обладающие флотационной активностью, которые могут быть применены в качестве пенообразователей и собирателей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета Науки МНУВО по программе целевого финансирования № BR21882220 «Синтез и создание технологий удобрений, композиций, препаратов и материалов многофункционального действия для применения на пустынных и деградированных землях» (2023-2025гг.).

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ $\text{Na,K||SO}_4\text{,CO}_3\text{,HCO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$ ПРИ 25°C В ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВИЛЬОМИТА

Низомов И., Шерзоди С., Солиев Л.

*Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни,
734003, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121
e-mail: Isokhon@mail.ru*

Процесс утилизации жидких отходов промышленного производства алюминия¹ определяется закономерности фазовых равновесий в шестикомпонентной водно-солевой системе $\text{Na,K||SO}_4\text{,CO}_3\text{,HCO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$, и поэтому, представляет интерес определение возможностей совместных кристаллизаций составляющих данную составу солей.

Вильомит (NaF) является равновесной фазой в 6 из 14 четырёхкомпонентных систем, составляющих исследуемую шестикомпонентную систему и фазовые равновесия в которых были исследованы ранее методом трансляции².

Установлено, что вильомит участвует в формировании 18 дивариантных полей, 22 моновариантных кривых и 9 невариантных точек. На основании полученных данных построена замкнутая фазовая диаграмма (фазовый комплекс) исследованной системы при 25°C в области кристаллизации вильомита (NaF), которая фрагментирована по дивариантным полям³.

Полученные данные могут быть использованы при регенерации жидких отходов промышленного производства алюминия, содержащих сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты и фториды натрия и калия.

Анализ построенного фрагмента диаграммы фазовых равновесий исследованной системы при 25°C, на уровне пяти и шестикомпонентного составов, показывает на участие вильомита (NaF) в формировании следующего количества геометрических образов: невариантные точки – 13 и 9; моновариантные кривые – 18 и 22; дивариантные поля – 7 и 18.

Литература

1. Азизов Б.С., Сафиев Х. С. Рузиев Дж. Р. Комплексная переработка отходов производства алюминия. Изд. «Эр-граф», Душанбе 2005, 149с.
2. Солиев Л. Прогнозирование строения диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных водно-солевых систем методом трансляции. М. 1987г. 28 с. Деп. В. ВИНТИ АН СССР. 20.12.88г. № 8990-В 87.
3. Солиев Л., Низомов И., Джумаев М., Икбол Г. Фазовые равновесия в системе $\text{Na,K||SO}_4\text{,CO}_3\text{,HCO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$ при 0°C в области кристаллизации вильомита. Вестник национального университета. (научный журнал), 2015, №1/1(156). С. 132.

ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ИОНА АММОНИЯ С КОМПОНЕНТАМИ СМЕШАННОГО РАСТВОРИТЕЛЯ N-МЕТИЛПИРРОЛИДОН-ВОДА НА ТЕ- ПЛОЕМКОСТЬ И ОБЪЕМНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

Новиков А.Н., Семак М.А., Арнгольд В.А., Селина В.А.

Новомосковский институт Российского химико-технологического университета имени Д.И.Менделеева,
301665, Новомосковск, ул. Дружбы 8,
e-mail: anngic@yandex.ru

На основании калориметрических и денсиметрических измерений нами были получены стандартные значения теплоемкости \overline{C}_p^0 и объема \overline{V}_i^0 ионов щелочных металлов и аммония в смесях N-метилпирролидон (МП)-вода. Величины $\overline{C}_{p,i}^0$ и \overline{V}_i^0 обычно представляют как сумму нескольких вкладов, учитывающих различные типы взаимодействий ион-растворитель. Для расчета некоторых из них в настоящее время существуют теоретические методы, для оценки вклада специфических взаимодействий такие методы отсутствуют.

Учитывая одинаковый заряд и почти равные размеры ионов NH_4^+ и Rb^+ , а значит близкие значения остальных составляющих, разность величин $\overline{C}_{p,i}^0$ и \overline{V}_i^0 позволяет определить вклад $\Delta_{\text{sp.int.}} C_{p,i}^0$ и $\Delta_{\text{sp.int.}} V_i^0$ иона аммония при всех составах смеси МП-вода.

	$X_{\text{МП}}$						
	0,00	0,10	0,33	0,50	0,75	0,90	1,00
$\Delta_{\text{sp.int.}} C_{p,i}^0 \pm 10 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$	30	2	-7	-5	-8	-9	-28
$\Delta_{\text{sp.int.}} V_i^0 \pm 1,0 \text{ см}^3/\text{моль}$	4,1	3,5	0,2	0,2	-0,7	-0,2	2,9

Таблица. Вклад в величины $\overline{C}_{p,i}^0$ и \overline{V}_i^0 , вызванный специфическими взаимодействиями иона аммония с компонентами смешанного растворителя МП-вода

Как следует из данных таблицы, вклад специфических взаимодействий NH_4^+ - растворитель незначителен и заметен только в двух диапазонах составов смеси, где величины $\Delta_{\text{sp.int.}} C_{p,i}^0$ и $\Delta_{\text{sp.int.}} V_i^0$ превышают погрешность их определения. Почти во всей области составов $0,1 < X_{\text{МП}} < 0,9$, где за счет гетерокомпонентной водородной связи происходит образование ассоциатов МП с водой, специфические взаимодействия между ионом аммония и растворителем отсутствуют.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации), проект № FSSM-2024-0006.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ АММОНИЯ В СМЕШАННОМ РАСТВОРИТЕЛЕ N-МЕТИЛ- ПИРРОЛИДОН-ВОДА ПРИ 298,15 К

Новиков А.Н.,^а Василёв В.А.,^б Бондарев В.П.,^а Демидов М.П.^а

^аНовомосковский институт Российского химико-технологического университета
 имени Д.И.Менделеева, 301665, Новомосковск, ул. Дружбы 8,
 e-mail: anngic@yandex.ru

^бРоссийский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева,
 125047, Москва, Миусская пл., 9

В работе с высокой точностью измерены теплоемкости C_p и плотности ρ растворов галогенидов аммония в смешанном растворителе МП-вода во всем интервале составов при 298,15 К. Измерения теплоемкости выполнены на калориметрической установке LKB 8700 с погрешностью $2 \cdot 10^{-3}$ Дж/г·К, плотности – на плотнометре Антон Паар ДМА 4500 с погрешностью $5 \cdot 10^{-5}$ г/см³.

На основании полученных данных были рассчитаны кажущиеся молярные величины Φ_c и Φ_v , экстраполяцией концентрационных зависимостей которых к состоянию бесконечного разбавления были определены стандартные парциальные молярные теплоемкости $\overline{C}_{p_2}^o$ и объемы \overline{V}_2^o галогенидов аммония в смешанном растворителе МП-вода при 298,15 К, значения которых приведены в таблице.

$\overline{C}_{p_2}^o / \overline{V}_2^o$	$X_{МП}$						
	0,00	0,10	0,33	0,50	0,75	0,90	1,00
NH ₄ Br	-67/42,9	-73/44,8	10/42,9	54/39,5	105/35,0	115/33,0	98/32,9
NH ₄ I	-69/54,4	-76/57,1	12/55,5	58/51,0	110/45,7	121/42,9	104/42,3

Таблица. Стандартные парциальные молярные теплоемкости $\overline{C}_{p_2}^o$ (Дж/моль·К) и объемы \overline{V}_2^o (см³/моль) галогенидов аммония в растворителе МП – вода при 298,15 К

Зависимости $\overline{C}_{p_2}^o$ и \overline{V}_2^o от состава смешанного растворителя для галогенидов аммония и исследованных ранее галогенидов щелочных металлов имеют существенные отличия, что свидетельствует о сложном характере межмолекулярных взаимодействий в исследуемых растворах, на который оказывают влияние не только свойства бинарной системы МП-вода, но и особенности структурного поведения иона аммония.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта лаборатории "Лаборатория ионных материалов" (ЛИМ), проект № FSSM-2024-0006.

КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗОВАНИЯ РАВНОВЕСНЫХ ТВЁРДЫХ ФАЗ СИСТЕМЫ $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ПРИ 273 К

Олимджонова Н.В., Жумаев М.Т., Солиев Л.

*Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни,
734003, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121
E-mail: nilufarolimjonova180@mail.ru*

Актуален изучение многокомпонентных систем являющихся отходами производства алюминия Таджикистана и прогнозирование возможных фазовых равновесий для водно-солевых химических систем облегчает решение задачи защиты окружающей среды и является экономически и экологически полезным.

На данной работе приведены результаты определения концентрационные параметры образования равновесных твёрдых фаз в пятикомпонентной системе $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ и составляющих её четырёхкомпонентных систем при 273 К, которые впервые были нами построены построение их замкнутых фазовых диаграмм методом трансляции¹. Полную информацию о методе трансляции можно увидеть в работах².

Пятикомпонентная взаимная система $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ при 273 К включает следующие четырёхкомпонентные системы с равновесными твёрдыми фазами в невариантных точках:

- 1) $\text{NaHCO}_3, \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Al}(\text{HCO}_3)_3, \text{H}_2\text{O}$: $E_1^4 = \text{Nh} + \text{CaH} + \text{AlH}$.
- 2) $\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{CaSO}_4, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, \text{H}_2\text{O}$: $E_2^4 = \text{Mib} + \text{Gp} + \text{Al} \cdot 18$.
- 3) $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$: $E_3^4 = \text{Gp} + \text{CaH} + \text{AlH}$; $E_4^4 = \text{Gp} + \text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$.
- 4) $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$: $E_5^4 = \text{Nh} + \text{AlH} + \text{Mib}$; $E_6^4 = \text{Mib} + \text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$.
- 5) $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$: $E_7^4 = \text{Mib} + \text{Nh} + \text{Gp}$; $E_8^4 = \text{Nh} + \text{CaH} + \text{Gp}$.

В результате трансляции вышеприведённых четверных невариантных точек на уровне пятикомпонентного состава образуются пятерные невариантные точки.

Таким образом, было установлено, что для исследуемой системы при данной температуре характерны наличие 12 - дивариантных полей, 10 - моновариантных кривых и 3 - невариантных точек.

Результаты данной работы могут быть использованы в качестве вспомогательной информации для очистки окружающей среды от промышленных отходов и загрязнений, содержащих соли, входящие в состав исследуемой системы, а также используются для утилизации таких отходов.

Литература

1. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водносолевых систем, т. II., Кн. 1-2. – СПб.:Химиздат, 2004, 1247с.
2. Солиев Л., Жумаев М.Т. Строение фазового комплекса и растворимость водно-солевой системы из сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов натрия и кальция. – Душанбе: ТГПУ, 2020, 212 с.

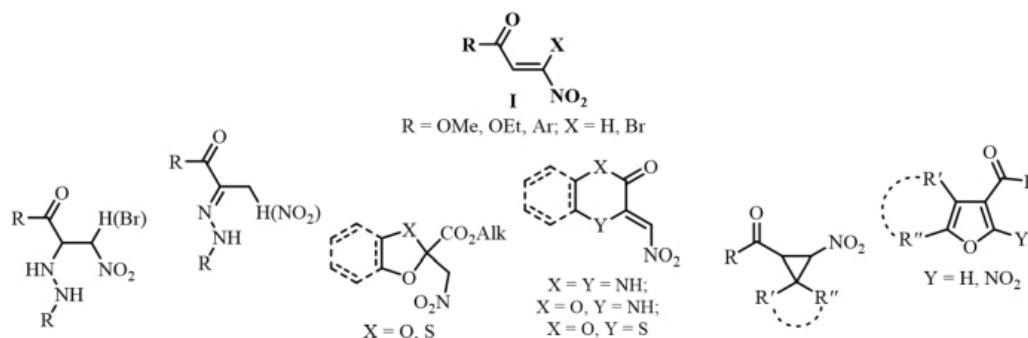
β-КАРБОНИЛСОДЕРЖАЩИЕ НИТРО- И ГЕМ-БРОМНИТРОЭТЕНЫ – ВЫСОКО АКТИВНЫЕ СУБСТРАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Пелипко В.В., Макаренко С.В.

*Российский государственный педагогический университет
им. А. И. Герцена, 191186, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48
e-mail: kohrgpu@yandex.ru*

β-Карбонилсодержащие нитро- и гем-бромнитроэтенy – высоко реакционноспособные соединения, сочетающие в своей структуре несколько электрофильных центров. Они являются интересными объектами теоретической органической химии, а также удобными реагентами для синтеза полифункциональных ациклических нитросоединений, а также карбо- и гетероциклических структур.

Нами изучено поведение алкоксикарбонил(ароил)-нитро- и гем-бромнитроэтенy **I** в реакциях с СН-кислотами и бинуклеофильными реагентами, которое открыло широкие возможности синтеза на их основе разнообразных линейных, карбо- и гетероциклических соединений.



Показано, что первичная атака нуклеофильных процессов осуществляется по β-углеродному атому нитроэтенy системы (относительно NO₂ группы) и завершается образованием аддуктов Михаэля или сопровождается их дальнейшей внутримолекулярной трансформацией, определяемой особенностями строения субстрата:

- отщепление HNO₂ или HBr и изомеризация образующейся C=C связи;
- элиминирование HBr и гетероциклизация по пути Ad_N или S_N;
- карбо- или гетероциклизация по пути C- или O-алкилирования при участии бромнитрометильной группы.

Образующиеся полифункциональные соединения представляют интерес в качестве перспективных объектов для фармакологических исследований.

Работа выполнена в рамках проекта РГПУ им. А. И. Герцена (проект № 3ВГ).

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИЕ АМИНОКИСЛОТЫ И ИХ АНАЛОГИ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОЙ МЕТОДОЛОГИИ

**Прищенко А.А.,^а Ливанцов М.В.,^а Новикова О.П.,^а Ливанцова Л.И.,^а
Баранин С.В.,^б Бубнов Ю.Н.^{б,в}**

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 3;
e-mail: aprishchenko@yandex.ru

^бИнститут органической химии имени Н. Д. Зелинского Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект, 47

^{б,в}Институт элементоорганических соединений имени А. Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, улица Вавилова, 28, стр. 1

Фосфорсодержащие аминокислоты, включающие устойчивые к гидролизу Р-С связи, обладают антибактериальными, противовирусными, гербицидными и противоопухолевыми свойствами, а также являются эффективными экстрагентами и полидентатными лигандами. Среди них – известные регуляторы роста растений глифосат, глюфосинат и фосфинотрицин - экологически безопасные вещества, которые легко расщепляются почвенными бактериями с образованием биогенных продуктов – фосфорной кислоты и аминокислот¹. Новые типы фосфорсодержащих аминокислот и их аналогов, способные проявлять ингибирующие свойства к ряду бактерий и вирусов, получены нами на основе легкодоступных синтонов - триметилсилиловых эфиров кислот трехвалентного фосфора в мягких условиях² (Рис.1).

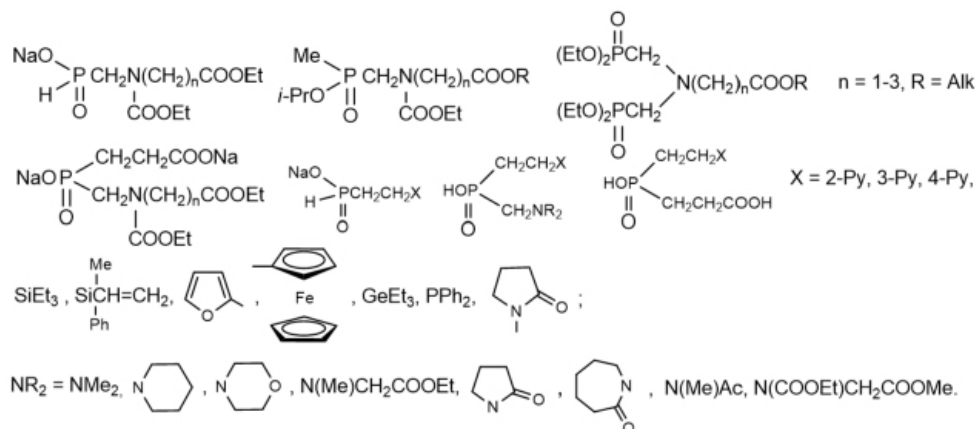


Рисунок 1. Функционализированные фосфорсодержащие аминокислоты и их аналоги

Литература:

1. Kukhar V.P., Hudson H.R. *Aminophosphonic and Aminophosphinic Acids. Chemistry and Biological Activity.* - New York: Wiley. 2000. - 634.
2. Bubnov Yu.N., Prishchenko A.A., Livantsov M.V., Novikova O.P., Livantsova L.I., Baranin S.V. *Russ. Chem. Bull.* 2024, **73**, 634

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОЛИМОЛЕКУЛЯРНОЙ АДСОРБЦИИ БЕЛКОВ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СОЛЕЙ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ГРАНИЦЕ Ж-Г

Рогатко М.И., Хилько С.Л.

*Институт физико-органической химии и углехимии им Л.М. Литвиненко,
 283048, ДНР, Россия, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, д. 70,
 e-mail: marina.rogatko@gmail.com*

В работе были использованы соотношения теоретической модели полимолекулярной адсорбции, разработанной для характеристики свойств растворов белков, как природных полиэлектролитов, в качестве полуэмпирического описания экспериментальных результатов применительно к растворам солей ГК¹. Модель учитывает возможность существования макромолекул в n состояниях и их способность к агрегации в адсорбционных слоях, nA – степень агрегации макромолекул в поверхностном слое, Γ_c – величина адсорбции, \overline{M} – средняя молекулярная масса ГК. Рассчитанные значения параметров модели адсорбции для гуматов натрия ($\text{ГН}_{\text{исх}}$, ГН, полученные методом механохимии – в реакции $\text{ГК}_{\text{исх}}$ с ПЭГ-6000, с циангуанидином (ЦГ) и совместно с ПЭГ-6000 и ЦГ) приведены в таблице. Параметры модели для солей ГК рассчитаны в программе «ProteinG»².

Таблица 1. Параметры термодинамической полимолекулярной модели адсорбции для солей ГК

Образец	$\text{ККМ} \times 10^{-4}, \text{М}$	$\Gamma_c \times 10^{-7}, \text{моль/м}^2$	n	nA	\overline{M}
1. $\text{ГН}_{\text{исх}}$	2,6	5,8	26	7	14000
2. $\text{ГН}_{\text{ГК+ПЭГ-6000}}$	2,2	4,3	13	23	15500
3. $\text{ГН}_{\text{ГК+ЦГ}}$	0,9	3,0	9	5	14200
4. $\text{ГН}_{\text{ГК}^+ \text{ПЭГ-6000} + \text{ЦГ}}$	0,6	3,6	60	10	26000

В образце $\text{ГН}_{\text{ГК+ПЭГ-6000}}$ за счет снижения заряда при взаимодействии $-\text{COOH}$ групп с этоксигруппами ПЭГ уменьшается величина n и увеличивается параметр nA . В образце $\text{ГН}_{\text{ГК+ЦГ}}$ оба параметра уменьшаются за счет возрастания общего заряда макромолекулы ($-\text{COOH}$ и $-\text{NH}_2$ группы). В образце $\text{ГН}_{\text{ГК+ПЭГ-6000} + \text{ЦГ}}$ за счет возрастания \overline{M} резко возрастает величина n , а параметр nA по значениям находится между образцами 2 и 3.

Применяемая модель адсорбции позволяет получать сведения об адсорбционном поведении природных полиэлектролитов на основе солей ГК.

Литература

- Хилько С.Л., Шелест В.С., Рогатко М.И., Макарова Р.А., Семенова Р.Г. *Коллоид. журн.* 2023, 85, 6, 824.
- Программа «ProteinG» // Разработчик Аксененко Е.В. (Eugene_Aksenenko@ukr.net), <http://www.thomascatt.info/Scientific/adso/adso.htm>.

СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 5,7-ДИХЛОР-4,6-ДИНИТРОБЕНЗОФУРОКСАНА

Романов С.Р., Бахтияров Д.И., Юсупова Л.М., Галкина И.В., Бахтиярова Ю.В.

*Химический институт им. А.М. Бутлерова Казанского (Приволжского) федерального университета,
420008, Казань, Кремлевская 18,
e-mail: Semyonromanov@yandex.ru*

Реакции третичных фосфинов: метилдифенилфосфина, 1,2-бис(дифенилфосфино)этана и 1,3-бис(дифенилфосфино)пропана с 5,7-дихлор-4,6-динитробензофуороксаном протекают путем нуклеофильного ароматического замещения атомов хлора и нитрогрупп в шестичленном кольце последнего гетероцикла. Структура продуктов фосфорилирования была подтверждена методами ЭПР, ИК, ЯМР ^{31}P спектроскопии, элементного анализа (Схема 1).

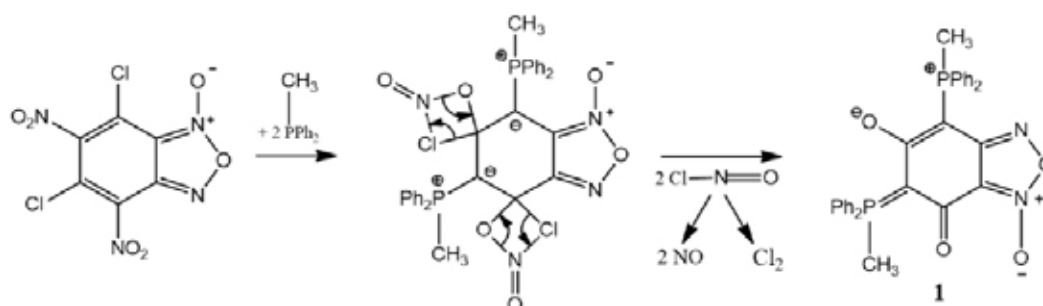


Схема 1.

Для подтверждения предложенных схем важно было зафиксировать образование оксида азота в этих реакциях физическими методами. В процессе кинетических исследований методом ЭПР было установлено образование радикала NO из нестабильного нитрозилхлорида в процессах фосфорилирования бензофуороксана различными фосфинами (рисунок 1).

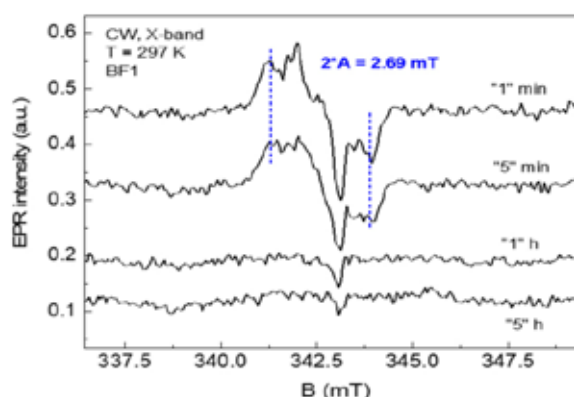


Рисунок 1. Спектральные исследования ЭПР реакционной смеси продукта 1 в течение 5 часов, не содержащего радикалов, и ее параметров (Bruker Elexys E 580)

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).

КОМПЛЕКСНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПЕРХЛОРАТА ПРАЗЕОДИМА(III) С 4-АМИНОАНТИПИРИНОМ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

Рукк Н.С.,^а Каберник Н.С.,^б Бузанов Г.А.,^в Давыдова Г.А.^г

^аРоссийский химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9.
e-mail: roukkn@inbox.ru

^бИТХТ им. М.В. Ломоносова (РТУ МИРЭА), 119571, пр. Вернадского, 86.

^вИнститут Общей и Неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, 119991, Москва, Ленинский пр., 31.

^гИнститут Теоретической и Экспериментальной Биофизики РАН,
142290 г. Пуцино, Моск. Обл., Институтская ул., 3.

Необходимость уменьшения побочного токсического эффекта и расширения спектра действия лекарств на основе платины привела к рассмотрению противоопухолевого действия комплексных соединений переходных металлов с биоактивными лигандами, представляющих особый интерес как перспективные противораковые препараты нового поколения^{1,2}. Настоящая работа посвящена синтезу и рассмотрению строения и свойств комплексного соединения $[\text{Pr}(\text{AAP})_6](\text{ClO}_4)_3$ (**1**) (AAP – 4-аминоантипирин) в сравнении с ранее изученным $[\text{Pr}(\text{AP})_6](\text{ClO}_4)_3$ (**2**) (AP – антипирин). Соединение (**1**) было получено из $\text{Pr}(\text{ClO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и лиганда, взятых в мольном отношении 1:3, в среде ацетонитрил-ацетон (1:1 об.). Идентификацию проводили методами рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа, по данным ИК- и ESI-спектров. Соединение (**1**) кристаллизуется в тригональной сингонии (пр. гр. $R\bar{3}$. $a = b = 13.9327(4)$, $c = 33.1320 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$, $V = 5569.9(3) \text{ \AA}^3$) и изоструктурно соединению (**2**)³, которое характеризуется меньшим объемом элементарной ячейки. Цитотоксичность (**1**) и (**2**) по отношению к различным клеточным линиям определена в сравнении с цитотоксичностью лиганда и $\text{Pr}(\text{ClO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Выявлена закономерность цитотоксичность–состав–строение соединений⁴.

Литература

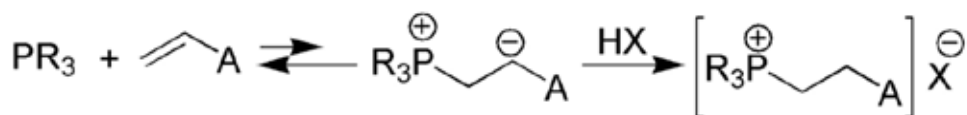
1. Rukk, N.S., Buzanov, G.A., Kabernik, N.S., Kuzmina, L.G., Efimov, N.N., Shamsiev, R.S., Lazarenko, V.A., Ivanova, T.V., Kozhukhova, E.I., Belus, S.K., Retivov, V.M., Ivanova, A.I., *Inorg. Chim. Acta*, 2024, **566**, 122007.
2. Rukk, N.S., Albov, D.V., Shamsiev, R.S., Mudretsova, S.N., Davydova, G.A., Sadikov, G.G., Antsyshkina, A.S., Kravchenko, V.V., Skryabina, A.Yu., Apryshko, G.N., Zamalyutin, V.V., Mironova, E.A., *Polyhedron*, 2012, **44**, 124.
3. Rukk, N., Albov, D., Shamsiev, R., Davidova, G., Skryabina, A., Apryshko, G., Zamalyutin, V., Mironova, E., *Chem. Listy*, 2012, **106**, s991
4. Rukk N.S., Apryshko, G.N., Skryabina, A.Yu., *Russ. Bioterapevticheskii Zh.*, 2014, **13**, no. 2, 47.

ФОСФОНИЕВЫЕ ЕНОЛЯТЫ: КИНЕТИКА ОБРАЗОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ В ОРГАНОКАТАЛИЗЕ

Салин А.В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Химический институт им. А.М. Бутлерова,
420008, Казань, Кремлевская 18,
e-mail: salin555@mail.ru

Фосфониевые еноляты являются ключевыми интермедиатами фосфин-катализируемых реакций¹. Изучена кинетика образования фосфониевых енолятов в реакции третичных фосфинов с непредельными электрофильными соединениями. Показано, что для реакций характерен общий кислотный катализ, лимитирующей стадией является протонирование фосфониевого енолята, что обусловлено его малым временем жизни. Кинетическое уравнение реакций имеет общий третий порядок: первый по фосфину, алкену и протонодонору НХ.



A = electron-withdrawing group, HX = proton source

Показано, что третичные фосфины катализируют реакцию Пудовика за счет генерации фосфониевого енолятного интермедиата. В фосфин-катализируемых реакциях гидрофосфорильных соединений с активированными алкинами выявлено изменение региоселективности присоединения. Для активированных алкенов, имеющих фиксированную s-цис-геометрию, обнаружен эффект анхимерного содействия². Показано, что данный эффект возникает за счет стабилизации возникающего интермедиата посредством внутримолекулярного взаимодействия между фосфониевым и енолятным центрами. На основе данного эффекта разработаны методы фосфин-катализируемой хемо- и стереоселективной функционализации сесквитерпеновых α-метилден-γ-бутиролактонов фосфор-, азот- и углеродцентрированными пронуклеофилами. Синтезированные аддукты показали селективное цитотоксическое действие в отношении раковых клеточных культур.

Литература

1. Salin A.V., Shabanov A.A. *Catal. Rev. Sci. Eng.*, 2024, <https://doi.org/10.1080/01614940.2023.2168352>.
2. Salin A.V., Shabanov A.A., Khayarov K.R., Nugmanov R.I., Islamov D.R. *J. Org. Chem.*, 2023, **88**, 11954.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-23-00029.

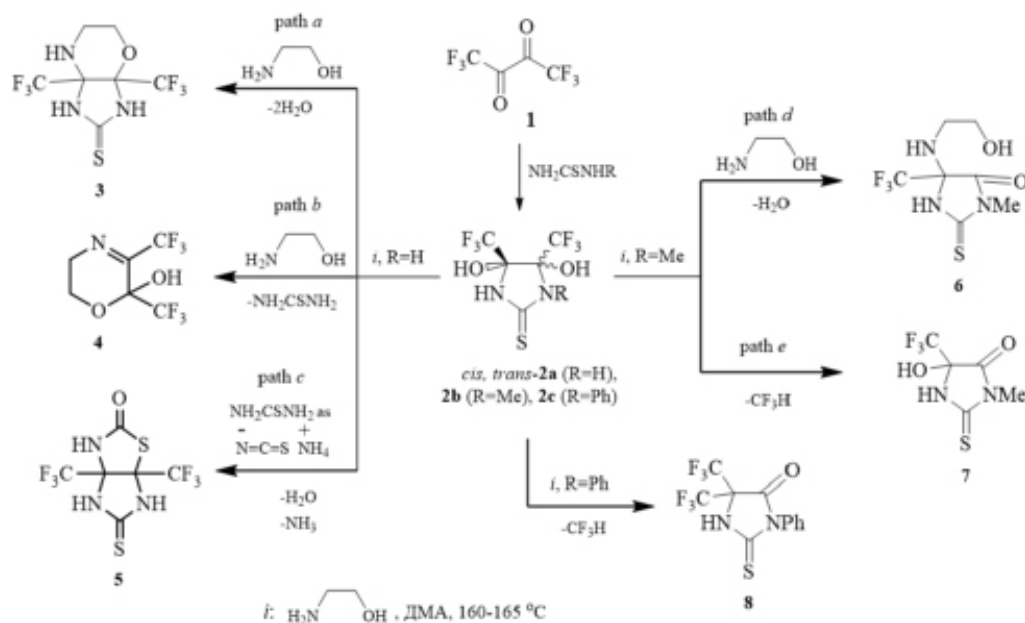
ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ 4,5-БИС(ТРИФТОРМЕТИЛ)-ИМИДАЗОЛИДИН-2-ТИОНОВ С 2-АМИНОЭТАНОЛОМ

Салоутина Л.В.¹, Кодесс М.И.^{1,2}, Ганебных И.Н.¹, Салоутин В.И.^{1,2}, Чупахин О.Н.^{1,2}

¹Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского, УрО РАН,
620990, Россия, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской 22;

²Уральский Федеральный Университет им. Б. Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.
E-mail: saloutinalv@yandex.ru

Реакцией перфторбиацетила **1** с тиомочевинной (ТМ) и замещенными ТМ получены имидазолидин-2-тионы **2a-c** (схема 1). В отличие от нефторированных аналогов, соединение **2a** при взаимодействии с 2-аминоэтанолом (2-АЭ) дает лишь небольшое количество продукта конденсации, имидазооксазина **3** (схема 1, путь *a*). Основным продуктом реакции является соединение **5** (путь *c*). При взаимодействии имидазолидина **2b** с 2-АЭ получены неожиданные продукты: тиоксогидантоины **6** (путь *d*) и **7** (путь *e*). Аналогичная реакция имидазолидина **2c** дает тиоксо-*N*-фенилгидантоин **8** как результат внутримолекулярной перегруппировки. Полученные соединения представляют интерес для поиска новых биологически активных веществ.



Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания (тема № гос. рег. 124020200072-0).

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОДОРОДНОСВЯЗАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОДЫ, СПИРТОВ, АМИНОВ, ФЕНОЛОВ

Самуилов А.Я., Самуилов Я.Д.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 420015, Казань, ул. К.Маркса, 68
e-mail: samuilov.alex@yandex.ru*

Комплексы с водородными связями образуют широкий круг соединений. Рассматривая их роль в химии, в первую очередь, акцентируют внимание на их структурирующую роль. Водородные связи определяют вторичную, третичную структуру как природных, так и синтетических высокомолекулярных соединений. Химические превращения, где реагенты могут образовывать комплексы с водородными связями, как правило, рассматривают как простые реакции с участием мономеров. Однако существует множество реакций, когда в превращениях в качестве реагентов могут вступать сами комплексы с водородными связями. До настоящего времени существуют единичные работы, где учитывается возможность протекания взаимодействий по такому пути. При этом совершенно не рассматриваются причины, приводящие к различиям в реакционной способности мономеров и их ассоциатов. В этой связи возникает вопрос, существуют ли посылки, позволяющие предполагать разную реакционную способность мономеров и их ассоциатов в химических превращениях?

Адиабатические потенциалы ионизации, сродства к электрону, сродства к протону, газофазные основности, энтальпии и свободные энергии диссоциации мономеров и гомоассоциатов воды, метанола, фенола, метиламина, а также смешанных водородносвязанных комплексов фенола и метанола, метиламина и метанола были рассчитаны с помощью метода B3LYP/6-311++(df,p). В результате расчетов было установлено, что комплексы с водородной связью, по сравнению с их мономерными формами, обладают повышенными донорно-акцепторными и кислотно-щелочными свойствами. На ряде примеров было установлено, что это явление приводит к повышенной реакционной способности комплексов с водородными связями по сравнению с их мономерами. Комплексы с водородными связями могут выступать в качестве эффективных кислотно-щелочных катализаторов. Учет участия ассоциатов с водородной связью в реакциях, где они могут образовываться, абсолютно необходим для правильного рассмотрения кинетических и термодинамических закономерностей химических реакций.

РЕАКЦИЯ ХЛОРИНДОЛКАРБАЛЬДЕГИДОВ С АМИНОАЛКИЛТРИАЗОЛТИОЛАМИ

Сармина М.И., Викрищук Н.И.

Химический факультет ЮФУ, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 7,
e-mail: sarmina@sfsedu.ru

Индольная система играет ключевую роль в жизненно важных соединениях, таких как гормоны, алкалоиды и белки. Производные индола находят широкое применение в медицине как противовирусные, противовоспалительные, противорвотные, противоопухолевые средства и т.д.^{1,2}

Для расширения круга подобных конденсированных гетероциклических соединений с возможной биологической активностью, была изучена реакция 2-хлор-индол-3-карбальдегидов с аминалтриазолтиолами. При проведении реакции в изопропанол были получены триазо-лотиадиазепиноиндолы **3**, а в ДМФА – триазолотиазиноиндолы **4** (схема 1).

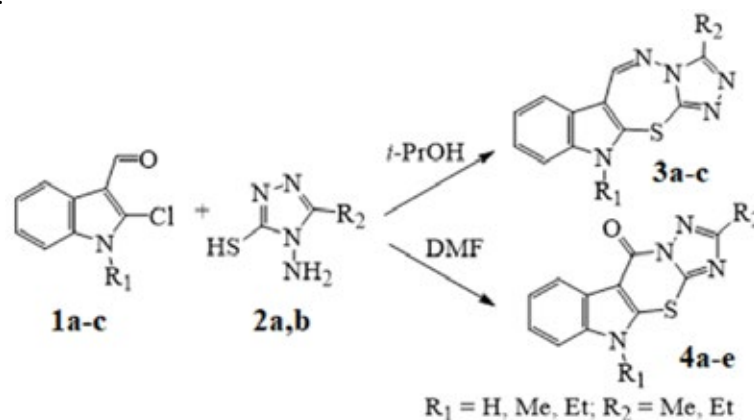


Схема 1

Структуры полученных соединений были подтверждены ЯМР- и ИК-спектроскопией, а также для соединений **3a** и **4b** был проведен рентгеноструктурный анализ^{1,2}.

Ранее гетероциклические системы триазолотиадиазепиноиндола и триазолотиазиноиндолона в литературе описаны не были.

Литература

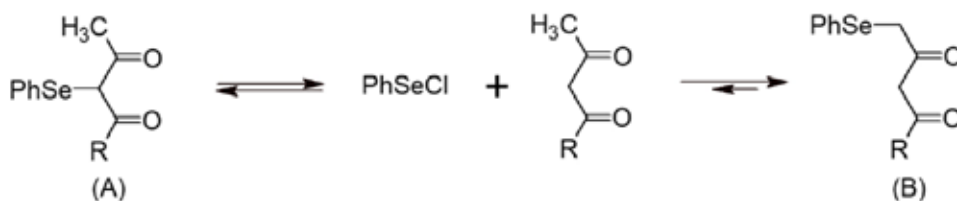
1. Vikrishchuk, N. I., Suzdalev, K. F., Dranikova, A. Y., Tkachev, V. V., Shilov, G. V. *Russian Journal of General Chemistry*, 2019, **89**, 2369-2373.
2. Vikrishchuk, N. I., Tkachev, V. V., Borodkin, G. S., Gazieva, G. A., Shilov, G. V. *Tetrahedron letters*, 2020, **61**(45), 152490.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ СЕЛЕНИЛХЛОРИДОВ С ДИКЕТОНАМИ

Свистунова И.В., Третьякова Г.О., Заводянский М.А.

*Дальневосточный федеральный университет, 690922, Владивосток, Аякс 10, корпус L,
e-mail: svistunova.iv@dvfu.ru*

Взаимодействие PhSeCl с дикетонами, имеющими два реакционных центра (у центрального атома углерода и в боковом заместителе) происходит по обоим направлениям, при этом преимущественно будет реализовываться первое направление. В присутствии выделяющегося хлористого водорода реакция оказывается обратимой и в реакционной смеси устанавливается динамическое равновесие, при котором PhSe группа переходит от замещённого дикетона к незамещённому. Однако, для изомера, содержащего PhSe группу в заместителе (B), равновесие сдвинуто в сторону конечных продуктов больше чем для изомера, содержащего заместитель у центрального атома углерода (A). Подобное соотношение приводит к постепенному накоплению в реакционной смеси изомера, содержащего PhSe группу в заместителе (B):



Необходимость присутствия хлористого водорода указывает на то, что на первой стадии реакции происходит протонирование субстрата, затем образование PhSe⁺ катиона. Дополнительно было установлено, что даже одна карбонильная группа значительно поляризует связь Se-C, придавая атому селена электрофильные свойства. Для дикетонов, содержащих сероорганический заместитель (изомер A) в аналогичных условиях изомеризация в B не происходит.

Процесс подобной изомеризации ранее описан для реакции бромирования ацетоуксусного эфира¹.

Литература

1. Фьюзон, Р. Реакции органических соединений / Р. Фьюзон. – М.: Мир, 1966. – С. 131.

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ В КАЧЕСТВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ

Сидорова И.В., Михайлова Е. С., Просеков А.Ю.

*Кемеровский государственный университет
650000, Кемеровская область - Кузбасс, город Кемерово, улица Красная, дом 6
sidorovaira00@mail.ru*

Янтарная кислота известна как универсальный промежуточный метаболит, способный снижать негативное воздействие этанола на человеческий организм.

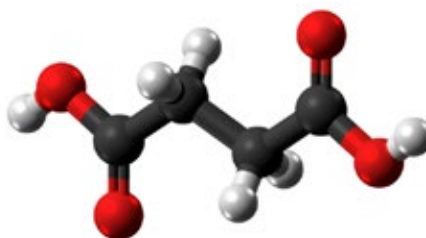


Рис.1. Химическая формула янтарной кислоты

Было изучено влияние янтарной кислоты на физико-химические свойства водно-спиртовых смесей. Результаты в табл. 1.

Образец	Содержание токсичных примесей в растворах				
	Ацетальдегид, мг/дм ³	Этилацетат, мг/дм ³	Метанол, %	2-пропанол, мг/дм ³	Метилцетат, мг/дм ³
исх. спирт. р-р 40%	0,3536	0,4464	0,00132	0,4255	0,3573
ЯК 0,002%	0,2990	0,4538	0,00132	0,3850	-
ЯК 0,02%	0,5655	0,5332	0,00134	0,4094	0,2921
ЯК 0,2%	1,9466	1,1402	0,00138	0,4933	0,3216

Таблица 1. Результаты газохроматографического анализа

В ходе анализа полученных данных установлено, что спиртовой раствор с массовой долей 0,002% янтарной кислоты позволяет снизить содержание ацетальдегида, 2-пропанола, метилацетата.

НОВЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ 5-ЗАМЕЩЕННЫЕ 2-ТИОКСОДИГИДРОПИРИМИ- ДИН-4,6(1*H*,5*H*)-ДИОНЫ

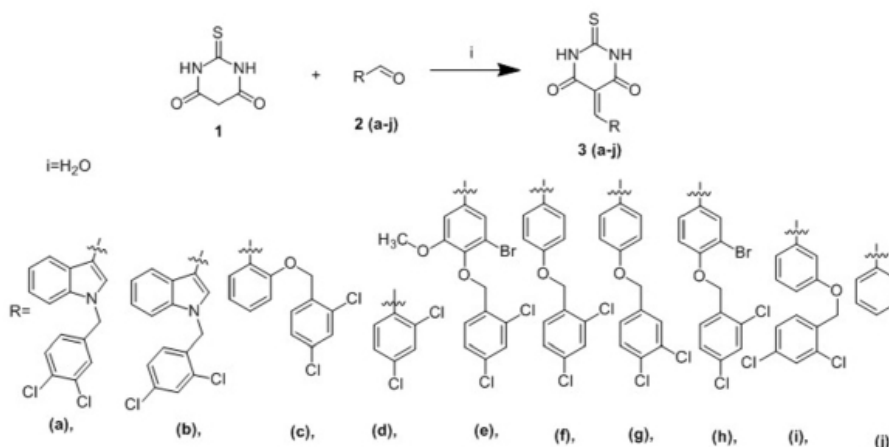
**Скрылькова А.С.^б, Герасимова Е.А.^{а,б}, Егоров Д.М.^{а,б},
Зарубаев В.В.^в, Кузикова И.Л.^а, Жаковская З.А.^а**

^аСПб ФИЦ РАН, 199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39,
e-mail: askrylkova@gmail.com

^бСПбГТИ(ТУ), 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А,

^вСПб НИИЭМ им. Пастера, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 14

Производные тиобарбитуровой кислоты находят широкое применение в качестве активных фармацевтических субстанций лекарственных препаратов. Нами были получены новые 5-замещенные 2-тиоксодигидропиримидин-4,6(1*H*,5*H*)-дионы **3 (a-j)** взаимодействием тиобарбитуровой кислоты **1** с соответствующими замещенными бензальдегидами **2 (a-j)** при кипячении в воде. Для полученных соединений была изучена их биологическая активность, представленная в таблице 1.



Соедине- ние	Staphylococcus aureus ATCC6538	Candida utilis ЛИА-01	Pseudomonas aeruginosa 0387	Штамм вируса гриппа A/Puerto Rico/8/34 (H1N1)		
				CC50, мкг/мл	IC50, мкг/мл	SI
3a	—*	—	—	>300	12	25
3e	—	—	—	10,2	0,6	17
3f	—	—	—	4,9	0,5	10
3h	—	—	—	11,4	1	11

Таблица 1. Результаты in vitro исследования биологической активности соединений лидеров

*— биологическая активность не выявлена

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-13-00224.

СИНТЕЗ ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДИЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ КЛОЗО-ДЕКАБОРАТНОГО АНИОНА

Стадник Н.И.,^а Матвеев Е.Ю.,^{а,б} Ештукова-Щеглова Е.А.,^а Жижин К.Ю.^{а,б}

^а МИРЭА – Российский технологический университет, 119571, Москва, проспект Вернадского, 86
e-mail: stadnik_2501@mail.ru

^б Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва, Ленинский проспект, 31

Введение различных функциональных групп в кластерные анионы бора $[B_nH_n]^{2-}$ ($n = 10, 12$) является важным этапом в дизайне соединений, перспективных для ^{10}B -НСТ. Использование реакций электрофильно-индуцируемого нуклеофильного замещения (EINS) позволяет использовать в качестве заместителей молекулы простых циклических эфиров, удобных с точки зрения их последующей модификации.

В настоящем исследовании была проведена последовательная модификация клозо-декаборатного аниона, включающая введение заместителя оксониевого типа, его нуклеофильного раскрытия и введение в второго заместителя с образованием 2,7(8)-производных:

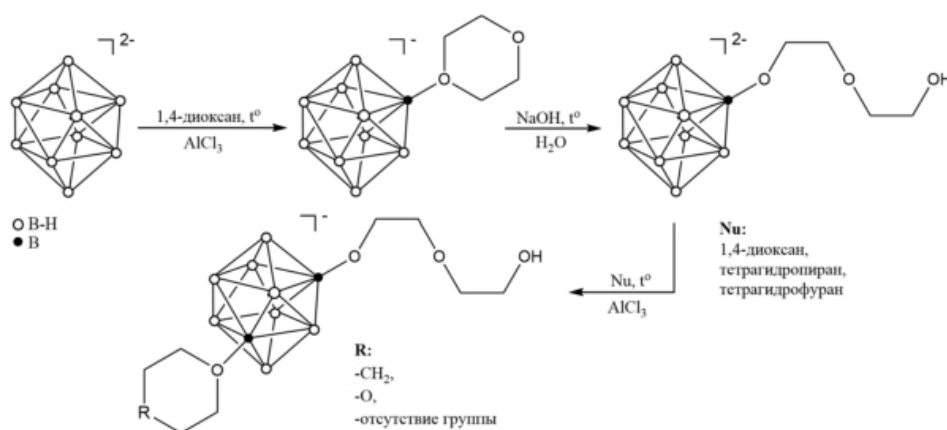


Рис. 1. Схема синтеза гетерофункциональных дизамещенных производных аниона $[B_{10}H_{10}]^{2-}$.

Присоединенный оксониевый заместитель в финальных производных также может быть введен в реакции с нуклеофилами с образованием клозо-декаборатов, содержащих две пендантные функциональные группы. Использование различных циклических эфиров позволяет регулировать строение и свойства синтезируемых соединений.

Полученные клозо-декабораты перспективны для применения в качестве полидентатных лигандов для экстракции редкоземельных металлов, а также для получения борсодержащих функциональных материалов.

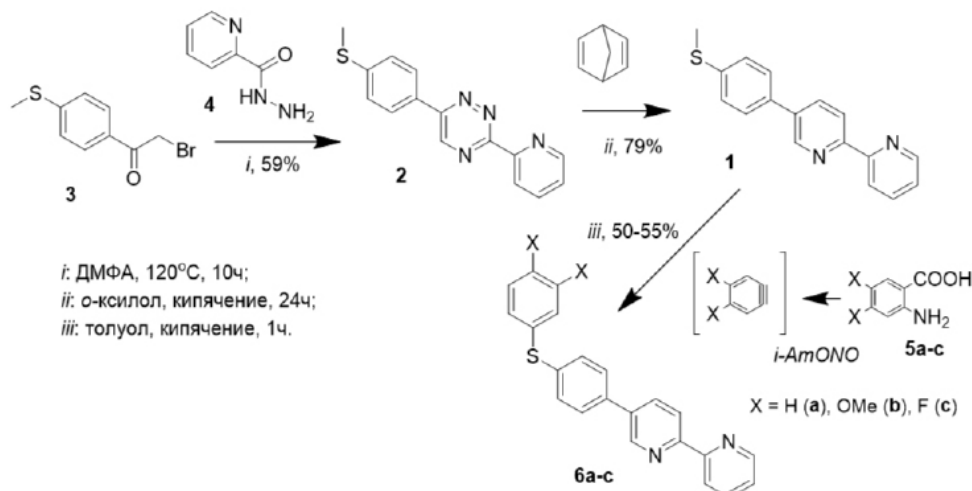
СИНТЕЗ 5-[4-(АРИЛСУЛЬФАНИЛ)ФЕНИЛ]-2,2'-БИПИРИДИНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРИНОВЫХ ИНТЕРМЕДИАТОВ

Старновская Е.С.¹, Криночкин А.П.^{1,2}, Рыбакова С.С.¹, Музыка А.Л.¹, Слепухин П.А.^{1,2}, Копчук Д.С.^{1,2}, Зырянов Г.В.^{1,2}, Чупахин О.Н.^{1,2}

¹ Уральский Федеральный университет

² Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук
*e-Mail: katest5@yandex.ru

Предложен удобный способ получения 5-арил-2,2'-бипиридинов с п-арилсульфанильной группой в ароматическом заместителе. Синтез проводился с использованием промежуточных продуктов аринового синтеза, полученных *in situ*, без использования сложных экспериментальных процедур и дорогостоящих реагентов/катализаторов. Структура одного продукта была подтверждена данными рентгенографии. Этот подход является новым вариантом получения 5-арил-2,2'-бипиридинов с расширенной системой конъюгации.



Структура целевых продуктов была подтверждена методами ЯМР-спектроскопии ¹H, ¹⁹F и ¹³C, масс-спектрометрии и элементного анализа. Кроме того, структура продукта **6a** была дополнительно подтверждена данными рентгеноструктурного анализа.

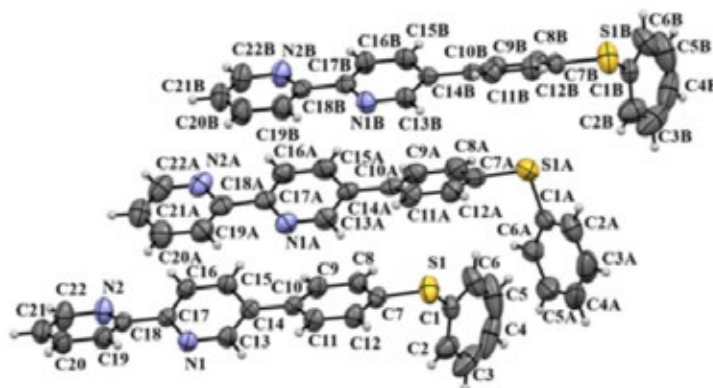


Рис. 1. Общий вид молекулы соединения **6a** в кристалле.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта № 075-15-2022-118

ЦИМАНТРЕНИЛАЛКИЛ ДИИМИДЫ – МОЛЕКУЛЫ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ И НАСТРАИВАЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ

Телегина Л.Н., Келбышева Е.С.

*Институт элементоорганических соединений имени А.Н.Несмеянова,
119334, Россия, г. Москва, Вавилова, 28,
e-mail: popova-ln@mail.ru*

Для создания молекулярных устройств необходима разработка новых мультипараметрических материалов. Диимидные производные являются соединениями с уникальными оптическими и электрохимическими свойствами. Введение фталимидов в качестве сополимеров позволяет получать полупроводниковые материалы с заданными электронными свойствами.¹ Нами было показано, что замена органического заместителя у атома азота на фото- и электроактивный металлоорганический цимантренилалкильный фрагмент открывает путь к созданию нового класса акцепторных материалов.²

С целью создания материалов с изменяемыми и настраиваемыми свойствами была получена серия соединений **1-15** (Рисунок 1), содержащих два связанных имидных фрагмента с цимантренилалкильной группой у каждого атома азота, и исследовано влияние природы линкера, а также фото- и термоиндуцируемого лигандного обмена у атома марганца на оптические и электрохимические свойства полученного ряда соединений.

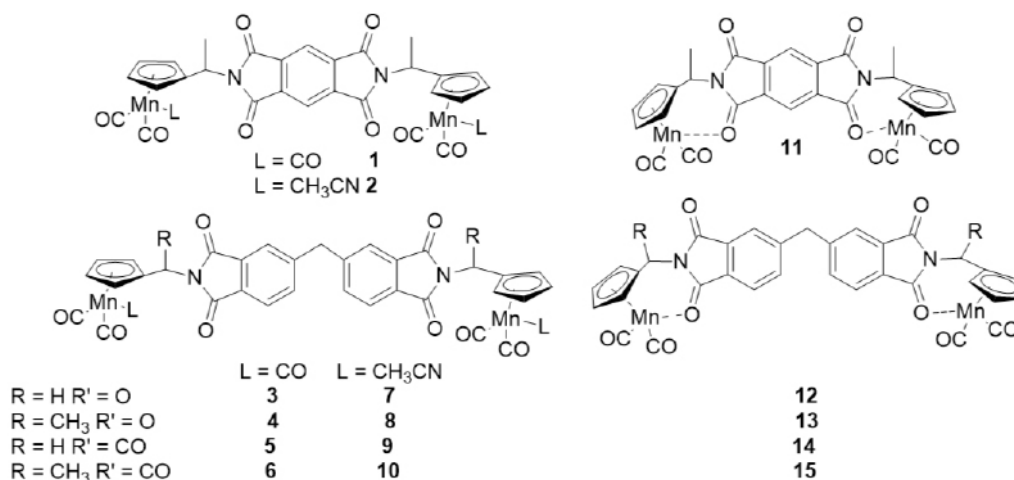


Рисунок 1. Комплексы на основе цимантренилалкил диимидов.

Литература:

1. Li Z., Jeong Y. J., Hong J., Kwon H., Ye H., Wang R., Choi H. H., Kong H., Hwang H., Kim S.H., Tang X. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2022, **14**, 7073.
2. Kelbysheva E. S., Strelkova T. V., Ezernitskaya M. G., Alekseev V. G., Telegina L. N. *ChemistrySelect*, 2023, **8**, e202204162.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 23-23-00192).

СИНТЕЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПОНИНОВ В КАЧЕСТВЕ ПАВ

Усмонова Х.И., Узоков Ж., Мухамадиев Н., Мухамадиев А.

*Самаркандский государственный университет им. Ш.Рашидова,
Узбекистан, 140104, Самарканд, Бульвар Университет, 15
E-mail: hilolausmonova82@gmail.com*

При синтезе тонких мезопористых пленок ZnO использовали перекристаллизованный $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а в качестве растворителя использовали этанол в присутствии HCl. В качестве ПАВ использовали сапонин, выделенный из корня растения. Соотношение $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}:\text{HCl}:\text{сапонины}$ составляло 1:20:10:0,15:0,05. Полученный раствор наносился на поверхность стеклянной подложки распылением со скоростью 10 см/мин.

Топографию поверхности тонкой пленки ZnO изучали с помощью атомно-силового микроскопа (рис. 1).

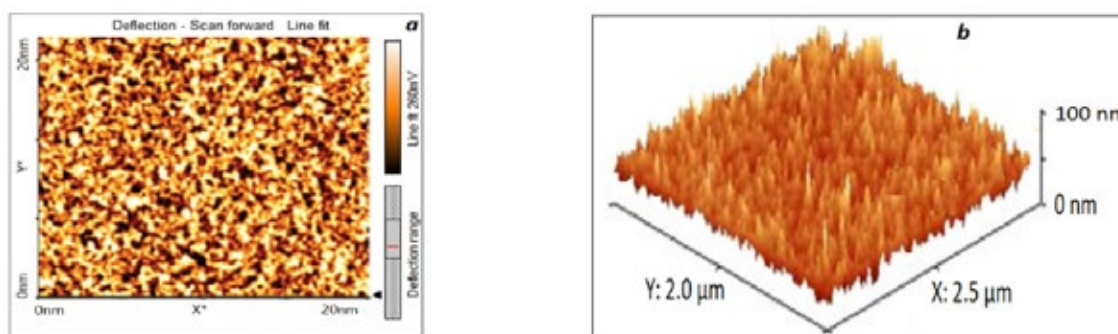


Рис. Изображение пленки ZnO, полученный атомно-силовым микроскопом и его 3D вид

На изображении видно, что пленка ZnO состоит из многочисленных наноструктур, которые, распределены равномерно по всей поверхности. Структуры выглядят как столбики или пики, что характерно для наноразмерных кристаллических формаций. ZnO обладает потенциально высокой площадью поверхности, что является желательным свойством для сорбционных и фотокаталитических приложений.

АДСОРБЦИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ПРИРОДНОМ СОРБЕНТЕ

Шакирова В.В., Садомцева О.С.

ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева,
414000, Астрахань, Татищева 20а,
e-mail: svv_2004@mail.ru

Флокуляция загрязнений, присутствующих в сточных водах, происходит в две стадии: адсорбция флокулянта на частицах и образование агрегатов частиц¹. Был изучен процесс адсорбции флокулянта катионного типа на природных минералах Астраханского региона, и оценка влияния сорбции на очистку нефтесодержащих сточных вод методом флокуляции. В результате экспериментальных исследований получены изотермы процессов сорбции флокулянта на глинах², равновесная сорбционная емкость глины по отношению к флокулянту составляет 0,12 г/г.

Установлено, что для описания адсорбции в системе катионный флокулянт глина наиболее предпочтительна модель Фрейндлиха.

Тип изотерм	Характеристики		R ²
	Интенсивность	Эффективность	
Фрейндлих	$n = 2,61$	$K_F = 12,8$	0,9866
Ленгмюр	$K_L = 2,46 \text{ дм}^3/\text{г}$	$Q_e = 0,12 \text{ г/г}$	0,9729
Темкин	$K_T = 73,7$	$\infty = 51,8$	0,9256

Таблица 1. Параметры интенсивности и эффективности адсорбции флокулянта, полученные в моделях Ленгмюра, Фрейндлиха и Темкина.

Полученные результаты свидетельствуют, что данный процесс улучшает флокуляцию. Большее значение параметра интенсивности в уравнении Фрейндлиха³, подтверждает большее влияние сорбции на флокулирующий эффект, что связано с образованием прочных высоковязких сшитых структур на поверхности твердой фазы.

Также были поставлены опыты по очистки воды от нефти методом пробного флокулирования и рассчитана степень эффективности очистки, которая составила 81,3% при минимальном добавлении флокулянта в объеме 1 см³ на 100 см³ модельного раствора. Таким образом адсорбция влияет как на процессы флокуляции, так и на флокуляционный эффект. Учитывая все вышесказанное, данное исследование может обеспечить химическую основу для решения проблем экологической безопасности.

Литература

1. Mo J, Yang Q, Zhang N, Zhang W, Zheng Y, Zhang Z. Journal of Environmental Management, 2018, **227**, 395.
2. Шакирова В.В., Садомцева О.С. Естественные науки, 2023, **3**(12), 20.
3. Шакирова В.В., Садомцева О.С., Кудрякова Л.Р. Естественные науки. 2023, **2**(11), 23.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ NaCl НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ СОЛЕЙ ЭТОКСИАМИНОГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ГРАНИЦЕ С ВОЗДУХОМ

Шелест В.С., Хилько С.Л.

*Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвненко,
283048, ДНР, Донецк, ул. Розы Люксембург, 70,
e-mail: valya.any@gmail.com*

Исследования закономерностей взаимодействия между ионными ПАВ и электролитами являются важными при оптимизации технологических процессов с участием водносолевых растворов. В этой работе изучено влияние концентрации NaCl на поверхностно-активные свойства (равно-весное поверхностное натяжение, γ_p и дилатационный модуль вязкоупругости, $|E|$) растворов натриевых солей этоксиаминогуминовых кислот (ПАВ), полученных методом механохимического синтеза при взаимодействии гуминовой кислоты с полиэтиленгликолем (ПЭГ-6000) и мочевиной или циангуанидином.

Добавление NaCl к раствору ПАВ (рисунок) приводит к снижению величины γ_p и росту параметра $|E|$. Причиной этого является снижение величины электростатической составляющей адсорбционного барьера на границе раздела фаз¹. Показано, что соли этоксиаминогуминовых кислот, обладающие функциями АПАВ, КПАВ и НПАВ, увеличивают поверхностную активность при концентрациях NaCl вплоть до 1,0 моль/л.

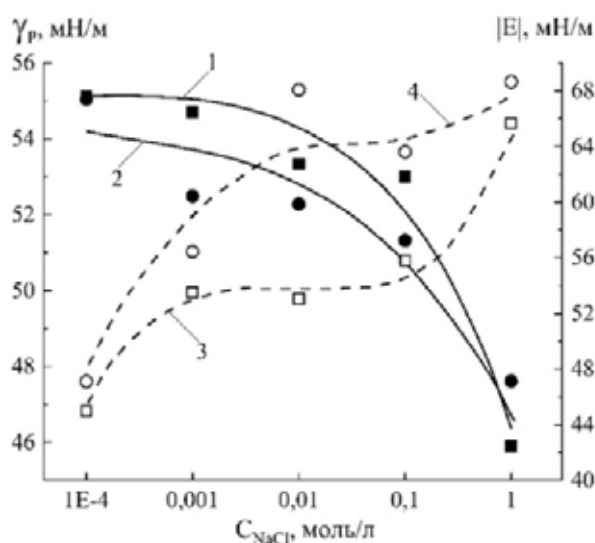


Рисунок. Влияние концентрации NaCl на параметры γ_p (1, 2) и $|E|$ (3, 4) растворов этоксиаминогуматов натрия на границе с воздухом, ГНГК+ПЭГ-6000+мочевина (1, 3) и ГНГК+ПЭГ-6000+циангуанидин (2, 4).

Литература

1. Хилько С.Л., Ковтун А.И., Файнерман В.Б. *Коллоид. журн.*, 2011, 73, 1, 97.

ОСОБЕННОСТИ ХЕЛАТИРОВАНИЯ НИКЕЛЯ(II) С КОМПЛЕКСОНАМИ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИАМИНОВ

Щеглова Н.В.,^а Попова Т.В.,^б Смотрина Т.В.^а

^аМарийский государственный университет,
424001, Йошкар-Ола, площадь Ленина 1,
e-mail: ecoanalit@marsu.ru

^бГосударственный гуманитарно-технологический университет,
142611, Орехово-Зуево, ул. Зелёная 22

В поликомпонентных растворах, содержащих несколько комплексообразующих реагентов, возможна реализация процессов гетеролигандного комплексообразования с повышением функциональной активности как комплексообразователя, так и лигандов, за счёт формирования необычных структурных форм. Конкурентное заполнение координационной сферы металлоцентра в поликомпонентных системах обычно происходит с дискриминацией электронно-донорных свойств одних лигандов и преимущественным связыванием других. При этом конкурирующий характер процессов комплексообразования определяется значительным набором факторов, вклад которых также весьма вариативен¹⁻².

В данной работе представлены результаты изучения реакций комплексообразования в тройных системах, содержащих катионы никеля(II), полиаминополикарбоксилатные лиганды (этилендиаминтетрауксусную Edta и диэтилентриаминпентауксусную Dtpa кислоты) и полиамины (диэтилентриамин Dien и триэтилентетрамин Trien). Установлено, что в растворах высокодентатных Edta и Dtpa происходит блокирование хелатирующих свойств полиаминов. Однако, в тройных системах с Dtpa и Dien (или Trien) наблюдается смещение интервалов рН комплексообразования в область щелочных сред по сравнению с системами без полиаминов. По всей вероятности, в кислых растворах происходит электростатическое взаимодействие протонированных катионов аминов и анионов Dtpa с образованием ионных пар, что и осложняет процесс внутрисферного лигандного обмена молекул воды на анионы комплексона Dtpa в аквакомплексе никеля(II). Поэтому термодинамическая устойчивость протонированных Dtpa-хелатов никеля(II) в водных растворах понижается, а стабильность депротонированного хелата никеля(II) в нейтральных и щелочных средах, в присутствии полиамина, сохраняется.

Литература

1. Щеглова Н.В., Попова Т.В. *Известия Академии наук. Серия химическая*, 2020, **69**, 1771.
2. Щеглова Н.В., Попова Т.В. *Известия Академии наук. Серия химическая*, 2023, **72**, 1553.



СЕКЦИЯ 2

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

ПОДБОР УСЛОВИЙ СИНТЕЗА 4,4'-ДИХЛОРДИФЕНИЛСУЛЬФОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЭЖХ

Алтахла А.^{а,б} Аломар Д.^б Мусин Л.И.^а Ахмадуллин Р.М.^а Антипин И.С.^б

^аООО «НТЦ «Ахмадуллины», Казань, ул Сибирский тракт 34, к. 10.

e-mail: abuatjad345.th@gmail.com

^бКазанский (приволжский) федеральный университет.

420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.

Производные диарилсульфона представляют собой важный класс химических веществ, которые находят широкий спектр применения в фармацевтической и полимерной промышленности¹. 4,4'-дихлордифенилсульфон (ДХДФС) используется в качестве исходного материала при полимеризации таких соединений, как Udel, Victrex и Radel R. Полимеризация происходит в результате реакции нуклеофильного замещения атомов хлора ДХДФС на молекулы бисфенола А в диметилсульфоксиде с образованием материала с торговым названием Udel. Udel — это высокоэффективный аморфный сульфоновый полимер, которому можно придавать различные формы. Он одновременно жесткий и термостойкий, и его можно использовать во многих сферах².

В настоящей работе предложен способ получения ДХДФС путем сульфирования хлорбензола серным ангидридом в присутствии

и влагопоглощающего агента пентоксида фосфора. Результат был достигнут с выходом до 80% при температуре 85°C и времени реакции не менее 6 часов. Исследование количественного состава компонентов во времени в реакционной массе проводился с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии.

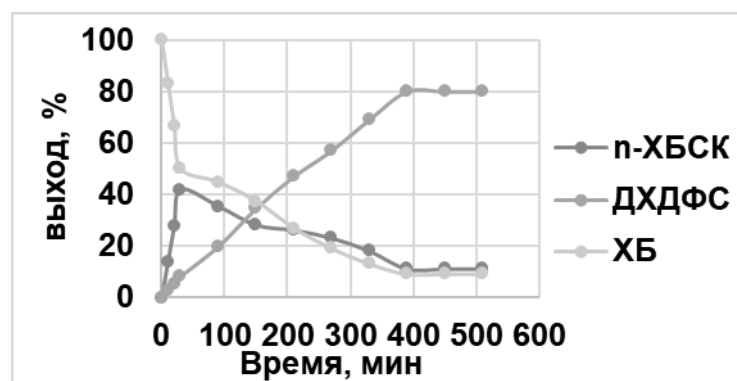


Рис. 1. Зависимость концентрации компонентов реакции от времени

Литература

1. Popoff I. C., Engle A. R., Whitaker R. L. and Singhal G. H., J. Med. Chem., 1971, **14**, 1166.
2. Y.-W. Yu, Y. Xing, M.E.-M. Guo, B.-J. Liu, and Z.-H. Jiang, Chem. Res. Chin. Univ., 2011, **27**, 520.

ХИМИЯ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Андреев О.В.^{a,b}, Хабибуллаев Н.Н.^a, Мони́на Л.Н.^a, Сальникова Е.И.^a,
Штыкова М.А.^a, Григорченко В.М.^a, Бауск А.В.^a, Юрьев И.О.^{a,c}**

^aТюменский государственный университет,
625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6
e-mail: o.v.andreev@utmn.ru

^bИнститут химии твердого тела УрО РАН,
620990, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 91

^cКурганский государственный университет,
640002, г. Курган, ул. Советская, 63, стр. 4

Рассмотрены состав, структура, свойства простых и сложных халькогенидов редкоземельных элементов (РЗЭ) образующихся в системах РЗЭ-S(Se), а также в разрезах полуторных халькогенидов РЗЭ с халькогенидами ns¹-, 3d-, 5p-элементов.

Системы РЗЭ-S - выделено четыре типа фазовых диаграмм, а в системах РЗЭ-Se два типа. Приведены технологии получения образцов фаз: полихалькогенидов, Ln₂X₃, Ln₃X₄, LnX. Разработана технология получения SmS путем насыщения Sm₂S₃ парами Sm. Создана керамика твердого раствора SmS с градиентом концентрации самария в твердом растворе. Изучена зависимость термоэлектрического эффекта от степени металлизации связей в SmS. В системах Ln₂X₃-Ln₂O₃ образуются фазы Ln₁₀X₁₄O, Ln₂OX₂, Ln₂O₂X; в системах LnF₃-Ln₂X₃ имеются фазы LnFX, Ln₂F₄X. Для новых соединений определены кристаллическая и электронная структуры, изучены люминесцентные свойства. Построены фазовые диаграммы систем, определены физико-химические характеристики фаз, области применения. В системах CaS(SrS)-Ln₂S₃ имеется область твердого раствора структуры типа Th₃P₄. Создана технология получения порошков для оптических окон. CaLa₂S₄ прозрачен в области 8-14 мкм. Фазы Ba₃Ln₂S₆. Разработана теория кислотно-основного взаимодействия в системах (FeS, MnS, Cu₂S) - Ln₂S₃. Фазы, образующие в начале ряда РЗЭ являются производными тиосоединений 3d-элементов. Соединения сложных халькогенидов для иттриевой подгруппы являются тиолантантами. В системах Sb-Sm-Se, Sb-Gd-Se конодами являются разрезы Sb-Sm₂Se₃, Sb-Gd₂Se₃. Сложных соединений в системах не образуется.

Исследование фазовых равновесий, термоэлектрического эффекта выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 23-23-00488. Рентгеноструктурные исследования выполнены при финансовой поддержке Правительства Тюменской области по проекту Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра №89-ДОН (3).

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АДГЕЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ «ЦЕМЕНТНАЯ МАТРИЦА – ВОЛОКНО» В СТРУКТУРЕ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D – ПЕЧАТИ

Артамонова О.В., Славчева Г.С., Шведова М.А.

*Воронежский государственный технический университет,
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября 84,
e-mail: marishwedowa@mail.ru*

Строительная 3D-печать является активно развивающейся инновационной технологией. Одной из проблем внедрения данной технологии является отсутствие способов армирования конструкций, адаптированных к данной технологии. Эффективность работы арматуры в 3D-печатных конструкциях определяется значениями прочности адгезионного соединения «цементная матрица – армирующее волокно», которое непосредственно зависит от механизма адгезионного взаимодействия на границе их раздела. Цель данной работы состояла в электронно-микроскопическом исследовании контактной зоны «цементная матрица – армирующее волокно». Армирующие волокна отличались химическим составом, диаметром и морфологией поверхности.

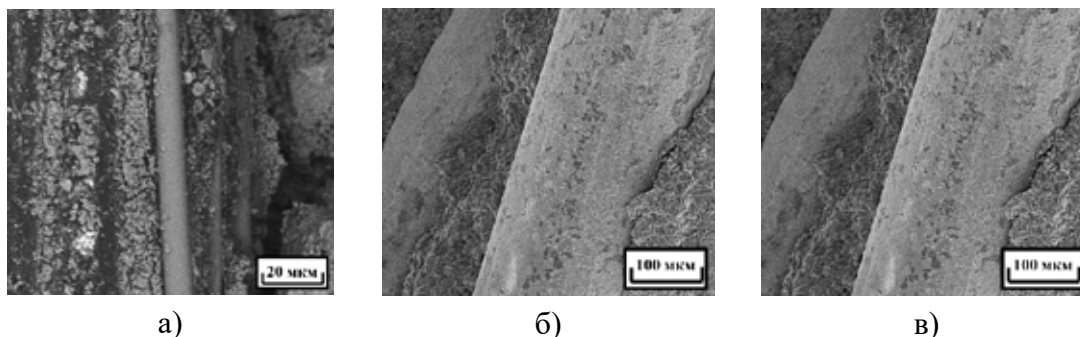


Рисунок 1. Микрофотографии контактной зоны цементной матрицы, модифицированной наночастицами SiO_2 , с армирующими волокнами: а) силикатное волокно с клеевой пропиткой; б) углеволокно; в) стальная проволока

Анализ результатов СЭМ (рис.) позволил установить, что механизм формирования адгезионного соединения для всех видов волокон определяется механическим зацеплением, на которое основное влияние оказывает микрошероховатость поверхности армирующего волокна. Для силикатного волокна, отвержденного клеевой пропиткой на основе синтетического каучука, формирование адгезионного соединения дополнительно определяется химическим взаимодействием компонентов пропитки волокна с новообразованиями цементного камня.

Исследование выполнено за счет гранта РФФ № 22-19-00280, <https://rscf.ru/project/22-19-00280/>

КОЭФИЦИЕНТЫ ДИФУЗИИ ТРЕХВАЛЕНТНОГО УРАНА В СМЕСИ ФТОРИДОВ ЛИТИЯ И БЕРИЛЛИЯ

Архипов С.П., Зайков Ю.П., Архипов П.А., Муллабаев А.Р.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
Екатеринбург, Россия
e-mail: iamstepa@gmail.com*

В состав шести перспективных конструкций ядерных реакторов четвертого поколения (VHTR, SFR, SCWR, GFR, LFR и MSR), входит конструкция реакторов на расплавленных солях [1-6]. Основным компонентом топливной солевой композиции является фторид урана [7-11]. Однако в литературе отсутствуют сведения о коэффициентах диффузии трехвалентного урана в расплавленной смеси фторидов лития и бериллия, полученных из экспериментальных данных.

Цель настоящей работы - исследование электрохимического поведения трифторида урана в расплавленной смеси фторидов лития и бериллия ($0,73\text{LiF}-0,27\text{BeF}_2$).

Эксперименты проводили в герметичном перчаточном боксе с инертной атмосферой высокочистого аргона, оснащённом высокотемпературной печью сопротивления.

Экспериментальные хронопотенциограммы фиксировали с помощью потенциостата-гальваностата Autolab PGSTAT302N с модулем FRA32M (Metrohm, Holland) в расплаве $0,73\text{LiF} - 0,27\text{BeF}_2$ с концентрацией урана 0.8707 мас.% при температуре 923 К на вольфрамовом рабочем электроде.

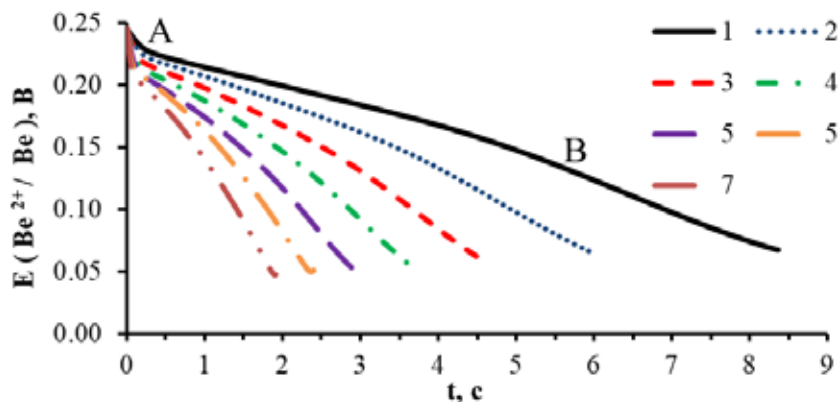


Рисунок 1. Хронопотенциограммы полученные в расплаве $0,73\text{LiF} - 0,27\text{BeF}_2$, концентрация урана 0.8707 мас.%, температура 923 К;

плотность катодного тока, A/cm^2 : 1 – 0,044; 2 – 0,053; 3 – 0,062; 4 – 0,071; 5 – 0,081; 6 – 0,098; 7 – 0,106.

На хронопотенциограммах видно только одну характерную волну (участок АВ для кривой 1). Следовательно, можно предположить, что данный участок кривых (1 – 7, рисунок 1) соответствует процессу восстановления ионов трех валентного урана.

Согласно теории хронопотенциометрии [12], участок АВ советуется переходному времени, за которое произойдет полное истощение электроактивных компонентов у поверхности рабочего электрода. На рисунке 2 приведена зависимость $i - i\sqrt{t}$.

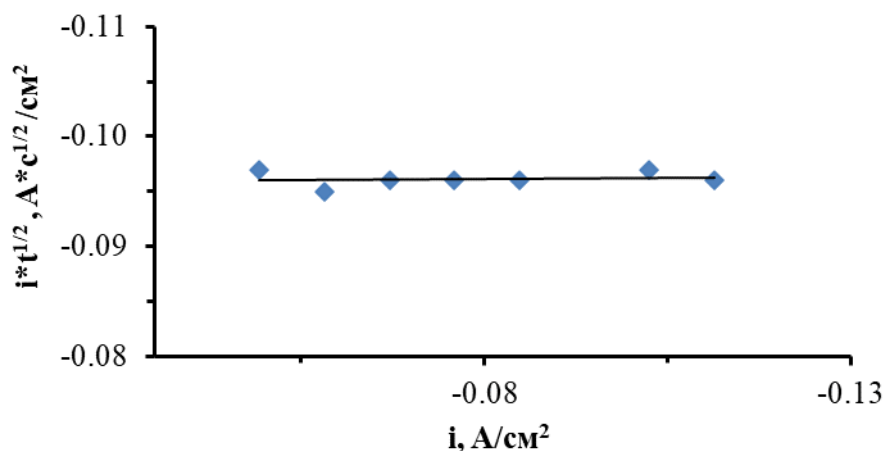


Рисунок 2. Зависимость плотность тока от $t - t_{\sqrt{t}}$ в расплаве 0,73LiF – 0,27BeF₂; концентрация урана 0.8707 мас.%, температура 923 К.

Из зависимости $i - t_{\sqrt{t}}$ следует, что квадратный корень переходного времени не зависит от плотности тока, соответственно для оценки коэффициентов диффузии трехвалентного урана можно использовать уравнение Санда:

$$i \cdot \sqrt{t} = \frac{nFC_{U^{3+}}\sqrt{\pi D_{U^{3+}}}}{2} \quad (1)$$

где i – плотность тока A/cm^2 ; n – число электронов участвующих в реакции;

F – число Фарадея, $96\,485 \text{ Кл моль}^{-1}$; $D_{U^{3+}}$ – коэффициент диффузии ионов урана, $\text{см}^2/\text{с}$; $C_{U^{3+}}$ – концентрация электроактивных ионов урана, $\text{моль}/\text{см}^3$; t – переходное время, с.

Значение коэффициента диффузии ионов трехвалентного урана, рассчитанное по уравнению (1) численно равно $2.7 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$.

Список литературы

1. Игнатъев В.В., Фейнберг О.С., Загнитко А.В. *Атомная энергия*, 2012, **112**, 157-165.
2. Locatelli Z.G., Mancini M., Todeschini N. *Energy Policy*, 2013, **13**, 1503-1520.
3. Generation IV International Forum Annual Report 2007.
4. GIF Symposium Proceedings, San Diego, California, USA, 14-15 November 2012
5. GIF 2022 Annual Report.
6. Zaikov Yu.P., Khokhlov V.A., Afonichkin V.K., Volkov S.V., Omelchuk A.A. *Some problems of chemistry of molten salt nuclear reactors of new generation. XVI Russian Conference on Physical Chemistry and Electrochemistry of Molten and Solid Electrolytes*, 2013, Ekaterinburg, 87-88.
7. Zhang J., Forsberg C. W., Simpson M. F., Guo S., Lam S.T., Scarlat R.O., Carotti F., Chan K.J., Singh P.M., Doniger W., Sridharan K., Keiser J.R. *Corrosion Science*, 2018, **144**, 44-53.
8. Feynberg O., Ignatiev V., Surenkov A. *IAEA TECDOC-1626*, 2009, Vienna, IAEA, 128-168.
9. Новиков В.М., Игнатъев В.В., Федулов В.И., Чередников В.Н. *Жидкосольевые ЯЭУ: перспективы и проблемы*. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
10. Khokhlov V., Ignatiev V., Afonichkin V. *Journal of Fluorine Chemistry*, 2009, **130**, 30-37.
11. Baes Jr C. F. *Journal of Nuclear Materials*, 1974, **51**, 149-162.
12. Bard A.J., Faulkner L.R. *Electrochemical methods: fundamentals and applications*. –Wiley, New York, 1980.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ Al_2O_3 ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ ЛИСТОВ ГРАФЕНА

**Афзал А.М.^а, Трусова Е.А.^а, Пономарев И.В.^а,
Феткуллова А.Р.^{а,б}, Теплова А.Ю.^{а,б}, Сафроненко М.Г.^б**

^аИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук,
119334, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 49,
e-mail: asya.afzal@mail.ru

^бРоссийский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Создание технологичных методов синтеза композитных полупродуктов на основе графена и оксидов металлов является одной из ключевых задач создания широкого спектра новых материалов с заданными свойствами. Особое место среди графенсодержащих керамических материалов занимают гибриды на основе Al_2O_3 , которые представляют большой интерес для разработчиков и исследователей новых материалов для электродов литий-ионных аккумуляторов, электропроводящих покрытий, устройств хранения данных, гибких преобразователей энергии, суперконденсаторов, транзисторов, катализаторов, солнечных элементов, сенсорных устройств, топливных элементов и электрохромных устройств. Нами разработан способ получения композитов графен/металл-оксид, сочетающий в себе золь-гель и сонохимический приемы [1].

Как известно, добавки графена в композитах играют положительную роль только при концентрациях менее 2 мас.%, однако и в этом случае его равномерное распределение в объеме материала остается проблематичным. Разработанный способ позволяет достигать более высокую дисперсность фазы Al_2O_3 в композите и предотвращать агломерацию графена. Интересно, что листы бескислородного графена частично защищают кристаллиты Al_2O_3 от деформации и фазового перехода в области температур 1130°C, присущего чистому нано- Al_2O_3 . Установлено, что графен вызывает существенные изменения реологических свойств нанопорошка Al_2O_3 и снижение его сжимаемости. При этом упругость спеченной керамики повышается, что делает ее перспективной для создания мелкозернистых материалов с улучшенными механическими свойствами, такими как твердость и прочность.

Литература

1. Trusova E.A., Kotsareva K.V., Kirichenko A.N., Abramchuk S.S., Ashmarin A.A., Perezhogin I.A. *Diam. Relat. Mater.*, 2018, **85**, 23–36.

Работа выполнена в ИМЕТ РАН по государственному заданию № 075-00320-24-00 при финансовой поддержке РФФИ, грант № 19-03-00554_а.

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОКСОНИТРИДОВ АЛЮМИНИЯ, ЛЕГИРОВАННЫХ 3d-МЕТАЛЛАМИ

Ахмадуллина Н.С.,^а Ищенко А.В.,^б Сиротинкин В.П.,^а
Вайнштейн И.А.,^б Каргин Ю.Ф.^а

^а *Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
 119991, Москва, Ленинский проспект 49
 e-mail: nakhmadullina@mail.ru*

^б *Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
 620002, Екатеринбург, проспект Мира 19
 e-mail: a-v-i@mail.ru*

Оксонитрид алюминия $\text{Al}_{(64+x)/3}[\text{V}_{\text{Al}}]_{(8-3x)}\text{O}_{(32-x)}\text{N}_x$ (AlON, алон) привлекает внимание исследователей как материал с выдающимися физико-механическими свойствами и высокой термической и химической стабильностью. Эти свойства могут быть дополнительно повышены путём легирования ионами РЗМ или ПМ. Алоны, легированные ионами РЗМ, хорошо изучены, а данные по алонам, легированным ПМ, весьма ограничены. В представляемой работе нами изучены формирование, структура и оптические свойства γ -алонов, легированных ионами ПМ в ряду от Ti до Co при их содержании от 0.01 ат. % до 5.0 ат. % (vs. Al).

Алоны, легированные ионами ПМ, получали обжигом смесей оксидов ПМ, Al_2O_3 и AlN в атмосфере N_2 при 1750° С в течение 2 часов. Полученные образцы характеризовались методом РФА, РФЭС, КР-спектроскопии и оптической спектроскопии диффузного отражения. На основании данных РФА можно сделать вывод, что добавка ионов ПМ способствует образованию фазы алона, поскольку в их отсутствие содержание примесных фаз оказывается существенно выше. Уже при содержании ПМ в 0.05 ат. % в образцах практически отсутствуют корунд и нитрид алюминия. Такая картина наблюдается для всех 3d-металлов от Ti до Co кроме Cr, для которого образование чистого алона наблюдается лишь при содержании Cr 1.0 ат. % и до 5.0 ат. %. Для Mn предел растворимости также не достигается в диапазоне концентраций 0.01–5.0 ат. %, для всех же прочих металлов он лежит в интервале 0.5–1.0 ат. %. При превышении предела растворимости наблюдается образованием фаз нитридов (Ti, V) или самих ПМ (Fe, Co).

Образцы алонов, легированных ионами Cr^{3+} и Mn^{2+} , демонстрируют спектры, характерные для этих ионов в оксонитридах. Для алонов, легированных прочими ПМ, спектры обусловлены, в основном, собственными дефектами. По данным оптической спектроскопии ДО определена оптическая ширина запрещенной зоны, которая демонстрирует сложную, немонокотонную зависимость от содержания легирующего иона.

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕРЫ И ДРУГИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бараева Л.Р., Кушбоев Э.Э., Хацринов А.И.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул.К.Маркса, 68,
e-mail: baraeva.linara@yandex.ru*

По официальным данным всего около 2% добываемого из недр сырья превращается в конечный продукт, оставшиеся 98% – это отход. Поэтому переработка отходов является актуальной проблемой любого химического производства.

Экспериментально доказана возможность использования шлама химводоочистки, являющегося побочным продуктом выработки тепловой и электрической энергии на теплоэлектростанции (ТЭС) в качестве наполнителя в строительных материалах. На основании полученных результатов предложена технологическая схема переработки шламов ТЭС и серосодержащих отходов в строительные материалы. Разработанная технологическая линия является универсальной.

При проведении научно-исследовательской работы была получена серия образцов на основе серы и других техногенных отходов. Образцы были исследованы на прочность, плотность, водопоглощение, определены оптимальные технологические параметры процесса производства.

Применение отходов промышленности расширяет сырьевую базу, снижает себестоимость готовой продукции, способствует решению экологической проблемы региона и сокращению объемов шлама при его складировании.

В полученных материалах роль вяжущего выполняла сера, использовался побочный продукт Татарстанского Нефтеперерабатывающего Комплекса АО «Танеко» [1]. В качестве наполнителя помимо шлама химводоочистки использовались золошлаковые отходы, кокс – отход коксохимического предприятия АО «Алтай – Кокс» в различных соотношениях с кварцевым песком и кремнистыми породами различных месторождений.

Полученный материал может найти применение в тех сферах, где нужны высокопрочные конструкции или покрытия, которые быстро набирают прочность, например, сборных бетонных конструкций, таких как бордюры, плиты фундамента, шпалы, столбы ЛЭП и прочее.

Литература

1. Ахметова Р.Т., Бараева Л.Р., Чудина П.А., Туктарова А.И., Исследование возможности утилизации серы НПЗ / Бутлеровские сообщения. 2017, т.49, в.1, с.121-127.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ФУЛЛЕРЕНА C_{28}

**Барбин Н.М.,^{а,б,с} Куанышев В.Т.,^а Терентьев Д.И.,^б Дан В.П.,^б
Бурумбаев А.И.,^а Бурумбаев Д.И.^а**

^аУральский технический институт связи и информатики, 620000, Екатеринбург, Репина 15

e-mail: NMBarbin@mail.ru

^бУральский институт ГПС МЧС России, 620062, Екатеринбург, Мира 22

^сУральский государственный аграрный университет, 620078, Екатеринбург, Карла Либкнехта 42

Температура начала термического распада фуллерена является важной характеристикой углеродной наночастицы [1].

Для ее определения проведено термодинамическое моделирование поведения фуллерена C_{28} при нагреве в атмосфере аргона с использованием программы ТЕРРА [2, 3]. Результаты моделирования приведены на рисунке 1.

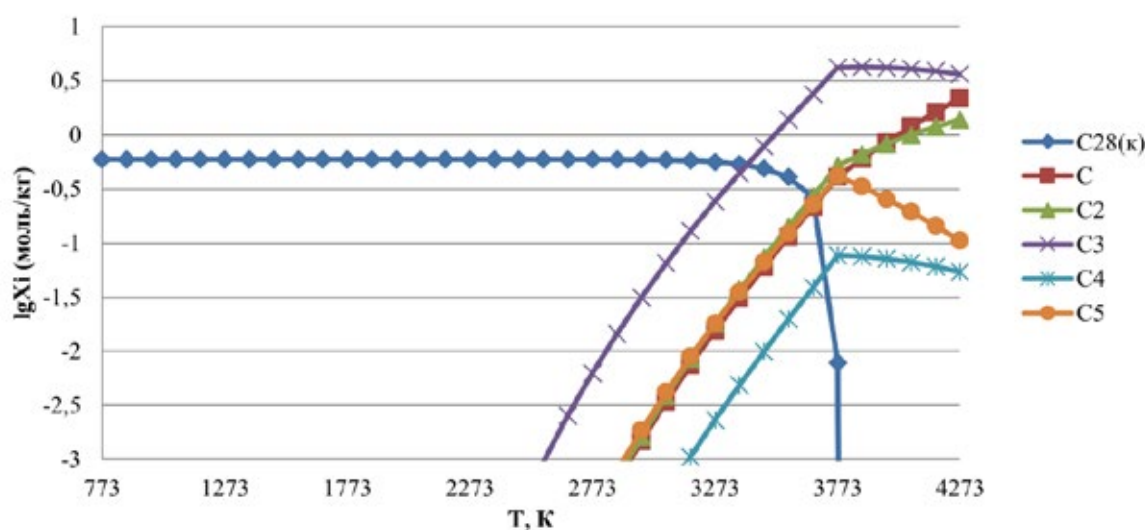


Рисунок 1. Распределение углеродных наночастиц в системе C_{28} -Ar

Из рисунка видно, что уменьшение конденсированного C_{28} начинается при 3373 К.

Литература

1. Barbin N.M., Yakupova L.B. Materials Science Forum, 2021, 1040, 15.
2. Барбин Н.М., Якупова Л.В. Материаловедение, 2023, 2, 45.
3. Ватолин Н.А., Моисеев Г.К., Трусов Б.Г. Термодинамическое моделирование в высокотемпературных системах. М. Металлургия 1994.

АДГЕЗИОННЫЙ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЙ СЛОЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ТОКОПРОВОДЯЩЕГО РИСУНКА ВНУТРЕННИХ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Бардина О.И., Савицкая С.А., Григорян Н.С., Аснис Н.А., Балакирев А.В.,
Пруссакова М.А.**

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
125047, Москва, Миусская пл., д.9.,
e-mail: BardinaOI@yandex.ru*

Стандартный процесс (ГОСТ 23661-79) создания шероховатого адгезионного слоя на медной поверхности токопроводящего рисунка перед прессованием внутренних слоев многослойных печатных плат (МПП) заключается в формировании оксидного слоя на поверхности меди. Прочность сцепления в этом случае обеспечивается за счет механического «сцепления» обработанной поверхности с препрегом. Однако данный способ непригоден для использования в современных производствах МПП (с высокой плотностью монтажа) из-за следующих недостатков: недостаточно высокая прочность сцепления металлической поверхности с препрегом, дефекта в виде «розовых» колец и низкой термостойкости (снижение адгезии на 30 – 60% при термоударе 260 °С, 10 с)^{1,2}.

Для обеспечения требуемой адгезии внутренних слоев на современных производствах МПП на поверхности меди формируют шероховатый адгезионный слой с тонким (200-300 Å) поверхностным металлоорганическим слоем, который обеспечивает сцепление слоев не только за счет увеличения площади поверхности контакта, но и за счет химических связей с молекулами препрега³.

Разработан технологический процесс модификации медной поверхности в растворе, содержащем (г/л): H₂SO₄ 91, H₂O₂ 14, Cl⁻ 8-10 мг/л, ПЭГ (1500) 3-7, ингибитор коррозии из класса азотосодержащих гетероциклических углеводородов 8, который позволяет при t 35 °С, τ 75 с формировать адгезионный металлоорганический слой, не уступающий зарубежному аналогу по параметрам шероховатости (R_a = 0,60 мкм, R_a (аналога) = 0,50 мкм) и прочности сцепления внутренних слоев.

С помощью исследования на просвечивающем электронном микроскопе образца, после пробоподготовки методом фокусированного ионного пучка установлено, что толщина тончайшего поверхностного металлоорганического слоя, формирующегося в разработанном растворе, составляет около 250 Å, а в его состав входят следующие элементы: N, C, Cu.

Литература

1. Лейтес И. Технологии в электронной промышленности, 2015, 1, 38-41.
2. Терешкин В., Григорьева Л. Технологии в электронной промышленности, 2011, 3, 36-39.
3. Nothdurft P., Riess G., Kern W. Materials, 2019, 12 (3), 1-18.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА КОКСОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ

Бейлина Н.Ю., Антонюк С.Н., Фоломеев В.Д.

*МИРЭА - Российский технологический университет
(Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова),
119454, Москва, проспект Вернадского, 78,
e-mail: beilinan@mail.ru*

Каменноугольная смола – это побочный продукт коксования каменного угля при температуре 900 – 1000°C, получающийся из парогазовых продуктов пиролиза после их дистилляции и выделения целевых фракций, таких как бензол и его гомологи, нафталин, фенантрен, антраценовые и поглотительная фракции, инден, кумарон, востребованные химической промышленностью. В зависимости от состава угольной шихты и условий коксования получаемые при дистилляции фракции немного отличаются по своему количеству (выходу). Выход смолы от сухой угольной шихты составляет около 3,5%, а ее свойства и химический состав зависят от технологических условий коксования^{1, 2}.

Каменноугольную смолу чаще всего перерабатывают в каменноугольный пек - связующее для производства искусственных углеродных материалов, применяемых в машиностроении, металлургии, энергетике и химической промышленности. Ряд зарубежных фирм обладает технологиями получения из каменноугольных смол игольчатых коксов. Технологии переработки каменноугольной смолы позволяют получать материалы с различными свойствами. Пеки, различающиеся температурой размягчения и составом, получают термополиконденсацией и термоокислением. Применяют также терморастворение, экстракцию с фильтрацией. Для получения коксов различной структуры и самоспекающегося мезофазного углерода применяют способы, позволяющие варьировать углеводородный состав смол: терморастворение, гидрирование, механохимическую обработку и другие³.

Литература

1. Павлович О.Н. Состав, свойства и перспективы переработки каменноугольной смолы: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. – 41с.
2. Соколов В.З., Харлампович Г.Д. Производство и использование ароматических углеводородов. – М.: Химия, 1980 – 336с.
3. Бейлина Н.Ю., Петров А.В. Современные конструкционные материалы на основе графита. Часть 1. Сырьевые материалы. [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие. — 2-е изд., доп. — М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2023. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ISBN 978-5-7339-2100-6.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДОСТУПНЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ СОЛЕЙ ПРИ ОТСУТСТВИИ РАСТВОРИТЕЛЯ

Белоцерковец Н.И.

*Тверской государственный университет,
170100, Тверь, ул. Желябова, 13,
e-mail: belotserkovets.ni@tversu.ru*

Четвертичные N-алкилзамещенные соли (ЧАС) аммония, пиридиния, хинолиния и других третичных аминов широко известны как эффективные модификаторы поверхностных свойств различных материалов, антистатики, антибактериальные средства, межфазные катализаторы, ионные жидкости. Общепринятый способ их получения состоит во взаимодействии алкилирующих реагентов с третичными аминами (реакция кватернизации) при длительном нагревании в таких растворителях, как ацетон, этанол, бензол и другие огнеопасные и токсичные жидкости.

С целью получения доступных ЧАС нами разработан и апробирован бо-лее экономичный и безопасный способ кватернизации без растворителя аминов, выпускаемых отечественной промышленностью (пиридина, хино-лина, пиперидина, морфолина, триалкиламинов, 2-диметиламиноэтанола), что позволило упростить технологию, повысить экономичность и снизить пожароопасность химического процесса. Алкилирующими агентами служили хлористый бензил, алкилгалогениды (от C_1 до C_{16}), 1-бромадамантан, а также метиловый и этиловый эфиры пара-толуолсульфокислоты. Установлено, что проведение кватернизации в магнитном поле напряженностью 300-400 Э даже при комнатной температуре ускоряет реакцию в несколько раз¹.

В результате получено несколько десятков ЧС различного строения² с высокими выходами. Для одного из четвертичных производных сложных эфиров 2-диметиламиноэтанола разработаны технические условия (ТУ 6-06-32-465-83, ВНИИСВ с экспериментальным заводом, г. Тверь), получены опытные партии и проведены промышленные испытания в качестве текстильно-вспомогательного вещества. Большинство из синтезированных четвертичных солей термически устойчивы при температурах до 180-200°C и выше, хорошо растворимы в воде, обладают высокой поверхностной активностью и являются эффективными антистатиками для синтетических полимерных материалов.

Литература

1. Белоцерковец Н.И. *Современные наукоемкие технологии*, 2009, **1**, 6.
2. Белоцерковец Н.И. В кн.: Поверхностно-активные вещества. Синтез, свойства и применение. – Тверь: Изд-во ТвГУ, 2001. – С. 15.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ГЕТЕРОЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Березин Н.Б.,^а Чевела В.В.,^б Межевич Ж.В.,^а Иванова В.Ю.^б

*^аКазанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68,*

e-mail: berezintep@yandex.ru; mejevitch@mail.ru

*^бКазанский федеральный университет,
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18, корп. 1*

Цель работы – получение данных по роли гетероядерных комплексов и их электрохимическому поведению при получении сплавов и соответствующих покрытий.

Исследованы процессы комплексообразования в системах: цинк (II)-хром (III)-никель(II)-глицин-вода. Установлены гетероядерные комплексы $\text{CrNiZn(HGl)}_4\text{Gl}_4^{3+}$ ($\lg K = 1.01 \pm 0.25$), $\text{CrNiZn(HGl)}_2\text{Gl}_6^+$ ($\lg K = -3.79 \pm 0.32$), константы образования и доли их накопления в зависимости от pH раствора.

Исследованы процессы комплексообразования в системах: цинк (II)-хром (III)-Co(II)-глицин-вода. Установлены составы гетероядерных соединений, доли их накопления и константы образования: $\text{CrCoZn(H-Gly)}_5\text{Gly}_3^{4+}$ ($\lg K = 2.31 \pm 0.01$); $\text{CrCoZn(HGly)}_3\text{Gly}_5^{2+}$ ($\lg K = -1.36 \pm 0.05$) и $\text{CrCoZn(HGly)}_2\text{Gly}_6^+$ ($\lg K = -4.23 \pm 0.09$).

Методом снятия поляризационных кривых показана возможность сближения потенциалов совместного электрохимического восстановления ионов металлов, находящихся в гетероядерном соединении. В качестве теоретического обоснования сближения электродных потенциалов восстановления высказаны некоторые соображения, которые в настоящий момент подтверждаются. Так, при заполнении электронами молекулярных орбиталей в гетероядерной молекуле в связывающую орбиталь больший вклад вносит орбиталь более электроотрицательного атома, а в разрыхляющую – орбиталь менее отрицательного атома, что позволяет уменьшить перенапряжение восстановления более электроотрицательного металла. Кроме того, увеличение эффективного радиуса комплексных гетероядерных ионов по сравнению с моноядерными соединениями уменьшает энергию активации их восстановления. Установлен элементный состав исследуемых осадков сплава, методом рентгено-флуоресцентного анализа. Показано, в составе сплава находятся цинк, хром, никель, железо и марганец, а в другом – цинк, хром, кобальт, железо и марганец с различным их соотношением. Электрохимические измерения и определение массового показателя свидетельствуют о более высокой коррозионной стойкости получаемых покрытий в сравнении с цинковыми.

CALS-ТЕХНОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ И ДОРОЖНЫХ ПРОПИТОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Бессарабов А.М.^а, Приоров Г.Г.^а

*^аАО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва,
107564, Краснобогатырская ул. 42,
e-mail: bessarabov@nc-mtc.ru*

Решение проблемы безопасности движения по автомобильным дорогам связано с комплексом задач, в которых входит борьба с зимней скользкостью с применением противогололедных материалов (ПГМ)¹ и поддержание дорожных и тротуарных покрытий в оптимальном состоянии с помощью специальных дорожных (ДП)² и гидрофобизирующих (ГФП)³ пропиток. Для автоматизации процедуры аналитического и экологического мониторинга продуктов дорожной химии разрабатываются системы компьютерного менеджмента качества (КМК-системы)¹.

С помощью КМК-системы ПГМ проводится аналитический мониторинг в следующих информационных сечениях: химический состав; показатели качества; методы анализа; аналитические приборы. Основные показатели качества сгруппированы по 4-м кластерам: органолептические, физико-химические, технологические и экологические¹.

Применение ПГМ приводит к отрицательным экологическим последствиям. Для решения этих проблем разработана КМК-система экологического мониторинга ПГМ¹. Мониторинг проводился по следующим объектам: снежный покров и водные объекты; почвенный покров; зеленые насаждения; атмосферный воздух.

Для ДП и ГФП разработаны информационные КМК-системы. По каждому виду пропиток выделены основные подкатегории, по которым сгруппированы пропитки соответствующих химических составов, характеризующих совокупностью показателей качества. Проведена систематизация показателей качества по предложенным информационным кластерам. По каждому показателю в архитектуру системы добавлены наиболее перспективные методы анализа и аналитическое оборудование.

Полученные по материалам дорожной химии результаты вошли в договора РФФИ № 16-07-00823 и № 18-29-24185мк, а также рекомендациями в отчеты по научным договорам с Департаментом природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы.

Литература

1. Glushko A., Bessarabov A., Priorov G. *Chemical Engineering Transactions*, 2018, **70**, 451.
2. Bessarabov A., Priorov G., Glushko A. *Energy Reports*, 2021, **7**, 8633.
3. Бессарабов А.М., Приоров Г.Г., Трохин В.Е., Кириллова И.Ю. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*, 2023, **8**, 18.

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ФАРМАКОПЕЙНОГО АССОРТИМЕНТА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТИВОВ И ОСОБО ЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

Бессарабов А.М.,^а Гафитулина Е.М.,^а Кириллова И.Ю.,^б Аверина Ю.М.^б

^аАО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва,
107564, Краснобогатырская ул., д. 42,
e-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

^бРХТУ им. Д.И.Менделеева, Москва, 125047, Миусская пл., д. 9,
e-mail: kirillowa2002@yandex.ru

В фармацевтической промышленности нашли широкое применение вещества реактивной квалификации и особой чистоты¹. Одним из основных производителей этой продукции является АО «ЭКОС-1». Расширение ассортимента выпускаемых предприятием реактивов связано с ростом требований фармацевтики к качеству продукции, а также с задачами импортозамещения. Для решения этих проблем разработана система компьютерного менеджмента качества (КМК-система)².

При аналитическом мониторинге в КМК-системе рассмотрены 3 группы реактивов, выпускаемых АО «ЭКОС-1»: органические растворители, неорганические кислоты, заказные реактивы (более 400 марок). Анализ проводится по 3 наиболее перспективным западным фирмам (PanReac; Merck; Carl Roth). При анализе рассматриваются 5 фармакопей: USP, DAB, JP, BP, Ph. Eur (США, Германия, Япония, Британия, Европа).

Алгоритм поиска основан на том, что по каждому импортному реактиву для фармакологии осуществляется анализ такого же продукта из имеющейся в нашей КМК-системе базы данных ассортимента «ЭКОС-1». Критерием поиска является максимальное совпадение показателей качества по наименованиям и численным характеристикам. В случае совпадения или превышения наших показателей качества отмечается возможность (рекомендация) импортозамещения продукта без коррекции технологического процесса. В случае различия в показателях качества между импортным реактивом и его отечественным аналогом - отмечаются направления доработки технологии, методов анализа (разрабатываются проекты ТУ, изменения к действующим ТУ, соответствующие методы анализа и др.). Доработка осуществляется на пилотной установке, включающей в себя аппаратные модули ректификационной очистки, химической обработки, адсорбционной очистки и микрофльтрации.

Литература

1. Bessarabov A, Kvasyuk A. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2015, **17**, 1365.
2. Бессарабов А.М., Трохин В.Е., Трынкина Л.В., Гафитулина К.М. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*, 2022, **8**, 19.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ ИЗ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ

Богатова Л.Ф., Шаехов М.Ф.

*^a Казанский приволжский федеральный университет,
420000, г. Казань, Кремлевская 18,
e-mail: linafeliksovna@mail.ru*

*^{a,б} ГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
420111, г. Казань, Карла Маркса 68*

Обработка ННТП археологических памятников культурного наследия – мало изучена. В иностранных источниках применение плазмы используют для поверхностной очистки материалов и модификации объема¹⁻⁴. Исследование применения обработки археологических предметов из натуральной кожи в потоке ионов перед процессом реставрации с параметрами: газ - аргон, $p = 28$ Па, $G = 0,04$ г\с, $W = 500$ Вт, $t = 5$ мин. Установлено, что воздействие низкотемпературной плазмы позволяет наиболее равномерно провести процесс консервации, за счет увеличения диффузии водных растворов в межволоконное пространство.

Литература

1. Voûte A. The plasma equipment at the Swiss National Museum- observations and improvements, Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte (ZAK), 1997, p. 41-44
2. Keppner H., Kroll U., Torres P., Goetz M and Meier J. Process-enhancement of hydrogen-plasma treatment by argon?, Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte (ZAK), 1997, p. 25-28
3. Vepek S., Eckmann C. and Elmer J. Recent progress in the restoration of archaeological metallic artifacts by means of low-pressure plasma treatment, Plasma Chemistry and Plasma Processing, 1998, p. 225-241
4. Evaluation of the effect of high frequency plasma in the conservation treatments of cultural heritage items with organic support Dorina Rusu 1, Ghiocel Ioanid 2 1 Mobile Cultural Heritage Restoration – Conservation Centre, Iași, Romania 2 "P.Poni" Institute of Macromolecular Chemistry Iași, Romania.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО НАНЕСЕНИЯ Zn-, Cd-, Sn-СОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОК ДЛЯ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ГЕТЕРОСТРУКТУР

Богомазова Н. В.^а, Сидоров В.Д.^а, Жарский И.М.^а, Толстой В.П.^б

^аБелорусский государственный технологический университет,
 220006, Минск, улица Свердлова, 13^а,
 e-mail: nbogom@belstu.by

^бСанкт-Петербургский государственный университет,
 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9

В фотовольтаических тонкопленочных гетероструктурах в качестве наиболее перспективных материалов поглощающего узкозонного слоя рассматриваются CdTe, сложные халькогениды, SnS. В качестве широкозонных слоев активно изучаются халькогениды CdS, ZnS, а также оксиды ZnO, TiO₂, SnO₂ и другие полупроводники.

В нашей работе представлены результаты исследования пленок широкозонных полупроводников на примере CdS и ZnO, а также светопоглощающих пленок на примере SnS, полученных из растворов методами химического осаждения (CBD), химического наплаивания (SILD) или электрохимического осаждения (ECD) соответственно.

Результаты исследования полученных пленок показали, что широкозонные слои ZnO имели более высокую толщину около 200 нм и менее высокое пропускание в видимом диапазоне (не более 60 %). Более тонкие пленки CdS (около 100 нм) характеризовались более высоким оптическим пропусканием около 70 %. Светопоглощающие пленки SnS толщиной 400-500 нм характеризовались высоким коэффициентом поглощения порядка $1,5 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$ и значением ширины запрещенной зоны на уровне 1,4 эВ.

Обозначение образца	Метод получения	Толщина пленки, нм	Оптическое пропускание, %	Ширина запрещенной зоны, эВ	Скорость осаждения, нм/мин
ZnO	SILD	203	61	3,3	4,6
CdS	CBD	77	71	2,5	15,4
SnS	ECD	459	<	1,4	11,5

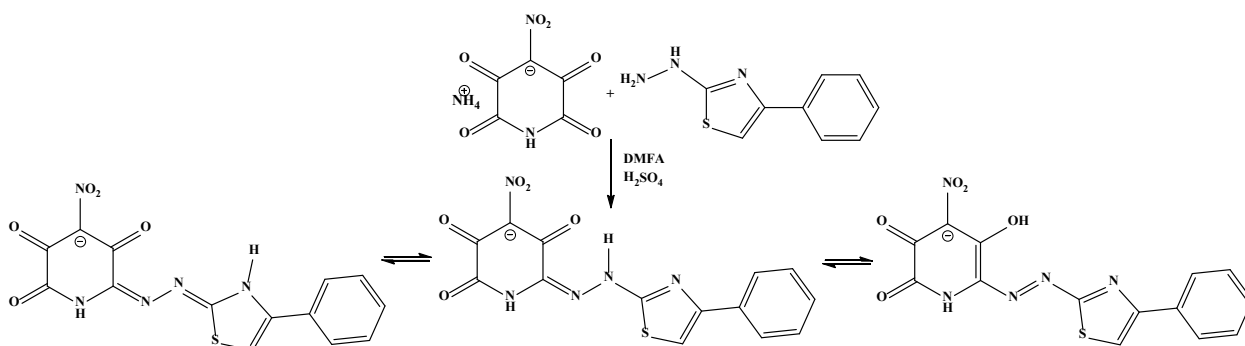
Таким образом, исследования показали, что для получения оптически прозрачных однородных широкозонных пленок на примере CdS предпочтителен метод химического осаждения. Для осаждения более толстых светопоглощающих пленок SnS предпочтителен метод импульсного электрохимического осаждения, который позволяет наносить близкие к стехиометрическому составу пленки со скоростью более 10 нм/мин.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВОГО ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКОГО АЗОПРОИЗВОДНОГО НА ОСНОВЕ 2,3,5,6-ТЕТРАОКСО-4-НИТРОПИРИДИНАТА АММОНИЯ

Боженкова С.С.,^а Полянская Н.А.,^{а,б} Ковальчукова О.В.^{а,б}

^аРоссийский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), 1
19071, Москва, Малая Калужская, 1
^бРоссийский университет дружбы народов,
117198, Москва, Миклухо-Маклая, 6
e-mail: svetik2899@rambler.ru

Конденсацией 2,3,5,6-тетраоксо-4-нитропиридината аммония с 2-гидразино-4-фенилтиазолом получено гетероциклическое азосоединение – (Е)-4-нитро-2,3,5-триоксо-6-(2-(4-фенилтиазол)-2-ил)гидрозинилиден) пиперидин-4-ид (HL), которое может существовать в виде трех таутомерных форм:



Согласно данным элементного анализа и хромато-масс-спектрометрии, соединение HL является индивидуальным и содержит молекулярный ион $M^+ = 358$, которому соответствует брутто-формула $C_{14}H_8N_5O_5S$.

В ИК-спектре соединения HL в поликристаллическом состоянии в области 3060 см^{-1} наблюдается широкая полоса, относящаяся к валентным колебаниям, связанной водородной связью N-H группы. Наличие полос поглощения в диапазоне $1654\text{--}1550\text{ см}^{-1}$ свидетельствуют о валентных колебаниях C=O и C=N групп соединения HL. В спектрах ЯМР ^1H соединения HL в CDCl_3 сигналы 6H ароматических протонов лежат в пределах 7,2–8,5 м.д. Наличие полосы в области 11,8 м.д. соответствует положению N-H связи гидразогруппы [1], а пик в области 9,8 м.д. можно отнести к N-H связи тетраоксо-4-нитропиридинового фрагмента. Полученные данные указывают на существование HL в кристаллическом состоянии и в растворе в форме гидразотаутомера.

Литература:

1. Davydov V.V., Polyanskaya N.A., Linko R.V., Ryabov M.A., Sergienko V.S., Sokol V.I. Synthesis, crystal structure, and spectral studies of 10-(2-benzothiazolylazo)-9-phenanthrol // Crystallography Reports. 2012. Т. 57. № 2. Р. 227–234.

ВЛИЯНИЕ КОРОТКОИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Борисова Е.М., Решетников С.М.

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1
e-mail: borisovayelena@mail.ru

Функциональные свойства меди и медных сплавов обуславливают их широкое применение, в том числе в электротехнической области^{1,2}. Факторы повышенной влажности и агрессивности производственных сред существенно снижают коррозионную стойкость изделий. Перспективным методом является высокоэнергетическое лазерное воздействие на поверхность, в ходе которого происходит изменение состава и структуры поверхностного слоя^{3,4}. Существенной характеристикой остается величина удельного сопротивления.

Таблица 1. Параметры образцов в исходном состоянии и после лазерной обработки

Материал		Медь	Латунь
Токи анодного растворения I в области пассивного состояния, мкА/см ²	до обработки	23,331	33,032
	после обработки	14,345	27,676
Контактное сопротивление, ом/см ²	до обработки	0,092	0,054
	после обработки	0,037	0,024

Метод короткоимпульсной лазерной обработки позволяет получить на поверхности меди и медных сплавов нанослой, обеспечивающий повышение коррозионной стойкости при сохранении приемлемого значения удельного контактного сопротивления.

Литература

1. Петрова Л.Г., Потапов М.А., Чудина О.В. Электротехнические материалы. – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 198 с.
2. Евстифеев В.В., Корытов М.С. Электротехнические материалы, пластмассы, резины, композиты. Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 36 с.
3. Борисова Е.М., Решетников С.М., Фатхутдинова А.М. Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2022. Т.12. 4. 209–220.
4. Борисова Е.М., Решетников С.М., Гильмутдинов Ф.З., Бакиева О.Р., Павлова А.Ю. XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. 2016. Екатеринбург. 2а. 202.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации, проект МК–1670.2022.4.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТА И СОЛЕЙ МЕДИ

**Боярникова В.А., Шапкин Н.П., Хальченко И.Г.,
Кондриков Н.Б., Акимова Т.И.**

*Дальневосточный федеральный университет,
690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10,
e-mail: boiarnikova.va@dvfu.ru*

Получены композиты путем последовательной модификации вермикулитов Ковдорского и Татарского месторождений соляной кислотой, рицинолеатом меди (II) или гексацианоферратом(II) меди; сравнение их физико-химических характеристик и сорбционной активности в отношении ионов стронция [1]. Полученные композиты были исследованы методами РФА, низкотемпературной адсорбции/десорбции азота (табл.1).

Таблица 1. Физико-химические характеристики исходных и модифицированных вермикулитов Ковдорского и Татарского месторождений

№	Образец	Площадь поверхности по БЭТ, м ² /г	Плотность, г/см ³	d, нм	V _{окр^р} , нм ³	G(Sr ²⁺) _{max} , мг/г
1	Ковдорский вермикулит	8.80	1.20	1.44	57.02	-
2	Ковд. вермикулит +12% HCl	72.76	1.67	1.44	24.04	-
3	Ковд. вермикулит + 12% HCl + (C ₁₈ H ₃₃ O ₃) ₂ Cu	82.56	1.49	1.22	7.42	12,20
4	Ковд. вермикулит + 12% HCl + Cu ₂ [Fe(CN) ₆]	77.30	1.90	1.04	6.07	8,14
5	Татарский вермикулит	11,08	1,068	1,02	8.94	-
6	Татар. вермикулит +12% HCl	86,60	1,742	1,05	5.92	-
7	Татар. вермикулит + 12% HCl + (C ₁₈ H ₃₃ O ₃) ₂ Cu	88,24	1,665	1,01	6.34	12,70
8	Татар. вермикулит + 12% HCl + Cu ₂ [Fe(CN) ₆]	75,70	1,931	1,03	7.35	8,84

На основании данных сорбции ионов стронция, показано, что максимальные значения адсорбции и степень очистки характерна для вермикулитов, модифицированных рицинолеатом меди: 12.2-12.7 мг/г и 90-99% соответственно. Экспериментальные данные по сорбции ионов стронция достоверно описываются уравнением Лэнгмюра-Фрейндлиха.

Литература

1. Клочков Е.П., Павленко И.В., Матюхин П.В., Ястребинская А.В. Модифицирование природных минеральных систем для очистки воды от радионуклидов. Современные проблемы науки и образования, 2012, 6, 137.

СОРБЦИЯ ХЛОРОКОМПЛЕКСОВ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ ХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ КРЕМНЕЗЕМАМИ. РАЗДЕЛЕНИЕ ПАРЫ РОДИЙ – ИРИДИЙ

Буслаева Т.М.,^а Волчкова Е.В.,^а Мингалев П.Г.,^б Евтюхин М.А.^а

^аМИРЭА – Российский технологический университет,
 119454, Москва, пр. Вернадского, 78
 buslaevatm@mail.ru

^бХимический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 3

В настоящее время не вызывает сомнения факт, что сорбция является наиболее перспективным методом селективного выделения ионов платиновых металлов (ПМ) из технологических растворов сложного состава. Особую значимость в этой связи приобретают в качестве сорбентов химически модифицированные кремнеземы (ХМК).

В представленном докладе обобщены полученные авторами данные по сорбции ионов ПМ из кислых хлоридных и сульфатно-хлоридных растворов кремнеземами (Davisil Grade 62 (W.R. Grace Co., США), фракция 0.07–0.2 мм), модифицированными различными полиэтиленiminaми (ПЭИ) [1], в статике и динамике в зависимости от наиболее значимых факторов: ионного состояния и концентрации металлов в растворах, концентрации кислоты, H^+ , Cl^- . Обоснован анионообменный механизм сорбции комплексов платиновых металлов. Предложены реагенты, обеспечивающие количественное элюирование сорбированных ионов, и пути их выделения из элюатов. Показано, что предложенные сорбенты обеспечивают селективное выделение $Pt(IV)$, $Rh(III)$, $Ir(IV)$ из вышеуказанных сред при их совместном присутствии и на фоне ионов цветных металлов.

Установлено, что сорбционные свойства кремнеземов, модифицированных полиэтиленимином, ПЭИ ($-CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2-$), и полиэтиленимином, кватернизованным метилиодидом, ПЭИ-мн, ($-CH_2N^+(CH_3)_2CH_2CH_2N^+(CH_3)RCH_2-$), близки между собой и по отношению к ионам $[RhCl_6]^{3-}$ и $[IrCl_6]^{2-}$. Разделение этой пары возможно только в динамических условиях. Гексахлороиридат(IV)-ион обладает большим сродством к указанным сорбентам, а потому сорбируется в верхней части хроматографической колонки. По мере пропускания исходного раствора происходит вытеснение зоны $Rh(III)$, и весь слой сорбента постепенно насыщается ионами $Ir(IV)$. В зависимости от содержания ценных компонентов в растворе полное разделение может быть достигнуто в системе из нескольких, последовательно соединенных колонок.

Литература

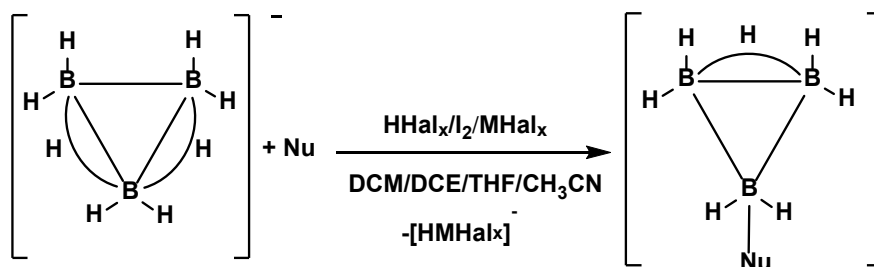
1. Bodnar' N.M., Buslaeva T.M., Ehrlikh G.V. *Russ. J. of Inorg. Chem.*, 2021, **66**, 586.

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ ЗАМЕЩЕНИЯ В АНИОНЕ $[B_3H_8]^-$

**Быков А.Ю., Шуляк А.Т., Лукошкова А.А.,
Селиванов Н.А., Жижин К.Ю., Кузнецов Н.Т.**

*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 31,
e-mail: bykov@igic.ras.ru*

Ароматическая структура аниона $[B_3H_8]^-$ позволяет ему вступать в реакции нуклеофильного замещения¹ наряду с хорошо изученными анионами $[B_{10}H_{10}]^{2-}$ и $[B_{12}H_{12}]^{2-}$. Такие реакции протекают в присутствии электрофильного индуктора, способного отщеплять гидридный водород (иод, бром, кислоты Бренстеда, галогениды металлов), и проходят по известному E1NC механизму.



В ходе данной работы было установлено, что к наиболее высоким выходам замещенного продукта приводит использование хлоридов Ti(IV), Hf(IV), Zr(IV) в случае с O-, S-нуклеофилами и нитрилами. Такой реакцией получен ряд замещенных производных $[B_3H_7Nu]$, Nu = THF, dioxane, $CS(NH_2)_2$, $CS(N(CH_3)_2)_2$, R-CN. Однако в случае использования аминов в качестве нуклеофила происходит образование их прочных комплексов с металлами, что сильно понижает выход продукта. В этом случае установлено, что использование их гидрохлоридов минимизирует образование побочных продуктов. Таким образом были получены замещенные производные $[B_3H_7NH_2R]$, $[B_3H_7NHR_2]$, $[B_3H_7NR_3]$, R = Et, Me, Ph, C_9H_{19} , $C_{16}H_{34}$. Иод и бром также являются эффективными индукторами реакций замещения в октагидротриборате, но их использование затрудняется наличием побочных продуктов реакции, а также ограниченного ряда нуклеофилов.

Литература

1. K. Yu. Zhizhin, A. P. Zhdanov, and N. T. Kuznetsov, *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, **2010**, 55, 2089–2127

Работа выполнена в рамках государственного задания ИОХ РАН

ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ФОТОАКТИВНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВОЛЬФРАМАТОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Васильева М.С.^{а,б}, Будникова Ю.Б.^{а,б}, Лукиянчук И.В.^а, Арефьева О.Д.^{а,б}

^аИнститут химии ДВО РАН,
 пр. 100 лет Владивостока, 159, Владивосток, Российская Федерация, 690022
^бДальневосточный федеральный университет,
 пос. Аякс, 10, Владивосток, Российская Федерация, 690922,
 e-mail: vasileva.ms@dvfu.ru

Вольфраматы переходных металлов с общей формулой MWO_4 привлекают значительное внимание благодаря широкому спектру их функциональных свойств [1]. Получают такие соединения преимущественно в виде дисперсных частиц, тогда как для решения многих практических задач целесообразно использовать пленочные композиты, в которых активные компоненты иммобилизованы на твердых поверхностях, в том числе на металлах. Определенные возможности в синтезе на поверхности металлов разнообразных оксидных структур предоставляет метод плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) [2].

Мы изучили возможности метода ПЭО для одностадийного формирования фотоактивных пленочных композитов Ti/TiO_2-MWO_4 ($M-Mn(II)$, $Co(II)$, $Zn(II)$, $Ni(II)$ или $Cu(II)$). В качестве электролитов для ПЭО использовали водные гомогенные электролиты, содержащие вольфраматы натрия и комплексы $M(II)$ с ЭДТА. В ряде случаев электролиты содержали фосфат или тетраборат натрия, а также слабые органические кислоты. Установлено влияние условий ПЭО синтеза на характеристики сформированных композитов и их фотокаталитическую активность в реакции деградации таких органических загрязнителей, как индигокармин, метиловый оранжевый и родамин С. Полученные результаты показали, что некоторые сформированные Ti/TiO_2-MWO_4 композиты можно считать перспективными кандидатами для дальнейшего практического применения при фотокаталитической очистке сточных вод.

Литература

1. Ke J., Younis M.A., Kong Y. et al. *Nano-Micro Lett.*, 2018, **10**, 69.
2. Гордиенко П. С., Гнеденков С. В. Микродуговое оксидирование титана и его сплавов. – Владивосток : Дальнаука, 1997. – 185 с.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН № FWFN (0205)-2022-0001.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Водопьянова С.В., Мингазова Г.Г.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет (ФГБОУ ВО КНИТУ),
420015, Казань, К. Маркса, 68,
e-mail: vod-sveta@yandex.ru*

Для создания эффективных и функциональных композиционных электрохимических покрытий (КЭП) используются вещества дисперсной фазы (ДФ) микро- и нанометрового порядка. Эффективность использования КЭП во многом определяется природой дисперсной фазы.

В последнее время в качестве дисперсной фазы стали использовать высокодисперсные частицы, полученные с использованием плазмохимии, а также путем химических реакций непосредственно в электролите или в растворах, компонентах электролитов^{1,2}.

Частицы сульфата бария являются перспективным дисперсным материалом. В качестве реагентов для их получения использовали растворы $BaCl_2$ и Na_2SO_4 . Содержание полученных частиц $BaSO_4$ размером 100-200 нм около 50 %. Высокдисперсные частицы сульфата бария позволяют получить компактные и равномерные покрытия³.

Были изучены условия получения оксида циркония, используемого в качестве ДФ. Синтезированный из оксихлорида циркония аморфный гидроксид циркония также использовался в качестве ДФ, но соосаждения с никелевой матрицей не наблюдалось. Дегидратацию гидроксид циркония проводили при 600 °С. В результате был получен порошок оксида циркония, состоящий из двух кристаллических форм. Рентгенофазовый анализ показал наличие тетрагональной и кубической фаз, причем концентрация первой фазы составляет 73,2%, а второй фазы 26,8%. Дифракционный рентгеновский анализ полученных КЭП показал, что частицы оксида циркония соосаждаются с никелевой матрицей, доля их в покрытии составляет 2-3%, при концентрации их в электролите никелирования 30-50 г/дм³. Полученные покрытия обладают повышенной коррозионной стойкостью в 3% растворе NaCl.

Литература

1. Галевский Г.В., Руднева В.В., Гарбузова А.К., *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета*, 2015, **214**, 1, 154.
2. Целуйкин В.Н., Джумиева А.С., Яковлев А.В., Мостовой А.С., *Физикохимия поверхности и защита материалов*, 2021, **57**, 6, 660.
3. Vodopyanova S.V., Mingazova G.G., Fomina R.E., Sayfullin R.S., *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, **971**, 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ СОЕДИНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА Cu-Al ПОЛУЧЕННОГО ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ ВБЛИЗИ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ СВАРИВАЕМОСТИ

Бу Ван А.Н.

Волгоградский государственный технический университет

Сварка взрывом (СВ) является перспективным способом, обеспечивающим образование прочного соединения двух (и более) металлов при их соударении, под действием энергии взрыва, выделяющейся при подрыве заряда взрывчатого вещества.

Биметалл Cu+Al предназначен для изготовления из него контактных переходников и токоведущих элементов электротехнического назначения с улучшенным комплексом физико-механических характеристик. Применение данного материала делает возможным обеспечение идеального электрического контакта. Однако, между ними возможно образование кристаллических интерметаллидов, поэтому целью работы было изучение зависимостей формирования зоны соединения на образование интерметаллидов.

СВ проводилась вблизи нижней границы свариваемости. Получено три образца сваренных при различных энергиях W_2 . Были изготовлены микрошлифы и образцы для испытаний на отрыв слоев. На сканирующем электронном микроскопе Versa 3D DualBeam исследована микроструктура, поверхность излома, а также выполнен химический анализ оплавов в зоны соединения (рис. 1а-в).

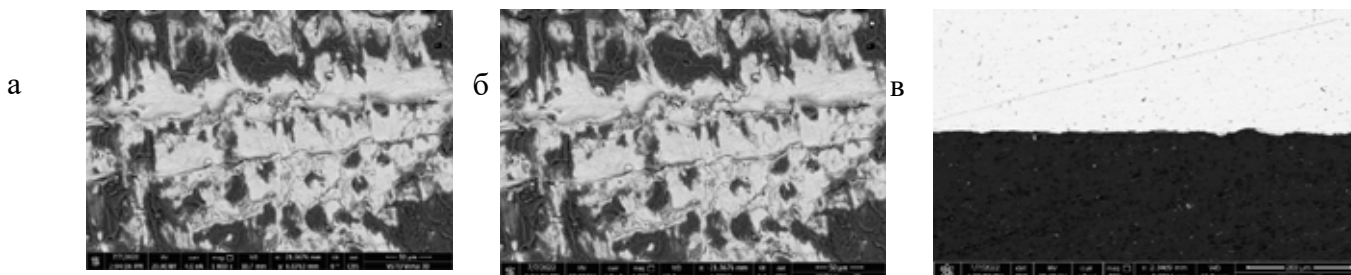


Рис. 1 –Микроструктура(а), поверхность излома(б) и химический анализ оплава(в) н а границе соединения биметалла Cu-Al.

Было выявлено, что при повышении энергии W_2 происходит увеличение количества оплавов как линейно, так и по площади. Также обнаружено, что при испытании на отрыв слоев из образца, сваренного при наибольшей энергии отрыв прошел не по оплавам, а по алюминию. Из этого можно сделать вывод, при сварке вблизи нижней границы свариваемости оплавы в зоне соединения не оказывают негативного влияния на прочность соединения. Так как на графике химического анализа видно, что они состоят преимущественно из алюминия.

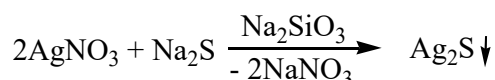
СИНТЕЗ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА СУЛЬФИДА СЕРЕБРА

Вяткин Н.А., Хабаров Ю.Г., Вешняков В.А.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
163002, Архангельск, наб. Северной Двины 17,
e-mail: vyatkin.n@edu.narfu.ru*

Коллоидные частицы сульфида серебра обладает физико-химическими свойствами, определяющими его применение в различных отраслях, например, в фотогальванических элементах и фотохимических ячейках¹⁻³, в ИК-детекторах⁴, при катализе химических реакций⁵. В связи с возможностью применения в медицине и биологии⁶ значительный интерес представляют работы, посвященных разработке методов синтеза квантовых точек на основе сульфида серебра⁷.

Разработанный метод синтеза коллоидного раствора сульфида серебра основан на реакции



В качестве стабилизатора использовали 1%-й раствор силиката натрия. Концентрации растворов: AgNO_3 – 0,43...2,16 мг Ag(I) /мл, Na_2S – 22 мг/мл. Синтез проводили при комнатной температуре при перемешивании на магнитной мешалке следующим образом: к заданному объему раствора нитрата серебра (5...25 мл) добавляли заданный объем раствора силиката натрия (0...1 мл) и вносили заданный объем раствора сульфида натрия (0,25...1 мл). В результате образовывался окрашенный устойчивый в течение длительного времени раствор коллоидного сульфида серебра. В том случае, когда реакцию проводили без добавки силиката натрия, происходило выделение осадка. Коллоидные растворы сульфида серебра были охарактеризованы с помощью электронной спектроскопии. На электронном спектре коллоидного раствора сульфида серебра наблюдается значительное увеличение поглощения в области 200...500 нм. Спектр хорошо аппроксимируется с помощью 6 гауссиан с максимумами поглощения при 476, 407, 345, 299, 256 и 200 нм. Точность аппроксимации 3,4 %.

Литература

1. Lokhande C.D., Pawar S.H. *Phys. Status Solidi A*, 1989, **111**, 17.
2. Meherzi-Maghraoui H., Dachraoui M., Belgacem S., Buhre K.D., Kunst R., Cowache, P., Lincot D. *Thin Solid Films*, 1996, **288**, 217.
3. Nasrallah T.B., Dlala H., Amlouk M., Belgacem S., Bernede J.C. *Synthetic Metals*, 2005, **151**, 225.
4. Karashanova D., Nihtianova D., Starbova K., Starbov N. *Solid State Ionics*, 2004, **171**, 269.
5. Wang Q., Jin R., Yin C., Wang M., Wang J., Gao S. *Separation and Purification Technology*, 2017, **172**, 303.
6. Karthik L., Kumar G., Kirthi A.V., Rahuman A.A., Rao K.V.B. *Bioprocess Biosyst. Eng.* – 2014, **37**, 261.
7. Mir I.A., Kumar S., Bhat M.A., Khan Q.U., Wani A.A., Zhu L. *Cryst. Res. Technol.* 2022, **57**, 2100067.

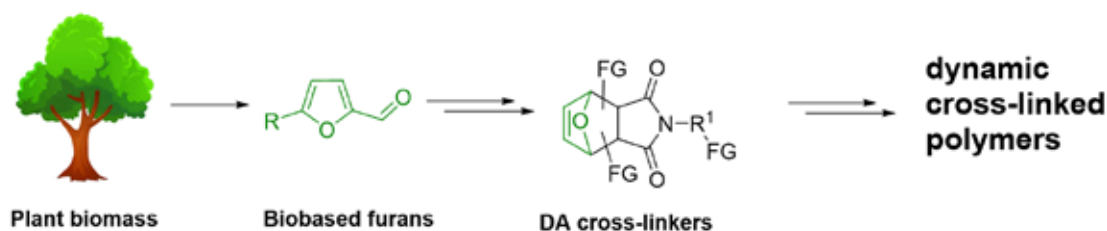
НОВЫЕ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СШИТЫЕ ПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ФУРАНОВ

Токтонов А.В.,^а Галкин К.И.^б

^аведущий инженер Центра НТИ МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва

^бИнститут органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 47,
e-mail: glkn@ioc.ac.ru

Считается, что в настоящее время активно формируется новый технологический уклад, который характеризуется активной автоматизацией и цифровизацией многих сфер жизни. Внедряются различные беспилотные технологии и автономные системы, практически не требующие участия человека. Для создания автоматизированных систем часто требуются полимеры, которые сами по себе обладают высокой степенью автономности. Это так называемые «умные» полимеры, способные к само-организации, само-восстановлению, обладают памятью формы и другими практически полезными свойствам. Некоторые типы таких полимеров могут быть получены с использованием возобновляемого растительного сырья, в том числе основанные на обратной реакции Дильса-Альдера возобновляемых фуранов с малеимидами.[1, 2] Следуя данной концепции, мы разработали новый подход к получению умных материалов из биосырья с использованием ранее не описанных «сшивателей», полученных из возобновляемых фуранов.



В результате были получены динамические сшитые реактопласты, которые под действием температуры могут «расшиваться» в линейный термопласт. Благодаря высокой текучести при нагревании, такие полимеры могут использоваться для получения различных термочувствительных материалов, таких как пленки, клеи, герметики, гидрогели и т.д.

Литература

1. Galkin, K. I.; Sandulenko, I. V.; Polezhaev, A. V., *Processes*, 2021, **10**, 30.
2. Galkin, K. I., *Mend. Commun.*, 2023, **33**, 1.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-00003.

МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

**Гаркави М.С.^а, Артамонов А.В.^а, Колодежная Е.В.^б,
Дергунов С.А.^в, Сериков С.В.^в**

*^аЗАО «Урал-Омега», 455037, Магнитогорск, пр. Ленина, 89, строение 7
e-mail: mgarkavi@mail.ru*

*^бИнститут проблем комплексного освоения недр им. Н.В. Мельникова Российской академии наук,
111020, г. Москва, Крюковский туп., д. 4*

*^вОренбургский государственный университет,
460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13*

Современным направлением производства композиционных вяжущих является высокий уровень использования минеральных компонентов техногенного происхождения.

Средством направленного изменения свойств минеральных компонентов является их механохимическая активация, совмещенная с процессом тонкого измельчения.

В результате совместного помола в энергонапряженном аппарате компонентов композиционных вяжущих в бинарной порошковой смеси образуются механокомпозиты. Формирование механокомпозитов происходит путем «намазывания» одного из компонентов смеси на другой в местах их фрикционного контакта. В ходе механообработки осуществляется непрерывное измельчение этих слоистых образований и формирование из них новых частиц с более сложной внутренней структурой. Механокомпозиты представляют собой метастабильные структуры с высокой плотностью межфазных границ между исходными компонентами. Это обеспечивает высокую концентрацию дефектов на поверхностях и в приповерхностных слоях, что создает идеальные условия для последующих химических превращений при взаимодействии с жидким реагентом. Характеристики образующихся механокомпозитов: размер частиц, состав, структура – зависят от многих факторов.

Одновременно с измельчением и образованием механокомпозитов в компонентах смеси создаются дополнительные структурные дефекты, в которых аккумулируется избыточная энергия. Вследствие этого изменяется механизм и кинетика гидратации композиционных вяжущих, а также меняются морфология и размерные характеристик образующихся продуктов.

В работе на основе макроскопического подхода построена математическая модель формирования структуры композиционных вяжущих при использовании механоактивированных минеральных компонентов.

Показано хорошее соответствие аналитических и экспериментальных данных.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКРЕМНИСТОГО АЛЮМОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В ГЛИНОЗЕМНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Эфендиева С.Г., Надиров П.А., Гахраманова Е.Б.

*^aИнститут Катализа и Неорганической Химии имени М.Нагиева Министерство Науки и Образования
 Азербайджанской Республики,
 АЗ 1143, Баку, ул. Х.Джавида 113
 e-mail.: efendiyevasevda74@mail.ru*

*^b Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
 АЗ 1010, г. Баку, ул. Азадлыг, 20.*

В разных странах мира ведутся работы по переработке оксида алюминия из каолиновых глин^{1,2}, что требует разработки новых технологических приемов. Наиболее перспективным методом переработки низкокачественных алюмосиликатов является их кислотная обработка³. Для исследований были использованы образцы каолиновой глины Човдардагского месторождения отработанные в растворе щавелевой кислоты. Было изучено влияние температуры прокаливания и продолжительности протекания процесса на выход оксида алюминия. Химический состав каолиновой глины был изучен при помощи рентгенофлуоресцентного спектрометра. Состав глины по основным компонентам составляет (% по массе): Al_2O_3 -25,67%; SiO_2 -62,97%; Fe_2O_3 -0,23%; TiO_2 - 0,4%; P_2O_5 -0,4%. Рентгенфазовый анализ показал, что в составе исследуемого образца в значительном количестве присутствует каолинит $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ -48,5 мас. %, пиррофиллит $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$ - 17,9, мас. %, а также кварц (SiO_2) - 33,6 мас. %. Проведение предварительного прокаливания глины приводит к переходу в метакаолинит ($Al_2Si_2O_7$). Установлено влияние непрокаленных и прокаленных при различных температурах (500, 700, 900°C) образцов, отработанных щавелевой кислотой на выход оксида алюминия (t - 95°C, τ - 60 мин., C_k - 2М) и соответственно составляет 17,27; 59,35; 73,49 и 58,94%. Выявлено, что наилучшие результаты при выщелачивании каолиновой глины щавелевой кислотой наблюдаются у образцов, прокаленных при 700-750°C в течение 2 часов.

Литература:

1. Оларему Г.А. «Последовательное выщелачивание для производства глинозема из нигерийской глины», IJETMAS, том. 3, нет. 7, ISSN 2349-4476, 2015.
2. Эразм Э. «Влияние термической обработки на свойства каолина», Химическая промышленность, вып. 70, нет. 5, 2016-с. 595–601,.
3. Балмаев Б.Г., Киров С.С., Пак В.И., Иванов М.А. Кинетика высокотемпературного соляного выщелачивания каолиновых глин восточносибирских месторождений в лабораторных условиях и опытно-промышленных испытаниях. Цветные металлы. Вып. 3, 2018.с. 38–45.

СИНТЕЗ ЙОДМЕТАНА

Гизятуллов Р.Н.,^а Ахмедьянова Р.А.,^а Ахмадуллин Р.М.^б

^аКазанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. Карла Маркса 68,
e-mail: gramil.03@mail.ru

^бООО «НТЦ «Ахмадуллины», 420029, Казань, Сибирский Тракт, 34

Диметилдисульфид (ДМДС) находит широкое применение в качестве сульфидирующего агента катализаторов гидрогенизационных процессов и ингибитора коксообразования пиролиза при получении низших олефинов² и в научной экспериментальной практике.

Синтез ДМДС основан на реакции окисления метилмеркаптана, который образуется при взаимодействии метилгалогенидов с гидросульфидами щелочноземельных металлов.

Одним из ключевых реагентов является метилгалогенид, в качестве которого чаще всего используется йодметан.

Получение йодметана основано на кислотно-катализируемой реакции взаимодействия метанола и йодида калия.

В водный раствор йодида калия постепенно при постоянном перемешивании и температуре, не превышающей температуру кипения метанола, вводили концентрированный раствор серной кислоты. После чего проводили ступенчатое нагревание полученного раствора от 90 до 120 градусов в течение 4 часов. Из полученной смеси декантировали, высушивали йодметан и определяли его выход.

С увеличением количества метанола, вводимого в реакционную массу, возрастает выход целевого продукта реакции, с достижением максимума при мольном соотношении метанол : йодид калия равном 6.

Однако выходы йодметана низкие из-за протекания побочной реакции образования молекулярного йода, который улетучивается из реакционной массы. Для предотвращения потерь йода из реакционной массы был использован специальный прием, заключающийся во введении добавок, связывающих йод. Был использован ряд соединений различной природы, наибольшую активность среди которых проявила смесь кубового остатка ректификации бензола (КОРБ) с растворенным в бензоле полистиролом. Введение 10% масс. этой добавки в реакционную массу синтеза йодметана, позволило увеличить выход целевого продукта с 30 до 61,4 %.

Литература

1. Мещакова Н.М., Бенеманский В.В. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2005, 40, 209-212.
2. Машкина А.В. Химия в интересах устойчивого развития, 2012, 20, 219-226.

ВЫБОР СТРУКТУРИРУЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СИЛИКАТНОГО СВЯЗУЮЩЕГО ЦИНК- СИЛИКАТНОГО АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ

Глазов П.М., Апанович Н.А., Василенко О.А.

*Российский химико-технологический университет им. ДИ. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, 9,
e-mail: электронная почта: pglazov97@mail.ru*

Цинкосодержащие антикоррозионные покрытия представляют собой двухкомпонентную систему, состоящую из твердой фазы мелкодисперсного цинкового порошка и высокомодульного силикатного связующего. Эти покрытия хорошо зарекомендовали себя в нефтегазовой отрасли, где успешно применяются для защиты трубопроводов от подземной коррозии в различных системах покрытий в качестве грунтовочного слоя [1]. Косвенно физико-химические свойства покрытия (более высокий силикатный модуль, сокращение времени высыхания и межслойной сушки, износостойкость, термостойкость) во многом определяются структурой конечного покрытия. Для управления такой структурой представляло интерес попробовать различные органические структурообразователи.

В качестве объекта исследования были выбраны структурообразователи на основе дибутилового эфира фталевой кислоты (ДБФ) и эфиров адипиновой кислоты (ДЭАК).

В результате было обнаружено, что при введении ДБФ начиная с 0,1% по массе начинается заметный (визуально) процесс гелеобразования.

При введении в силикатную систему до 0,5 мас.% ДЭАК разрушающего воздействия на силикат не наблюдалось, плотность сохранялась на уровне 1,8 кг/м³, вязкость не превышала 20 с по ГОСТ 9070-75.

Таким образом, можно сделать вывод о невозможности использования ДБФ в качестве структурообразователя в двухкомпонентных цинкнаполненных системах, в отличие от разработанной нами ранее силикатной связующей композиции со структурообразующим компонентом на основе эфиров адипиновой кислоты (ДЕАК) [2].

Литература

1. Куц А. А. Антикоррозионная защита цинковых покрытий // Мировая наука: проблемы и инновации. – 2020. – С. 111-113.
2. Глазов П.М., Василенко О.А., Нестерова А.Г. Исследование влияния пластификатора на основе диэтилового эфира адипиновой кислоты (ДЭАК) на структуру и свойства цинксиликатного антикоррозионного покрытия // Черные металлы. – 2023. – С. 31-35.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЗОННАЯ СТРУКТУРА $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$

**Григорченко В.М.,^а Александровский А.С.,^{б,в}
Орешонков А.С.,^{б,в} Андреев О.В.^а**

^аТюменский государственный университет, Тюмень, ул. Володарского, 6,
e-mail: v.m.grigorchenko@utmn.ru

^бКиренский институт физики, Федеральный исследовательский центр КНЦ СО РАН,
Красноярск, ул. Академгородок, 50, корпус 38,

^вСибирский федеральный университет, Красноярск, Свободный пр. 79,

Селенидофториды и фторсульфиды лантаноидов относятся к широкозонным полупроводникам и перспективны для оптоэлектроники [1]. Соединение LaFSe может применяться в качестве светоизлучающих диодов и фотодетекторов [2]. Фаза $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$ имеет тригональную структуру $R\bar{3}m$, $a = 4.1786(2) \text{ \AA}$, $c = 23.2678(9) \text{ \AA}$, $Z = 3$ [3].

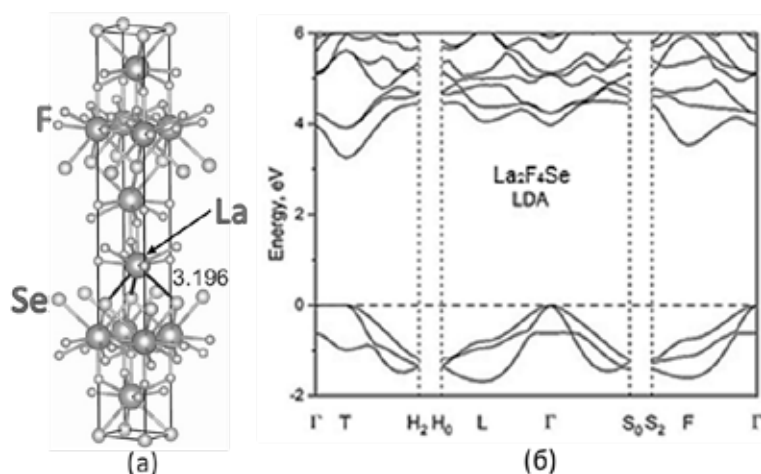


Рисунок 1. Структура элементарной ячейки $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$ (а), электронная зонная структура и $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$ (б), полученная в рамках метода LDA

На рисунке 1а представлена структура элементарной ячейки $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$. Три иона Se являются ближайшими соседями для La. Уменьшение количества ионов Se в ближайшем окружении привело к увеличению величины запрещенной зоны полупроводника. Ионы фтора не вносят непосредственного вклада в полупроводниковые свойства $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$.

Смоделирована электронная зонная структура $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$ (Рисунок 1б). $\text{La}_2\text{F}_4\text{Se}$ является полупроводником с непрямой широкой запрещенной зоной.

Литература

1. Grigorchenko V.M., Molokeev M.S., Andreev O.V., Journal of Solid State Chemistry, 2024, 333, 124640.
2. Zagorac D, Buyer C, Schleid T. Cryst. Growth Des. 2024, 24, 4, 1648–1657.
3. Buyer C., Grossholz H., Schleid T. Cryst. Growth Des. 2022, 22, 7133–7142.

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ФАЗЫ Cr_2Ta ПРИ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Гурьянов А.М.,^{а,б} Касимцев А.В.,^б Володько С.С.^б

^аТульский государственный университет,
300012, Тула, пр. Ленина, 92,
e-mail: alex19021861@gmail.com

^бООО «Метсинтез», 300034, Тула, Красноармейский проспект, 25

Целью данной работы являлось определение механизма образования интерметаллического соединения Cr_2Ta (фаза Лавеса) во время гидридно-кальциевого восстановления оксидов Cr_2O_3 и Ta_2O_5 .

Известно, что если рост количества фазы прямо пропорционален квадратному корню от времени взаимодействия, то это диффузионный процесс¹.

Диффузионный характер синтеза фазы Cr_2Ta иллюстрируется рис.1а. Это значит, что процесс образования фазы Cr_2Ta контролируется твердофазной диффузией. При этом морфология образующихся частиц Cr_2Ta наследует форму восстановленных частиц Ta, имеющих губчатое строение².

Рассчитанная по методике³ энергия активации образования фазы $E_a = 291 \pm 69$ кДж/моль по порядку величины соответствует энергиям активации гетеродиффузии в различных фазах Лавеса и особенно близка к соединению Cr_2Nb ($E_a = 291$ кДж/моль).

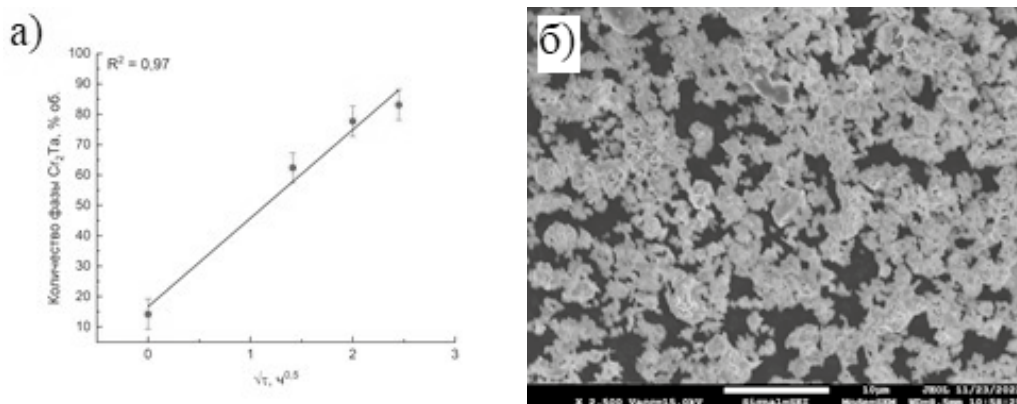


Рисунок 1. Зависимость роста количества фазы Cr_2Ta от корня квадратного от времени гидридно-кальциевого синтеза (а) и морфология синтезированного порошка Cr_2Ta (б)

Литература

1. J.C. Liu, J.W. Mayer, and J.C. Barbour: *J. Appl. Phys.*, 1988, vol. 64, pp. 656–62.
2. M. Baba, Y. Ono, and R.O. Suzuki: *J. Phys. Chem. Solids*, 2005, vol. 66, pp. 466–70.
3. J. Sestak and G. Berggren: *Thermochim. Acta*, 1971, vol. 3, pp. 1–2.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 24-23-20104 и гранта Комитета Тульской области по науке и инноватике № 10 от 10.04.2024.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ОСАДКИ НИКЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Дегтярь Л.А., Антипов П.Е., Слепцова Е.А., Жукова И.Ю.

*Донской государственный технический университет,
344000, ЮФО, Ростовская область, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина 1,
e-mail: degtiar@yandex.ru*

Исследовали никелевое покрытие, полученное из холодного электролита-коллоида никелирования оптимального состава в целях нанесения его на промышленные изделия из меди, как эффективный способ борьбы с окислением внешней поверхности изделий в условиях перегретого пара при высоких температурах^{1,2}. Исследования производилась на двулучевом электронном сканирующем микроскопе SEM Crossbeam 340.

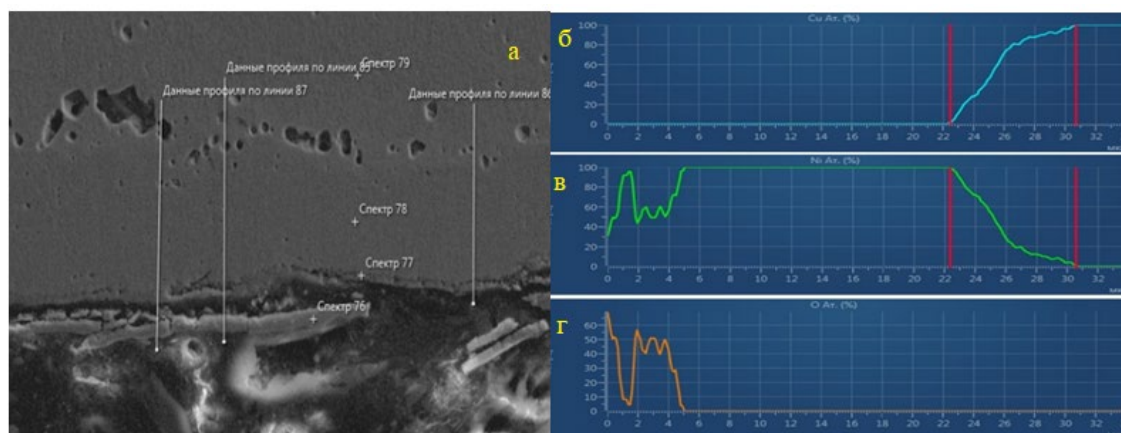


Рисунок 1. Электронное изображение поперечного сечения образца с никелевым покрытием, полученным из электролита оптимального состава - а; диаграмма концентрации элемента по глубине образца: б – медь; в – никель; г - кислород

Проведенные исследования показали, что исследованный гальванический осадок никеля выполнил свою задачу по защите от окисления и стойкости к диффузии меди условиях высокотемпературной эксплуатации.

Литература

1. Kudrjavytzeva, I.D., High speed electroplating in low-concentrate colloid-electrolyte baths, J. Trans. IMF, 1999, 77, 178.
2. Degtyar, L.A., Zhukova, I.Y., Mishurov, V.I., Experience and Perspectives of Electrodeposition from Electrolytes-Colloids of Nickel Plating, Materials Science Forum, 2019, 945, 682.

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ФЕРРИТОВ ПО МЕССБАУЭРОВСКИМ ИЗОМЕРНЫМ СДВИГАМ

Дедушенко С.К., Костишин В.Г., Шумилин Р.Е

НИТУ МИСИС

119049 Москва, Ленинский пр-т 4

e-mail: dedushenko@mail.ru

Материалы на основе оксидов железа, являются неотъемлемой составляющей современной электроники. Эти материалы создаются на как основе бинарных оксидов, таких как Fe_2O_3 и Fe_3O_4 , так и оксидов сложного состава - ферритов, например, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Ферриты обладают большим разнообразием структур и свойств, что позволяет разрабатывать материалы различного назначения.

Важным методом анализа ферритов является мессбауэровская спектроскопия, которая позволяет проводить фазовый анализ, а также исследовать магнитные и пр. свойства. В кристаллических решетках ферритов железо часто занимает несколько кристаллографических позиций. Правильное отнесение компонент мессбауэровского спектра является ключевым моментом для понимания процессов, происходящих в веществе.

Значимым параметром мессбауэровского спектра является изомерный сдвиг. Установлено¹, что зависимости изомерного сдвига от среднего межатомного расстояния Fe-O в кислородных соединениях железа (оксидах, силикатах, фосфатах, пр. солях, а также органических соединениях) хорошо аппроксимируется прямыми с наклоном $\text{IS/aID } 0,04 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1} \text{пм}^{-1}$. Количественная оценка изомерного сдвига по среднему межатомному расстоянию Fe-O и наоборот дает неплохие практические результаты: она заметно проще известных подходов и обладает предсказательной способностью.

Точность оценки изомерного сдвига может быть повышена посредством учета эффекта поляризация ионов кислорода, образующих координационный полиэдр железа. Эффект удается качественно оценить, исходя их структуры вещества, используя простой электростатический подход.

Литература

1. Dedushenko S.K., Perfiliev Yu.D., *Hyperfine Int.*, 2022, **243**, 15.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-13-00268, <https://rscf.ru/project/24-13-00268/>.

ФОРМИРОВАНИЕ НОВОЙ ФАЗЫ КАЛЬЦИНИТА В ЦЕМЕНТНЫХ МАТРИЦАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОМИНЕРАЛИЗАЦИИ

Дергунова Е.С., Гончарова М.А.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,
398024, г. Липецк, ул. Московская, 30
e-mail: dergunova14@yandex.ru

Современные бетонные конструкции страдают от такого недостатка, связанного с усадкой и усталостью, как образование микротрещин во время их эксплуатации. Это может поставить под угрозу их техническую и функциональную пригодность из-за возможного снижения долговечности, что может привести к снижению несущей способности конструкции. В последние годы экспериментальные исследования по биоминерализации показали потенциал для решения этой проблемы.

Биоминерализация - это процесс, при котором микроорганизмы индуцируют выработку карбоната кальция, который может улучшить способность к самовосстановлению за счет заполнения микротрещин и пор в структурах, аналогично традиционным материалам.

Наиболее распространенным способом биоминерализации является гидролиз мочевины, который вызывается ферментом уреазой, секретлируемым уреолитическими бактериями. Несмотря на многочисленные лабораторные исследования, которые дали положительные результаты, широкому внедрению этой технологии в практическое применение по-прежнему препятствует ряд ограничений.

Целью данной работы показать возможность формирования новой фазы кальцинита в цементных матрицах с применением биоминерализации.

Формирование фазы кальцинита проводили с использованием ряда изолированных штаммов бактерий *Sp. pasteurii*, *B. Sphaericus*, *B. Pseudofirmus*. Штаммы бактерий предварительно иммобилизовали методом инкапсулирования с применением различных агентов. Улучшение свойств бетона за счет включения биодобавок было связано с осаждением кальцита и присутствием бактериальной биомассы в порах бетонной матрицы. Микроструктурные исследования также показали, что бетоны, изготовленные с использованием бактерий, имеют большее образование кальцита по сравнению с бездобавочной матрицей. Также проведена оценка образований с применением РФА. Результаты исследования показали, что использование чистых культур микроорганизмов, возможно использовать для улучшения свойств цементных матриц, уменьшения образования трещин и улучшения свойств бетона, который будет использоваться для строительства различных объектов инфраструктуры.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТА В ПРИСУТСТВИИ МЕЗОПОРИСТОГО МОЛИБДАТ-ЗАМЕЩЕННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

Донская Н.О.,^а Гольдберг М.А.,^а Есева Е.А.,^б Фомин А.С.,^а Антонова О.С.,^а Леонов А.В.,^б Коновалов А.А.,^а Акопян А.В.,^б Баринов С.М.,^а Комлев В.С.^а

^а *Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Ленинский проспект 49
e-mail: nadyadonskaya89@gmail.com*

^б *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 119234, Москва, Ленинские горы 1, с.3*

Гидроксиапатит (ГА) – стехиометрический фосфат кальция с химической формулой $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Благодаря своей мезопористой структуре он способен показывать высокую эффективность в качестве гетерогенного катализатора, в различных восстановительных и окислительных реакциях, а том числе в присутствии пероксида водорода. Пероксокомплексы молибдена являются эффективными жидкофазными катализаторами реакций окисления, в том числе эпоксидирования олефинов¹, окисления сульфидов и спиртов.

Порошки, содержащие 0; 1,0; 2,5; 5,0; 10 мол.% MoO_4 были получены методом соосаждения из растворов. Полученные материалы были исследованы методом РФА, ИК-спектроскопии, БЭТ и ПЭМ, а также была исследована их каталитическая активность.

Полученные материалы представляли собой как однофазные материалы, так и композиты на основе ГА и CaMoO_4 . По мере увеличения концентрации молибдат-иона размер частиц увеличивался, а форма менялась от округлой к вытянутой стержневидной.

$S_{\text{уд}}$ порошков возрастала от 87,8 до 121,1 м²/г, а форма петли гистерезиса соответствовала IV типу, что говорит о преобладающей мезопористой структуре.

При исследовании каталитической активности наилучшие показатели были получены материалом содержащего 2,5мол.% MoO_4 . Конверсия достигала 59%, а активность катализатора сохранялась в течение 3 циклов повторного использования, что указывает на стабильность порошка.

Литература

1. Maurya M. R., Rana L., Avecilla F. Catalytic oxidation of internal and terminal alkenes by oxidoperoxidomolybdenum (VI) and dioxidomolybdenum (VI) complexes //Inorganica Chimica Acta. – 2015. – Т. 429. – С. 138–147.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 22-79-10293.

ГИДРАТАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ КАК УПРАВЛЯЮЩИЙ ПАРАМЕТР ИХ СЕЛЕКТИВНОСТИ

Доровская Е.С., Бондарева Л.П., Кучменко Т.А.

*Воронежский государственный университет инженерных технологий
394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19,
e-mail: larbon@mail.ru*

Проблема селективности является ключевой при выборе промышленных сорбентов для решения практических задач выделения, разделения и концентрирования компонентов. Существующие теории селективности основываются на термодинамическом подходе и носят формализованный характер, не позволяющий однозначно устанавливать химическую природу связей между сорбентом и сорбатом.

В работе сделана попытка установления зависимости между селективностью сорбентов, применяемых в водных средах, и характеристиками их гидратации. Оценка влияния изменения гидратации сорбента при переходе от исходной к рабочей форме на селективность проведена с применением двух подходов. Определены термодинамические характеристики полного набухания ионных форм сорбентов и количественные характеристики распределения энергетически неоднородной воды в ионообменниках. В результате получена зависимость между константами селективности и энергетическими характеристиками гидратации сорбента. В качестве объектов исследования использованы ионообменники с различными функциональными группами и известными рядами селективности к ионам переходных металлов, установленными традиционными методами.

В общем виде известно, что величина селективности ионообменника к извлекаемому иону является функцией среднего количества воды, приходящегося на одну активную группу. В работе установлена зависимость между селективностью полярных сорбентов и характеристиками их гидратации в различных формах, определены равновесные характеристики гидратации, в том числе энергии Гиббса и энтальпии гидратации, ионообменных смол и волокон в различных ионных формах, установлены количества кинетически неоднородной воды и выявлены управляющие симбатные параметры двух процессов. Обмен катионов на полиамфолитах в натриевой форме сопровождается перестройкой первой гидратной оболочки функциональных групп ионообменника, малыми величинами энергии Гиббса межфазного переноса воды, снижением общего количества гидратной воды и увеличением энергии гидратации полиамфолитов при переходе к форме извлекаемого катиона. Полученные результаты позволят в дальнейшем прогнозировать эффективность сорбента и облегчить задачу выбора материала для выделения или разделения целевых компонентов.

ФЕРРИТЫ-ШПИНЕЛИ КАК КАТАЛИЗАТОРЫ ФЕНТОНОПОДОБНОЙ РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ТОКСИКАНТОВ

Томина Е.В.,^а Дорошенко А.В.,^а Жужукин К.В.^а

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,
Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
tomina-e-v@yandex.ru

Методом цитратного горения с последующим отжигом и УЗ-диспергированием синтезированы наноразмерные ферриты со структурой шпинели CoFe_2O_4 , MgFe_2O_4 , ZnFe_2O_4 , NiFe_2O_4 , смешанные ферриты $\text{Co}_x\text{Mg}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ и $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$, феррит со структурой перовскита BiFeO_3 с размером частиц до 100 нм, не содержащие примесных фаз. Магнитные характеристики синтезированных ферритов подтверждают возможность их выделения как катализаторов и сорбентов внешним магнитным полем.

Синтезированные ферриты апробированы в качестве гетерогенных катализаторов в Фентон-процессах на модельных реакциях окислительной деструкции растворов красителей метилового оранжевого, метиленового синего и 2,4-динитрофенола. Установлено, что основными параметрами, позволяющими управлять фентоноподобной реакцией окислительной деструкции токсикантов, выступают концентрация и доступность активных центров катализатора, pH раствора, концентрация H_2O_2 , концентрация загрязнителей, физическая активация процесса.

Исследуемые процессы корректно описываются уравнениями псевдопервого порядка. Константа скорости деструкции ДНФ в присутствии CoFe_2O_4 возрастает при переходе от дневного освещения к УФ-облучению мощностью 20 Вт, а степень деструкции увеличивается с 14 до 80 %. Увеличение мощности УФ-излучения в 2 раза приводит к росту константы скорости в 1,75 раза, а степень деструкции достигает 96 %. В аналогичных условиях MgFe_2O_4 демонстрирует в 1,5 раза большую константу скорости окисления ДНФ. Константы скоростей окислительной деструкции МО в присутствии катализаторов CoFe_2O_4 и BiFeO_3 различаются в 7 раз при степенях деструкции красителя 92 % и 51 % соответственно.

Таким образом, высокая эффективность наноразмерных шпинелей в фентоноподобных реакциях окислительной деструкции органических загрязнителей в сочетании с магнитными свойствами ферритов позволяют рассматривать их в качестве материалов для изготовления магнитоуправляемых катализаторов.

The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 23-23-00122, <https://rscf.ru/project/23-23-00122/>

ЩЕЛОЧНОЙ ИОННЫЙ АКТИВАТОР ДЛЯ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО МЕДНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Драгунова А.Ю., Савицкая С.А., Григорян Н.С.,
Балакирев А.В., Аснис Н.А., Бардина О.И.**

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
125047, Москва, Миусская площадь, 9
e-mail: dragunovaaliana@yandex.ru*

Важнейшим процессом этапа создания металлизированных переходов в производстве печатных плат (ПП) является химическое меднение, необходимое для создания электропроводящего медного подслоя толщиной 0,3–1,0 мкм¹ на диэлектрической поверхности отверстий печатных плат перед последующим гальваническим меднением.

Перед химическим осаждением меди поверхность диэлектрика после очистки и кондиционирования активируют с помощью кислых (коллоидных) или щелочных (ионных) палладий-содержащих активаторов. В результате обработки в растворе активации на поверхности диэлектрика создаются каталитически активные центры металлического палладия. Преимуществами щелочного активатора являются высокая смачиваемость диэлектрика, что способствует проникновению раствора в малые отверстия ПП, а также однородность и равномерность формирующихся палладиевых слоев и, следовательно, меньший расход драгоценного металла.

Ионные системы активации представляют собой щелочные растворы, содержащие комплексные соединения двухвалентного палладия с органическим лигандом.

В РХТУ разрабатывается ионный щелочной активатор, который содержит: PdCl_2 – 0,001-0,002 моль/л, HCl – 0,06-0,08 моль/л, H_3BO_3 – 0,02-0,03 моль/л, гетероциклическое азотсодержащее соединение в качестве органического лиганда – 0,002-0,003 моль/л, а также KOH – для доведения pH до 10-11.

Разработанный активатор позволяет формировать сплошные химические медные покрытия на стенках отверстий печатных плат, сплошность которых оценивается максимальным баллом по шкале международной методики backlight test².

Литература

1. Федулова А.А., Котов Е.П., Явич Э.Р. Многослойные печатные платы. – М.: «Сов.радио», 1977. – 248 с.
2. Cogley A.J., Comeskey D.J., Paniwnyk L., Mason T.J. *Circuit World*, 2010, 36, 3, 9-13.

ПРОДУКТЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИИ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА

Ёкубжанов М.Р., Плахин В.А., Вешняков В.А., Хабаров Ю.Г.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
 163002, Архангельск, набережная Северной Двины, 17,
 e-mail: viacheslav.veshnyakov@mail.ru*

Наносеребро широко исследуется благодаря его противомикробным, оптическим, каталитическим и прочим свойствам¹. Для его синтеза часто используется химический способ с применением стабилизаторов, что позволяет обеспечивать необходимый размер и форму наночастиц. Технические лигнины, такие как лигносульфонаты² и сульфатный лигнин³, уже использовались в качестве стабилизаторов для синтеза наносеребра. В данной работе для этих же целей использован гидролизный лигнин (ГЛ).

Окислительную деполимеризацию проводили путем обработки 0,1 г ГЛ 1 мл смеси диметилсульфоксид–азотная кислота (ДМСО–АК) различного состава (1:4, 1:1 или 4:1 по объему) при 100 °С в течение 10 мин с последующим охлаждением, подщелачиванием 3 мл 14 %-ного раствора аммиака и разбавлением до 25 мл водой. Полученный раствор фильтровали для отделения целлюлозного остатка и использовали для синтеза наночастиц серебра. Для этого к 5 мл фильтрованного раствора добавляли 3 мл раствора глюкозы (18 г/л) и 1 мл 0,1 М раствора нитрата серебра, полученную реакционную смесь нагревали при 100 °С в течение 10 мин, после чего охлаждали и разбавляли водой до 25 мл.

ГЛ при обработке смесью ДМСО–АК растворяется за счет окисления и деполимеризации. При прочих равных условиях синтеза наночастицы серебра образовались при использовании смеси ДМСО–АК состава 4:1, на электронном спектре его раствора появилась характерная полоса поглощения с максимумом при 425 нм. Для смеси ДМСО–АК состава 1:1 аналогичная полоса поглощения была в 2 раза менее интенсивной, а для состава 1:4 – ее почти не было видно. Следовательно, продукты неглубокой деполимеризации ГЛ предпочтительнее для синтеза наночастиц серебра.

Литература

1. Pryshchepa O., Pomastowski P., Buszewski B. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2020, **284**, Article 102246.
2. Milezarek G., Rebis T., Fabianska J. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2013, **105**, 335.
3. Плахин В.А., Хабаров Ю.Г., Гаркотин А.Ю., Вешняков В.А., Селянина С.Б., Зубов И.Н. *Бутлеровские сообщения*, 2022, **71**, 11.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, № FSRU-2024-0010.

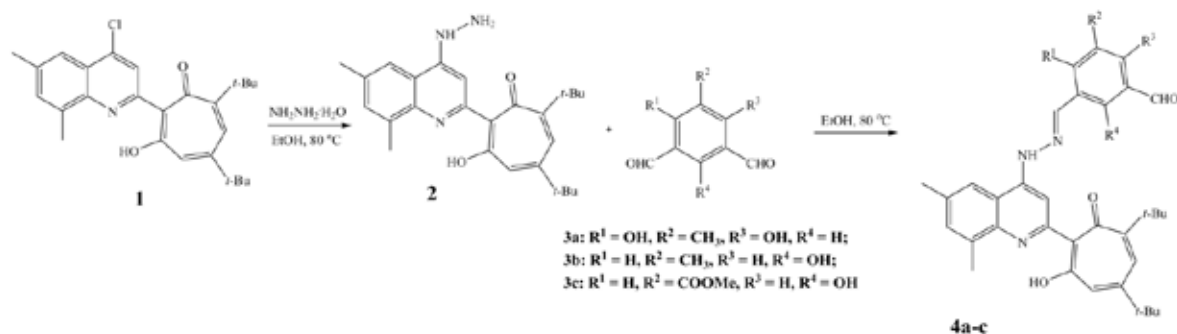
СИНТЕЗ НОВЫХ ЛИГАНДНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ 2-ХИНОЛИН-2-ИЛ-1,3-ТРОПОЛОНА

Енич Е.А., Красникова Т.А., Саяпин Ю.А., Тупаева И.О., Гусаков Е.А.

*Южный федеральный университет, НИИ физической и органической химии,
344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки 194/2
e-mail: lizaenich57@gmail.com*

Изучение полифункциональных гетероциклических структур и металлокомплексных соединений, необходимых для элементной базы молекулярной электроники и медицинской химии, является актуальной задачей, поскольку они могут проявлять значительную биологическую активность, такую как антибактериальную, гипогликемическую и др.¹⁻³.

В данной работе, в результате функционализации 2-хинолин-2-ил-1,3-трополона путем реакции нуклеофильного замещения **1** с гидразин гидратом был получен гидразин трополона **2**. При дальнейшей конденсации гидразина **2** с различными салициловыми альдегидами **3а-с** получена серия лигандных систем **4а-с**. Синтезированные соединения **4а-с** являются стимулом для дальнейшей разработки металлокомплексных систем и исследования их биологической активности.



Строение гидразина **2** и гидразонов на его основе **4а-с** установлено методами ЯМР ¹H, ¹³C, ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии и РСА.

Литература

1. Liguori P. F., Valentini A., Palma M. et al. Dalton Transactions, 2010, **39**, 17, 4205-4212.
2. Balsa L. M., Ruiz M.C., de la Parra L.S.M. et al. J. of Inorg. Biochem, 2020, **204**, 110975.
3. Mo X., Chen K., Chu B. et al. Inorg. Chem, 2021, **60**, 21, 16128-16139.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание в сфере научной деятельности, проект № FENW-2023-0017).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА С ЛАТЕНТНЫМИ СЛЕДАМИ РУК

Рыбачок Н.С.^а, Ермакова Т.А.^а, Васильев В.А.^б, Какорина О.А.^а

^а *Волгоградский государственный университет,
400062, Волгоград, пр. Университетский, 100,
e-mail: taermakova09@mail.ru*

^б *Волгоградская академия МВД России, 400089, Россия, г. Волгоград, ул. Историческая, 130*

Для работы со следами рук, подвергшихся воздействию влаги на непористых принято использовать специализированные высокодисперсные среды – SPR-реагенты и их аналоги¹. Нами экспериментальным путем были разработаны составы новых дисперсных систем для выявления следов рук, подвергшихся воздействию влаги². В состав в качестве диспергируемого вещества входит дисульфид молибдена, а для стабилизации коллоидной системы разработана композиция, содержащая поверхностно-активные вещества³.

В потожировом веществе следа рук содержатся молекулы аминокислот, их концентрация может варьироваться в зависимости от индивидуальных особенностей организма человека. Поэтому исследование механизма взаимодействия потожирового вещества следа с молекулами дисульфида молибдена было изучено на примере молекул серина и гистидина. Проведены квантово-химические расчеты с помощью методов MNDO и DFT. Профили поверхностей потенциальных энергий взаимодействия дисульфида молибдена с аминокислотами показали минимумы, которые подтверждают хемосорбцию дисульфида молибдена с аминокислотами.

Литература

1. Шелков В.А. SPR – проявитель для выявления следов на влажных поверхностях // Специальная техника. – 1998. – №3. – 67 с.
2. Ермакова Т.А., Васильев В.А., Афанасьев И.Б., Дружинин Ю.А., Юдина Т.Ю., Способ получения дисперсной среды для выявления следов рук, подвергшихся воздействию влаги / Патент РФ № 2699570, А61В5/1172. Опубликовано 06.09.2019. Бюл. № 25.
3. Васильев В. А., Дружинин Ю. А., Афанасьев И. Б., Чешева М. Ф. О некоторых аспектах разработки и применения дисперсной системы для выявления следов рук, подвергшихся воздействию влаги Судебная экспертиза / Forensic examination. Выпуск 3 (67) 2021: научно-практический журнал. – Волгоград : ВА МВД России, 2021. – с. 104-115

О ПРИМЕНИМОСТИ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ерохин К.С., Ерофеева А.В., Анаников В.П.

*Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук,
119991, г. Москва, Ленинский проспект, 47,
e-mail: erokhin@ioc.ac.ru*

Сельское хозяйство является важнейшей сферой производственной деятельности человека. Ввиду сезонности работы для него критически важна непрерывность производственного цикла. Одним из мощнейших способов производства и изготовления изделий в последнее десятилетие стала 3D-печать (или аддитивное производство). Благодаря возможности быстрого прототипирования аддитивные технологии перспективны для применения в сельском хозяйстве для изготовления деталей техники для замены вышедших из строя. 3D-печать делает возможным разработку новых устройств и адаптацию уже существующих к особенностям местности (климат, рельеф, тип почвы). Кроме того, применение аддитивных технологий способствует переходу к точному земледелию, позволяющей своевременную обработку на конкретном участке. В конечном счете, технологии 3D-печати обеспечивают связь между точным и цифровым земледелием, а также концепцией Интернета Вещей.¹

В настоящее время одним из наиболее распространенных методов 3D-печати является послойное наплавление (Fused Deposition Modelling, FDM) ввиду широкого ассортимента применяемых материалов и низкой начальной стоимости принтеров. В настоящей работе осуществлен анализ применимости материалов, применяемых в 3D-печати методом FDM, для нужд сельского хозяйства и стратегий для повышения качества печати.^{2,3}

Литература

1. Bonnard, R.; Hascoët, J.-Y.; Mognot P. Int. J. Comput. Integr. Manuf. 2019, 32, 1170-1191.
2. Erokhin, K.S.; Gordeev, E.G.; Ananikov, V.P. Sci. Rep. 2019, 9, 20177.
3. Erokhin, K.S.; Naumov, S.A.; Ananikov, V.P. Russ. Chem. Rev. 2023, 92, 5103.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО НИКЕЛЯ И ДИОКСИДА КРЕМНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ДЛФО

Донина М.В., Есефьева Т.Ю., Яровая О.В.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская площадь 9,
e-mail: donina.m.v@muctr.ru*

В настоящее время модифицированные частицы, в том числе частицы с нанесенными слоями, находят широкое применение в промышленности. Теория ДЛФО позволяет оценить возможность образования функционального слоя на поверхности подложки¹.

На базе комплекса данных об основных физико-химических свойствах микрочастиц никеля и диоксида кремния были рассчитаны кривые потенциальной энергии парного взаимодействия наночастиц металлического никеля и диоксида кремния, в расчетах варьировались размеры частиц. Кривые взаимодействия частиц были рассчитаны через прослойку водной среды, для расчета использовалась модель «частица-пластина»².

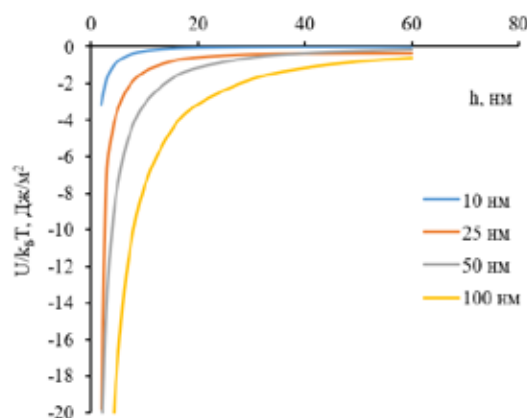


Рисунок 1. Зависимость энергии взаимодействия частиц Ni с поверхностью частиц SiO₂ (Silasorb 600) для разных радиусов частиц Ni

Была оценена возможность образования слоя металлического никеля на поверхности диоксида кремния и на поверхности подложек из других материалов. По полученным кривым взаимодействия (Рисунок 1) можно сделать вывод, что диоксид кремния является перспективной подложкой для нанесения слоя металлического никеля и получения функциональных материалов на его основе.

Литература

1. Agmo Hernández V. *ChemTexts*, 2023, **9**, 10.
2. Ohshima H. *Theory of colloid and interfacial electric phenomena*, Elsevier: Ac. Press., 2006.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА

Ефанов М.В.,^а Коньшин В.В.^б

^аООО «МИП «Югра-Биотехнологии»,
628011, Ханты-Мансийск, улица Студенческая, 27,
e-mail: maxxas07@yandex.ru

^бАлтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
656038, Барнаул, проспект Ленина, 46

Торф является уникальным природным органическим сырьевым ресурсом для получения различных гуминовых препаратов и ценных полимерных материалов¹. Синтез новых водорастворимых алкилированных полимерных материалов из торфа, приводит к его функционализации с введением в его состав ионогенных карбоксиметильных и ксантогенатных групп и появлению высокой растворимости в воде и водно-щелочных растворах^{2,3}. Нами синтезированы карбоксиметилированные водорастворимые полимерные материалы из торфа методом взрывного автогидролиза. Свойства полученных материалов приведены в таблице.

Таблица. Свойства нового водорастворимого полимерного материала на основе торфа

Свойства	Номер образца		
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Содержание карбоксиметильных групп, %	14	17	20
Растворимость в воде, %	40	65	75
Относительная вязкость водных растворов	0,92	0,95	1,03

Установлено, что в процессе карбоксиметилирования торфа в условиях взрывного автогидролиза происходит закономерное увеличение содержания связанных карбоксиметильных групп в полученных продуктах, их растворимости в воде и относительной вязкости (табл.). Продукты могут быть использованы в качестве ПАВ и стимуляторов роста.

Литература

1. Томсон А.Э., Наумова Г.В. Торф и продукты его переработки. – Минск: Белорусская наука, 2009. – 329с.
2. Ефанов М.В., Сартаков М.П. *Химия твердого топлива*, 2020, **1**, 21.
3. Ефанов М.В., Коньшин В.В., Сеницын А.А. *Патент 2708576 РФ*, 2019.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, проект 4594ГСИ/74012.

РАСТВОР ДЛЯ ПАССИВАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЦИНК-НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА

Желудкова Е.А., Ницук Д.А., Шелухин М.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9.
e-mail: zheludkova.e.a@muctr.ru*

Цинк-никелевые электролитические покрытия на поверхности стальных изделий по защитной способности и коррозионной стойкости превосходят широко используемые цинковые, однако уступают кадмиевым покрытиям. В целях повышения коррозионной стойкости изделий с защитным покрытием сплавом Zn-Ni их дополнительно обрабатывают в растворах пассивации. Основным способом пассивации поверхностей металлов и сплавов в отечественной промышленности все еще остается хромирование – формирование конверсионных защитных пленок в растворах на основе шестивалентного хрома.

Нами разработаны растворы для бесхроматной пассивации оцинкованной поверхности на основе солей редкоземельных металлов и перекиси водорода в качестве окислителя^{1,2}. В этих растворах формируются пассивирующие покрытия способные к самозалечиванию дефектов и с защитной способностью, сопоставимой с радужными хроматными покрытиями. Недостатком данных технологий является сложность корректировки и контроля основных компонентов вследствие быстро изменяющегося соотношения концентраций ионов Ce^{3+} и Ce^{4+} в растворе под действием перекиси водорода.

Разработан церийсодержащий раствор для пассивации электролитического цинк-никелевого сплава, в котором отсутствуют окислители. Основой состава раствора являются водорастворимые соли церия (III) и (IV). Суммарное содержание церия в растворе 1,5 г/л (по металлу), а соотношение концентраций $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+} = 2/1$. Раствор не представляет экологической опасности, экономически эффективен, а формирующиеся покрытия по защитной способности сопоставимы с хроматными покрытиями на поверхности сплава.

Литература

1. Zheludkova E.A., Abrashov A.A., Grigoryan N.S. et. al. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. 2019, 55, 7, 1329-1334.
2. Желудкова Е.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С. и др. *Коррозия: материалы, защита*. 2018, 4, 27-33.

ОБРАЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ПРИ МИКРОВОЛНОВОМ ПИРОЛИЗЕ ПЛАСТИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Заритовский А.Н., Котенко Е.Н., Грищук С.В.

*ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко»,
283048, ДНР, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, 70
e-mail: zaritovski@gmail.com*

Получение углеродных наноструктур, водорода, газообразного и жидкого топлива является одним из перспективных направлений утилизации пластиковых отходов путем их термохимического преобразования с участием энергии сверхвысокочастотного электромагнитного поля¹.

Изучен каталитический микроволновой процесс синтеза углеродных нанотрубок путем пиролиза высокоуглеродистых полимерных материалов (полистирола, полиэтилентерефталата, полипропилена) в присутствии веществ-предшественников металлических катализаторов из ряда соединений железа, кобальта, никеля и их смесей.

Образовавшиеся наноструктуры, по данным электронной микроскопии, состоят из многостенных углеродных нанотрубок различной морфологии и малослойных пакетов графеновых плоскостей (рис. 1).

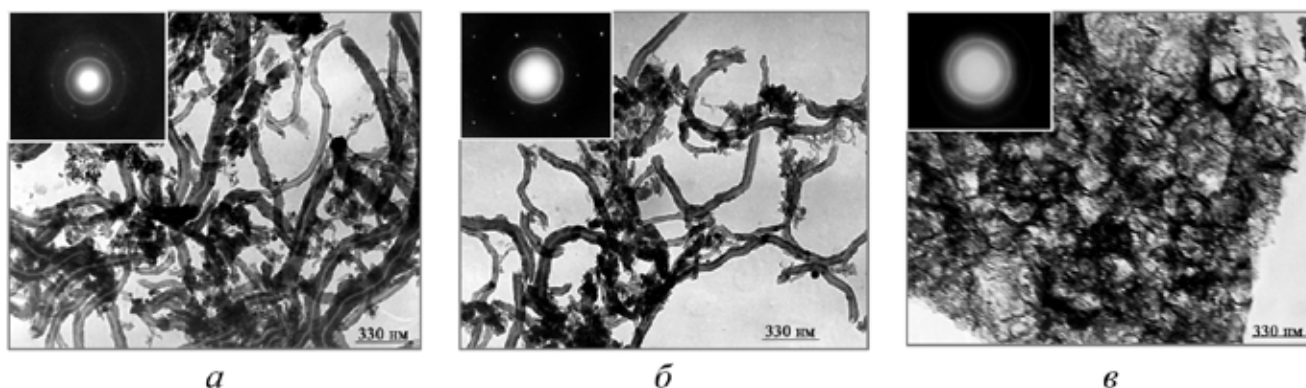


Рисунок 1. ПЭМ-микрофотографии продуктов МВ пиролиза: (а) полистирола, (б) полиэтилентерефталата, (в) полипропилена

Структура наноуглеродных материалов, полученных рециклингом пластиков, подтверждена результатами рентгенофазового анализа.

Литература

1. Jiang H., Liu W., Zhang X., Qiao J. *Global Challenges*, 2020, 4 (4), 1900074.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, бюджетная тема «Углеродные наночастицы с заданной морфологией: синтез, структура и физико-химические свойства, FRES-2023-0006».

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СЕНСОРИКИ

Захарова Н.В.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект 26,
e-mail: zakharova@lti-gti.ru*

Для решения задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности и здоровья человека, а также экспресс контроля состояния окружающей среды необходимы измерительные устройства для определения предельно допустимых концентраций опасных газообразных веществ. Наиболее перспективными представляются металлооксидные полупроводниковые сенсоры хеморезистивного типа¹.

При их разработке необходимо решать ряд задач, связанных с увеличением чувствительности, улучшением селективности, уменьшением времени отклика, расширением условий их эксплуатационных возможностей и др. Для решения указанных задач можно использовать различные подходы, в том числе модифицирование поверхности датчика, оптимизацию морфологии и структуры газочувствительного покрытия и др. Использование многокомпонентных оксидов также является одним из способов оптимизации параметров газовых сенсоров за счет изменения объемных и поверхностных свойств полупроводника (ширина запрещенной зоны, появление примесных и дефектных электронных уровней, концентрация свободных носителей заряда), что может существенно повысить эффективность аналитического процесса и на основе новых материалов могут быть созданы сенсоры, как для газов восстановителей, так и для окисляющих газов².

Синтез по технологии молекулярного наплавления проводили в проточно-вакуумной установке при температуре $T = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении реагентов 133 Па, путем многократной (300, 450 и 600 циклов), попеременной обработки датчика на основе поликристаллического Al_2O_3 парами TiCl_4 , VOCl_3 или CrO_2Cl_2 и парами H_2O с удалением после каждой стадии обработки избытка реагента и газообразных продуктов реакции потоком осушенного азота. В результате на поверхности датчика можно сформировать как однокомпонентные Ti, V, Cr – оксидные, так и бинарные газочувствительные конформные покрытия заданной толщины и состава для детектирования различных газов-аналитов (NO_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S)³.

Литература

1. Хатько В.В. *Приборы и методы измерений*, 2014. 2 (9), 16.
2. Захарова Н.В., Кусов В.Е., Малыгин А.А. *Журнал прикладной химии*, 2023, 5, 511.
3. Соснов. Е. А., Малыгин А.А., Малков А.А. *Журнал прикладной химии*, 2021, 94, 9, 1137.

МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕРЫ ЕЕ СОПОЛИМЕРАМИ С ЦИКЛИЧЕСКИМИ ДИЕНАМИ

Неделькин В.И.¹, Скрипунов Д.А.¹, Соловьева Е.Н.², Зачернюк Б.А.²,
Неделькин А.В.³

¹Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

²Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11

³Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9

Модификация серы путем введения полимерных добавок придает ей комплекс дополнительных свойств, таких как повышенная прочность, адгезионные и обволакивающие, а также и другие характеристики. Использование в качестве модификаторов элементной серы ее сополимеров с диеновыми углеводородами способствует хорошему совмещению компонентов композиции и дает возможность использовать дополнительные объемы серы в качестве связующего при производстве наполненных строительных материалов.

Для получения сополимеров с серой были использованы циклические диеновые углеводороды: дициклопентадиен и 5-этилиден-2-норборнен, способные вступать в сополимеризацию с серой с образованием органических полисульфидов. Сополимеризацию диенов с серой проводили при 160-180° С в массе расплава избытка серы. Обнаружено, что при использовании диена в количестве 2-3 % от массы серы и продолжительности процесса 15-30 минут, содержание сополимера серы и диена в композиции составляет 15-25 %.

Повышение температуры способствует скорости образования бирадикалов $\cdot S_8 \cdot$, что ведет к увеличению содержания сополимерного модификатора в образующейся серной композиции.

Сополимерный модификатор имеет сетчатую структуру (вследствие тетрафункциональности диенового углеводорода в реакции с серой) и стабилизирует линейные гибкие макромолекулы гомополимера серы, образующиеся в условиях реакции, препятствуя их деполимеризации до хрупкой циклооктасеры.

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdS, ПОКРЫТЫХ СТАБИЛИЗАТОРАМИ С ГИДРОФИЛЬНЫМИ ГРУППАМИ

Зуфаров А.М.,^а Сагдеев Д.О.,^б Галяметдинов Ю.Г.,^б Мухамадиев Н.К.^а

^аСамаркандский государственный университет имени Ш. Рашидова,
e-mail: г.Самарканд, Узбекистан. e-mail: zufarovasliddin@samdu.uz

^б Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г.Казань, Россия.

В работе исследована зависимость оптических и фотокаталитических свойств квантовых точек сульфида кадмия, полученных коллоидным методом при одинаковых условиях, от типа использованного при синтезе стабилизатора. Синтез проводился при повышенной температуре в течение 30 минут. Для исследования были выбраны 4 типа поверхностно-активных веществ, способных адсорбироваться на поверхности сульфидных наночастиц и имеющих гидрофильную группу на противоположном конце: меркаптоэтанол, меркаптоуксусная кислота, меркаптопропионовая кислота, L-цистеин, адсорбция которых идёт по тиольной группе. Синтез КТ проводился в водной среде методом конденсации из пересыщенного раствора при щелочных значениях pH среды. Все данные стабилизаторы относятся к тиольному типу, присоединяясь к халькогенидным наночастицам –SH-группой.

По экспериментально полученному полиному были рассчитаны размеры наночастиц. Оптические и размерные характеристики КТ, покрытых различными типами стабилизаторов, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Размерные и люминесцентные характеристики исследуемых квантовых точек.

Стабилизатор	$\lambda_{\text{полг}}$, нм	$\lambda_{\text{люм}}$, нм	D, нм
Меркаптоэтанол	371	535	2,55
Меркаптоуксусная кислота	436	665	4,69
Меркаптопропионовая кислота	404	575	3,51
L-цистеин	386	545	2,95

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА

Иони Ю.В., Рассказов И.Е., Ибрагимова В.Р.

*Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова Российской академии наук,
Ленинский проспект, д.31, Москва, 119991, Россия,
e-mail: Acidaldj@mail.ru*

Восстановленный оксид графена (ВГО) — это материал, полученный химическим или термическим восстановлением оксида графена, который все чаще привлекает внимание ученых благодаря своим уникальным свойствам и перспективам применения. ВГО содержит функциональные поверхностные группы, чаще всего расположенные по краям плоских листов, а также поверхностные дефекты решетки, которые могут выступать в качестве центров осаждения наночастиц на поверхность ВГО при синтезе композиционных материалов. Нанокompозиты на основе наночастиц никеля могут использоваться в различных приложениях¹, поэтому сохранение их дисперсности и однородности в процессе осаждения на поверхность подложки ВГО имеет решающее значение.

Настоящее исследование демонстрирует новый метод приготовления композиционного материала на основе наночастиц никеля и ВГО при использовании сверхкритического изопропанола. Восстановление оксида графена в сверхкритических средах — доступный, масштабируемый, недорогой и экологически чистый метод. Показано, что при обработке оксида графена с предварительно введенной солью Ni^{2+} изопропанолом при сверхкритических условиях, происходит восстановление соли никеля до Ni^0 с одновременным дезоксигенированием углеродной подложки.

Полученный композит представляет собой твердую пленку или порошок, обладающий магнитными свойствами. Для исследования всех полученных материалов были использованы методы РФА, ИК- и КР-спектроскопия, а также ПЭМ ВР. Показано, что наночастицы никеля на поверхности ВГО имеют средний диаметр 27 нм и равномерно распределяются по поверхности графеновых листов. Таким образом, настоящий метод открывает путь к получению высокодисперсных кристаллических наночастиц никеля, расположенных на поверхности ВГО, как в виде порошкового материала, так и в виде протяженной пленки с магнитными и проводящими свойствами.

Литература

1. A. Svalova, V. Brusko, E. Sultanova et al. Applied Surface Science, 565 (2021) 150503.

Исследование проведено при финансовой поддержке РНФ (Проект № 22-19-00110).

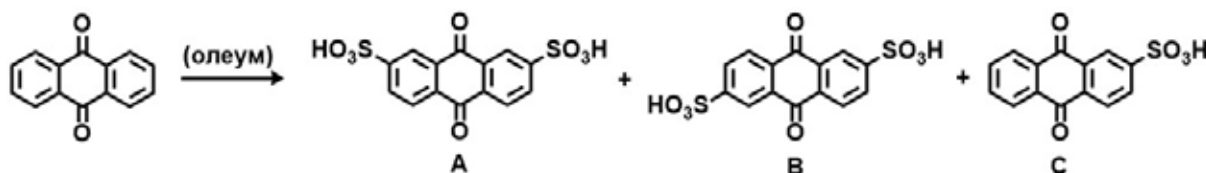
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСЕЙ СУЛЬФОПРОИЗВОДНЫХ АНТРАХИНОНА В КАЧЕСТВЕ НЕГОЛИТОВ В ПРОТОЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ ТОКА

Карпенко К.А.,^а Чикин Д.В.,^а Верецагин А.Н.^б

^аРоссийский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская площадь, 9, стр. 1,
e-mail: karpenko.k.a@mustr.ru

^бИнститут органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук,
119991, Москва, Ленинский проспект, 47

Сульфопроизводные антрахинона являются электроактивными материалами, наиболее перспективными и доступными среди органических соединений в области создания высокоэффективных проточных источников тока¹⁻³.



Был осуществлен синтез и исследована электроактивность смесей сульфопроизводных антрахинона с различным содержанием 2-антрахинонсульфокислоты, 2,6-антрахинондисульфокислоты и 2,7-антрахинондисульфокислоты (Таблица 1).

Таблица 1. Синтез смесей электроактивных антрахинонсульфокислот

№	Смесь сульфокислот	Выход А, В, С, %	Соотношение А/В/С, %
1	СМ 1	45	20/20/60
2	СМ 2	60	10/10/80
3	СМ3	95	50/50/0

Было установлено, что наибольшую энергоэффективность и электрохимическую стабильность продемонстрировала смесь сульфокислот СМ 3, в составе которой отсутствовала 2-антрахинонсульфокислота.

Литература

- Huskinson B., Marshak M.P., Suh C., Er S., Gerhardt M.R., Galvin C.J., Chen X., Aspuru-Guzik A., Gordon R.G., Aziz M.J. *Nature*, 2014, **505**, 195.
- Winsberg J., Hagemann T., Janoschka T., Hager M.D., Schubert U.S. *Angewandte chemie*, 2017, **56**, 686.
- Fang X., Li Z., Zhao Y., Yue D., Zhang L., Wei X. *ACS Materials Letters*, 2022, **4**, 277.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 21-73-30029.

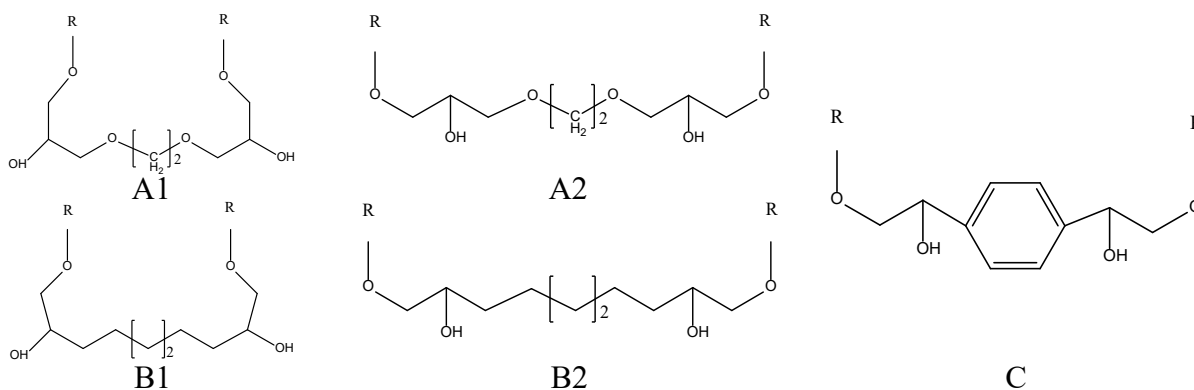
КОНФОРМАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИМЕРНЫХ ПАВ НА МЕЖФАЗНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ: ГИБКИЕ МОСТИКИ ПРОТИВ ЖЕСТКИХ

Карташинская Е.С.^{а,б}

^аФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко»,
283050, Донецк, ул. Розы Люксембург, 70,
e-mail: elenafomina-ne@yandex.ru

^бФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
283000, Донецк, ул. Артема, 58

Объектами исследования выбраны димерные неионогенные ПАВ с гибкими мостиками на основе этиленоксидных фрагментов и жирной углеводородной цепи (соединения А и В, где R – углеводородная цепь C_nH_{2n+2} с $n=8-17$), а также жестким мостиком, содержащим ароматическое кольцо (соединение С). Расчеты термодинамических параметров образования ПАВ были выполнены в программном пакете Морас 2000 с применением квантово-химического полуэмпирического метода PM3.



Показано, что для ПАВ с гибким мостиком возможна реализация конформеров «компактного» (A1 и B1) и «растянутого» (A2 и B2) строения. Образование мономеров бис-ПАВ с «компактным» строением мостика является более энергетически выгодным за счет возникающих внутримолекулярных $CH\cdots HC$ -взаимодействий. С другой стороны, возможность агрегирования двух молекул алканов между двумя гидрофобными «хвостами» бис-ПАВ «растянутой» конформации позволяет рассмотреть их совместную кластеризацию на межфазной поверхности вода/пар алканов и сравнить термодинамические параметры кластеризации с таковыми для пленкообразования на поверхности вода/воздух.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, бюджетная тема «Углеродные наночастицы с заданной морфологией: синтез, структура и физико-химические свойства, FRES-2023-0006».

ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО МАНГАНИТА LaBaCuZnMnO_6

Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Касенов Б.К., Куанышбеков Е.Е.

*Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева,
 100009, Казахстан, Караганда, ул. Ермекова, 63
 e-mail: kasenov1946@mail.ru*

Большой класс сложных оксидных соединений, к которым относятся замещенные манганиты редкоземельных и щелочноземельных металлов представляют собой основу многих материалов с сочетанием электрических, магнитных и др. свойств [1].

В работе [2] нами взаимодействием оксидов La(III), Cu(II), Zn(II), Mn(III) и BaCO_3 в интервале 800-1200 °C и дальнейшим измельчением на вибрационной мельнице «Retsch» (Германия) получены наноразмерные частицы LaBaCuZnMnO_6 .

Исследование теплоемкости LaBaCuZnMnO_6 проводили в интервале 298,15-673 К на калориметре ИТ-С-400. Установлено, что на кривой зависимости $C_p \sim f(T)$ наблюдается аномальный скачок теплоемкости при 548 К, вероятно, связанный с фазовым переходом II-рода. С учетом температуры фазового перехода выведены уравнения зависимости $C_p \sim C_p \sim f(T)$, которые описываются следующими полиномами:

$$C_p = (52 \pm 3) + (576,8 \pm 28,4) \cdot 10^{-3}T + (4,76 \pm 0,23) \cdot 10^5 T^{-2}, \quad (298,15-548 \text{ К}), \quad (1)$$

$$C_p = (908 \pm 45) - (983,4 \pm 48,4) \cdot 10^{-3}T, \quad (548-623 \text{ К}), \quad (2)$$

$$C_p = -(531 \pm 26) + (1326,7 \pm 65,3) \cdot 10^{-3}T, \quad (623-673 \text{ К}). \quad (3)$$

На установке LCR (производство Тайвань) в интервале 293-483 К измерены температурные зависимости электросопротивления и диэлектрической проницаемости. Установлен полупроводниковый характер проводимости, вычислены ширина запрещенной зоны (0,43 эВ) и энергия активация проводимости (18,73 кДж/моль). Выявлено, что данное соединение обладает высокими значениями диэлектрической проницаемости.

Литература

1. Третьяков Ю.Д., Брылёв П.П., Журнал Росс. Хим. общ-ва им. Д.И. Менделеева, 2000, 43, 10.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МЕТАЛЛАТНЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ СОЛЕЙ АММОНИЯ И ПИРИДИНИЯ

Кафтанов А.Д., Журавлев О.Е.

*Тверской государственный университет,
170002, Тверь, Садовый пер., 35
e-mail: kaftanov98@mail.ru*

Ионные жидкости (ИЖ) – органические соединения, состоящие из органического катиона и органического или неорганического аниона с температурой плавления ниже 100 °С. Известно, что металлные ИЖ могут выступать заменой классических катализаторов - кислот Льюиса. От термической стабильности ионных жидкостей зависит диапазон температур, в котором они могут быть использованы.

Целью работы являлось получение железосодержащих ионных жидкостей на основе четвертичных солей аммония и пиридиния и изучение их термической стабильности на воздухе.

Строение всех полученных ИЖ подтверждено данными ИК-спектроскопии и спектроскопии в видимой области. Изучена термическая стабильность на воздухе, в температурном интервале 25-500 °С. Установлено, что трихлорбромферраты пиридиния обладают большей термической стабильностью на воздухе по сравнению с трихлорбромферратами аммония. Показано, что среди исследованных ИЖ трихлорбромферраты N-бутилпиридиния и триэтилбутиламмония обладают наибольшей термической стабильностью.

Таблица 1. Данные термического анализа на воздухе.

R	T _{разл} , °C ^а	T ₅₀ , °C ^б	Потеря массы, %					Остаток, %
			100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	
<div>$\left[\text{C}_6\text{H}_5\text{N}^+\text{R} \right] \text{FeCl}_3\text{Br}^-$</div>								
C ₄ H ₉	357	442	3.14	3.12	2.73	27.81	62.01	20.63
C ₈ H ₁₇	326	407	0.13	1.61	3.21	46.7	68.33	17.28
C ₁₀ H ₂₁	324	407	1.93	2.61	3.97	47.05	67.16	16.77
C ₁₂ H ₂₅	328	405	1.82	3.93	9.88	47.96	67.33	16.97
C ₁₆ H ₃₃	332	399	1.35	3.17	6.34	50.44	71.92	17.57
<div>$\left[(\text{H}_5\text{C}_2)_3\text{N}^+\text{R} \right] \text{FeCl}_3\text{Br}^-$</div>								
C ₄ H ₉	354	433	2.36	1.93	2.22	34.07	62.6	20
C ₈ H ₁₇	307	425	2.38	3.61	8.37	40.19	61.23	27.21
C ₁₀ H ₂₁	315	398	8.32	11.37	14.40	51.11	72.42	16.86
C ₁₂ H ₂₅	311	401	3.97	6.08	11.45	49.37	71.43	15.15

^а T_{разл} – температура начала термического разложения.

^б T₅₀ – температура, соответствующая 50 %-ной потере массы.

ГЛОССАРИЙ АББРЕВИАТУР И БУКВЕННЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Качурина Н.В., Колтунова Е.В., Пахомова И.Г.

*Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН),
125190, г. Москва, ул. Усиевича, д.20
e-mail: kachnv46@gmail.com*

Формирование терминологической (т.н. тезаурусной) компетенции, которая предполагает не только знание и понимание собственно специальных понятий предметной области и взаимоотношений между ними, но и свободное чтение аббревиатур, буквенных обозначений и т. п., является необходимым условием становления грамотного специалиста. Рост междисциплинарных исследований в последние годы стал одной из доминирующих тенденций в развитии науки. Эта «новая реальность» требует от исследователя умения быстро освоить терминологии зачастую не близких друг к другу областей знания, а большое количество незнакомых аббревиатур при чтении научной литературы затрудняет понимание и снижает скорость погружения в материал.

При анализе входного потока НТЛ для формирования тематического фрагмента Химия политематической БД ВИНИТИ в качестве одной из «точек роста» нами была выявлена тематика органических светоизлучающих диодов (OLEDs) на основе люминесцирующих комплексов переходных металлов. При их разработке для достижения физической цели (эффективное светоизлучение) используют химические средства (стратегический молекулярный дизайн комплексных соединений, включающий и теоретические квантово-механические исследования). Для изготовления высокоэффективных OLEDs важными также являются создание оптимальных материалов и совершенствование технологических процессов.

Изучая данную предметную область, мы столкнулись со значительным числом малознакомых специалистам-химикам аббревиатур и обозначений из разных областей знания. Формирование глоссария аббревиатур и буквенных обозначений (более 160 единиц) стало самостоятельной частью нашего информационного исследования. Составленный глоссарий может быть полезен для химиков, инженеров, физиков, всех исследователей, работающих на стыке наук.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ВИНИТИ РАН (FFFU-2022-0004)

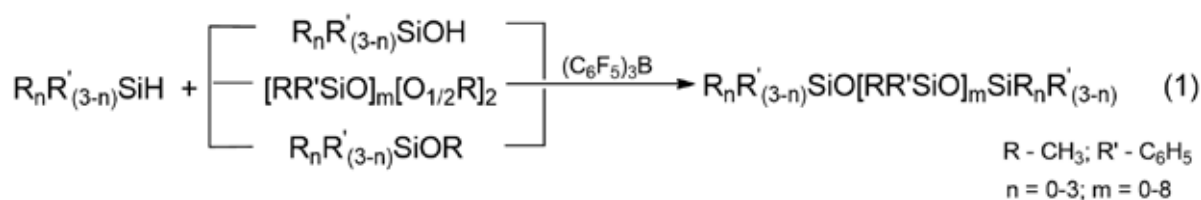
СИНТЕЗ ФЕНИЛ(МЕТИЛ)ОЛИГОСИЛОКСАНОВ

Климова Н.В., Иванов А.Г., Нацюк С.Н.

ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС», г. Москва, ш. Энтузиастов, 38

e-mail: nk20160412@gmail.com

Разработан малозатратный, технологически простой, удовлетворяющий требованиям «зелёной химии», способ получения ди-, три- и олиго-фенил(метил)силоксанов взаимодействием фенил(метил)гидридсиланов с алкокси- и гидроксифенил(метил)силанами и -силоксанами с использованием трис(пентафторфенил)борана в качестве катализатора¹ по схеме:



Ранее применявшаяся гидролитическая поликонденсация в присутствии сильных оснований и растворителя, позволяла получать олигосилоксаны с небольшим выходом. В случае же трис(пентафторфенил)борана выход целевых продуктов по уравнению (1) составил 90-98%. Состав и строение полученных соединений подтвердили спектроскопией ЯМР на ядрах ¹H и ²⁹Si.

Катализатор при этом не претерпевал никаких изменений и, после высаживания из реакционной массы холодным гексаном, его можно использовать многократно.

Вышеуказанным методом были получены такие продукты как метил(фенил)дисилоксаны, жидкости ФМ-1, ФМ-2, ПФМС с различной длиной силоксановой цепи и др.

Основные области применения фенилметилсилоксановых жидкостей определены благодаря таким их качествам, как высокая стойкость и низкая упругость паров при высоких температурах. Поэтому их используют в качестве, например, рабочих жидкостей паромасляных диффузионных насосов с целью создания глубокого вакуума (остаточное давление 10⁻¹⁰÷10⁻¹³ мм рт. ст.), в микроэлектронной промышленности и в качестве основного теплоносителя напланетных ядерных реакторов мегаваттной мощности.

Литература

1. Piers, W.E., Chivers T. *Chemical Society Reviews*, 1997, **26**, 345.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ В СИСТЕМАХ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ

Козин Ю.В.,^а Беренгартен М.Г.,^а Юдаев С.А.^б

*^аМосковский политехнический университет,
107023, Москва, Большая Семеновская 38,
e-mail: jvkozin79@gmail.com*

*^бРязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина,
390005, Рязань, Гагарина, 59/1*

Процессы экстракции в системах жидкость-жидкость находят широкое применение в химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической и других отраслях промышленности. Они эффективно используются для выделения в чистом виде различных продуктов органического и нефтехимического синтеза, извлечения и разделения редких и рассеянных элементов, очистки сточных вод и т.д.¹

Жидкостная экстракция - это избирательное извлечение компонента (компонентов) из жидкой смеси с помощью жидкого растворителя².

Интенсификация, повышение ресурсосбережения и энергоэффективности массообменного процесса экстракции производится одним из способов или их комбинацией: первое - путем внедрения усовершенствованной технологии, подбором более эффективных растворителей или вторым способом - путем внедрения конструктивных изменений аппаратного оформления процесса.

Из всех имеющихся контактных устройств аппаратов для проведения процесса экстракции выбор конкретного оборудования производится после проведения технико-экономического анализа.

По результатам анализа работы существующих в промышленности жидкостных экстракторов, патентной проработки, проведения исследовательских работ разработан новый жидкостный экстрактор колонного типа³. Разработанное устройство по сравнению с существующими аппаратами имеет следующие достоинства: простота устройства и способа изготовления, малый расход растворителя для процесса, легкость ведения и обслуживания технологического процесса.

Литература

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. - 752с.
2. Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А. и др. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс: [Электронный ресурс]: в 2 кн.; Под ред. В. Г. Айнштейна. — 5-е изд. (эл.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 1758 с.
3. Беренгартен М.Г., Козин Ю.В. *Патент на полезную модель 213134 РФ*, 2022.

СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПЛАСТИФИКАТОРОВ НА УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Козлова И.В.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
129337, Москва, Ярославское шоссе 26,
e-mail: iv.kozlova@mail.ru

Одним из инструментариев управления процессом структурообразования цементных систем является введение ультрадисперсных частиц природного и техногенного происхождения. Однако малый размер частиц способен вызывать коагуляционные процессы, что приводит к неравномерному распределению в объеме цементной матрицы. Чтобы предотвратить это, ультрадисперсные составляющие подвергаются стабилизации¹. Идеальными стабилизаторами ультрадисперсных частиц являются пластификаторы на сульфонафталинформальдегидной и поликарбоксилатной основах. Получены результаты эксперимента стабилизации ультрадисперсного шлака (1 мкм) указанными пластификаторами (таблица 1).

Таблица 1. Седиментационная устойчивость суспензии шлака

Наименование показателя	Концентрация пластификатора, г/л									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Стабилизатор на сульфонафталинформальдегидной основе										
Защитное число суспензии, *10 ⁻³ г/л	0,8	3,4	7,5	13,2	21	30	41	54	67,5	83
Время окончания полного оседания шлака, ч-мин	3-30	4-50	6-00	7-20	9-00	9-00	9-10	9-20	9-20	9-30
Стабилизатор на поликарбоксилатной основе										
Защитное число суспензии, *10 ⁻³ г/л	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100
Время окончания полного оседания шлака, ч-мин	4-20	5-50	7-00	10-00	10-20	10-20	10-30	10-30	10-30	10-40

Литература

1. Kozlova I., Samchenko S., Zemskova O. Physico-Chemical Substantiation of Obtaining an Effective Cement Composite with Ultrafine GGBS Admixture. *Buildings*, 2023, **13**(4), 925. <https://doi.org/10.3390/buildings13040925>.

МЕХАНИЗМ РАСТВОРЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ХЛОРА В РАСПЛАВЛЕННЫХ ХЛОРИДАХ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Колобов А.Ю.,^{а,б} Потапов А.М.,^б Хохлов В.А.^б

^аОАО «ДИНУР», 623103, Первоуральск, улица Ильича, 1

^бИнститут высокотемпературной электрохимии УрО Российской Академии Наук,
620066, Екатеринбург, улица Академическая 20
e-mail: art.kolobov@yandex.ru

Получены электронные спектры поглощения газообразного хлора и его насыщенных растворов в расплавленных NaCl, NaCl – KCl, KCl, CsCl при различных температурах. Во всех исследованных расплавах зафиксирован длинноволновый край полосы поглощения, который с повышением температуры сдвигается в длинноволновую область¹. Совпадение максимума полосы поглощения в солях с максимумом поглощения газообразного хлора, а также слабое смещение максимума и рост растворимости с температурой позволяют сделать вывод о инертно - газовом механизме растворения хлора. С другой стороны, из анализа наших результатов и данных по спектрам хлора в других растворителях (вода, органические растворители) можно сделать вывод об образовании группировок Cl³⁻. Таким образом, имеет место, как физическое растворение, так и химическое взаимодействие с образованием частиц типа Cl³⁻.

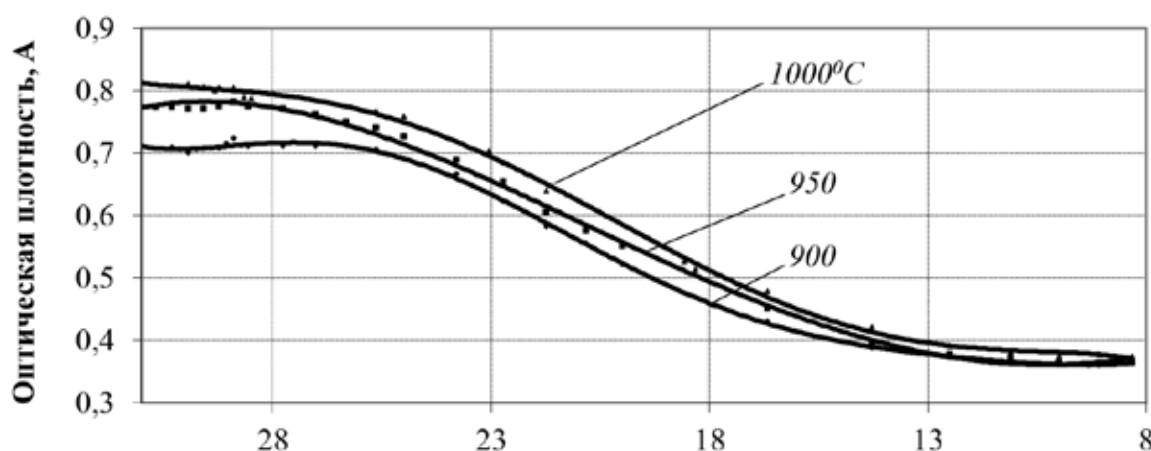


Рисунок 1. Электронные спектры поглощения насыщенных растворов Cl₂ в расплавленном NaCl.
В диапазоне 26÷28 тыс. см⁻¹ наблюдается широкий максимум.

Литература

1. Kolobov A., Khokhlov V., Potapov A., Kochedykov V. *Chlorine solutions in molten alkali chlorides*. Z.Naturforsch. (2007) **62a**, № 3-4, P. 205-212.

О ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ КВАРЦЕВОЕ СТЕКЛО – ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ КРИСТОБАЛИТ

Колобов А.Ю.^{а,б} Сычева Г.А.^б

^аОАО «ДИНУР», 623103, Первоуральск, улица Ильича, 1

^бИнститут химии силикатов имени И.В. Гребенникова Российской Академии Наук,
199034, Санкт-Петербург, набережная Макарова, дом 2
e-mail: art.kolobov@yandex.ru

Для изготовления огнеупорной кварцевой керамики в ОАО «ДИНУР» применяется непрозрачное кварцевое стекло собственного производства. Кристаллизация изделий из кварцевой керамики обусловлена высокотемпературным переходом кварцевое стекло (КС) → высокотемпературный кристобалит (ВК). Данные разных авторов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Температура и изменение объёма при фазовом переходе кварцевое стекло- высокотемпературный кристобалит

Превращение	T, °C	Изменение объёма ΔV , %	Авторы
КС → ВК	900	+0,9	Гасик М.И.
КС → ВК	>1150	0	Алленштейн Й.
КС → ВК	1000	-0,9	Будников П.П., Куколев Г.В.
КС → ВК	1200	-0,4	Мороз И.И.
КС → ВК (быстропротекающее превращение)	1728	-0,9	Стрелов К.К., Мамыкин П.С., Кащеев И.Д.

С повышением температуры и длительности изотермической выдержки количество кристобалита возрастает (таблица 2)¹.

Таблица 2. Количество кристобалита (% , объёмные) в зависимости от времени обжига образцов кварцевого стекла.

Время обжига Температура, °C	1 час	2 часа	5 часов
1200	0,0 %	0,7 %	1,1 %
1300	1,0 %	2,0 %	5,0 %
1400	6,0 %	8,0 %	23,0 %

Литература

1. Колобов, А.Ю. Особенности кристаллизации и свойств кварцевого стекла, полученного на плазматронах ОАО «Динур» из кварцевого песка Раменского месторождения / А.Ю. Колобов, Г.А. Сычева // Физика и химия стекла. – 2020. – Т. 46, № 3. – С. 281-290.

ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ КАК ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ ПРЕКУРСОРОВ ВЭС

Дресвянников А.Ф., Колпаков М.Е., Ермолаева Е.А.

*Казанский национальный исследовательский технологический
университет, 420015, Казань, ул. К. Маркса, 68,
e-mail: alfedr@kstu.ru*

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) - многокомпонентные металлические системы, которые отличаются от традиционных высокой энтропией за счет равномерного распределения атомов элементов в кристаллической решетке. Одним из возможных подходов к получению ВЭС является гальваническое замещение. В данном процессе ионы металлов в растворе восстанавливаются до степени окисления (0) и осаждаются на поверхности темплата (например, алюминия), атомы которого окисляются с образованием соответствующих ионов. Основанный на фундаментальных принципах, этот метод обеспечивает простой и универсальный путь к получению широкого спектра различных структур с контролируемым элементным составом [1].

Процесс протекает самопроизвольно за счет разогрева в результате экзотермического растворения алюминия. Режим короткого замыкания, интенсивный локальный нагрев частиц и реакционной среды позволяют в течение короткого времени менять потенциал суспензионного электрода в широких пределах. Возможно осаждение элементных металлов с существенно различающимися значениями электрохимических потенциалов (Pt, Fe, Mo, W и др.), при этом формируются многоэлементные системы, например, Fe-Ni-Co-Cu, Fe-Ni-Co-Cu-In, Fe-Ni-Co-Cu-Sn-In, Fe-Ni-Co-Cu-Sn-In-Pt и т.д. Полученные таким способом дисперсные объекты являются прекурсорами объемных материалов, формируемых на их основе. Спектральными и электронно-микроскопическими методами установлено, что выделяемые на поверхности алюминиевой матрицы элементы распределяются относительно равномерно и находятся практически в эквимольном соотношении. Частицы представляют собой сферические микроразмерные каркасные структуры (~75 мкм) с большим количеством нитевидных зародышей размером 50-60 нм. Для консолидации дисперсных прекурсоров применяется высокотемпературное спекание в комбинации с прессованием. Обнаруженные фазовые переходы позволяют управлять процессами получения объемных ВЭС заданного состава.

Литература

1. Дресвянников А.Ф., Колпаков М.Е., Ермолаева Е.А. *Журн. физ. химии*, 2023, **97**, 1421.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) от 29.12.2022 г. № 075-01508-23-00.

ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

Колтунова Е.В., Пахомова И.Г., Качурина Н.В.,

*Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН),
125190, г. Москва, ул. Усиевича, д.20
e-mail: koltunovaev@viniti.ru*

В результате аналитико-синтетической обработки входного потока НТЛ для формирования тематического фрагмента Химия политематической БД ВИНИТИ РАН показано, что активно развивающейся и серьезно востребованной является тематика органических светоизлучающих диодов (OLEDs) на основе люминесцирующих комплексов переходных металлов.

В 2022 г. на наукометрических платформах Web of Science и Scopus был выполнен анализ НТЛ по люминесцирующим комплексам платины и их применению в качестве излучающей основы OLEDs за период 2018-начало 2022 гг. Исследовались динамика научных публикаций по теме, их распределение по предметным областям, рейтинг профильных журналов и сборников, публикационная активность ученых из разных стран и пр. Изучение массива наиболее цитируемых статей позволило выявить основные тенденции и перспективные направления в области создания высокоэффективных излучателей на основе комплексных соединений платины.

В настоящее время разработка и создание таких устройств связаны с серьезными исследованиями как в области классической химии, а именно, стратегического молекулярного дизайна комплексов с различными органическими лигандами, так и в области материаловедения и технологии – получения новых материалов для все более совершенных излучателей. Ученые анализируют влияние структурных факторов на квантовый выход и цветовые характеристики люминесценции с целью создания высокоэффективных эмиттеров с заранее заданными фотофизическими свойствами. Серьезное внимание уделяется теоретическим квантово-механическим исследованиям, позволяющим предсказать люминесцентные характеристики еще не синтезированных комплексов. В нашем исследовании мы изучили также подходы и результаты молекулярного дизайна моноядерных комплексов платины (II) для создания на их основе эффективных OLEDs в красной области оптического диапазона и инфракрасной области спектра (Red-NIR OLEDs).

Работа выполнена в рамках Государственного задания ВИНИТИ РАН (FFFU-2022-0004)

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КВАРЦЕВОЙ КЕРАМИКИ ДЛЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Конкина К.А.^{а,б}, Перкин Ю.А.^{а,б}

^аРоссийский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская площадь 9

^бОбнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина,
249031, Обнинск, Киевское шоссе 15
e-mail: ksenia2001dance@yandex.ru

Электрофоретическое литье является альтернативным шликерному литью методом получения толстостенных заготовок из кварцевой керамики¹.

Происходит осаждение твердых частиц шликера на формуемый электрод из меди (анод) под действием электрического поля. Сверху размещают катод с отверстиями для просачивания шликера из литниковой зоны.

Время формования сокращается в 24 раза при наборе толщины заготовки более 50 мм. Распределение плотности и прочности отдельных фрагментов заготовок равномерное, в пределах 1.96–1.99 г/см³ и 62.8–69.7 (±1.2) МПа. Отсутствует убыль шликера в литнике, связанной с движением твердого вещества в сторону анода, а воды в противоположном направлении. Результаты указывают на большое содержание твердых частиц в заготовке, что положительно влияет на равномерное распределение физико-механических свойств по объему изделия и на качество получаемых образцов (рис.1).



Рисунок 1. Параметры шликера до и после электрофоретического формования

Литература

1. Харитонов Д.В., Тычинская М.С., Анашкина А.А., Макаров Н.А., Лемешев Д.О. Керамические материалы для авиации и космоса. Учеб. пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. – 120с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИЙ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА ПРОИЗВОДНЫХ АНТРАЦЕНА С ТЕТРАЦИАНОЭТИЛЕНОМ И N-ФЕНИЛМАЛЕИНИМИДОМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ

Корнилов Д.А.,^а Габидуллина А.Р.,^а Мустафин А.Г.^а

^аУфимский университет науки и технологий,
450076, Уфа, ул. Заки Валиди 32,
e-mail: Dima_himik2@mail.ru

Реакции в твердой фазе, протекающие с высоким выходом, относятся к самым успешным примерам зеленой химии. Твердофазные реакции открывают возможность осуществления количественных превращений без растворителя и катализаторов. Известны несколько примеров успешного протекания реакций Дильса-Альдера без растворителя, когда смешиваются твердый и жидкий реагенты. Реакции между твердыми реагентами успешно протекают при добавлении к ним небольшого количества растворителя (5-10 % по массе)¹⁻⁵. Однако в данных примерах успешное протекание реакции часто связано с высокой концентрацией обоих реагентов в жидкой фазе.

Нами изучена кинетика реакций Дильса-Альдера антрацена и 9,10-диметилантрацена с тетрацианоэтиленом и N-фенилмалеинимидом в твердой фазе без добавления растворителя. Скорость протекания данных реакций в твердой фазе сопоставлена со скоростью этих реакций в растворе. Константа скорости реакции антрацена с тетрацианоэтиленом в 1,2-дихлорэтаноле в 125 раз выше константы скорости реакции 9,10-диметилантрацена с N-фенилмалеинимидом⁶. А в твердой фазе скорости данных реакций отличаются всего в 4 раза. Для реакций тетрацианоэтилена с антраценом и 9,10-диметилантраценом в 1,2-дихлорэтаноле отношение констант скорости составляет $3 \cdot 10^4$, а в твердой фазе отношение скоростей не превышает 2. Поскольку скорость реакций в твердой фазе, главным образом, определяется энергией кристаллической решетки, то можно предположить, что отношение активности реагентов в твердой фазе может не совпадать и даже инвертироваться по сравнению с реакциями в растворе.

Литература

1. Agarwal J., Rani R., Peddinti R.K. *Synlett*, 2017, **28**, 1336.
2. Howard J.L., Cao Q., Browne D.L. *Chemical Science*, 2018, **9**, 3080.
3. Tanaka K., Toda F. *Chemical Reviews*, 2000, **100**, 1025.
4. Boldyreva E.V. *Chemical Society Reviews*, 2013, **42**, 7719.
5. Zhang Z., Peng Z.-W., Hao M.-F., Gao J.-G. *Synlett*, 2010, 2895.
6. Kiselev V.D., Konovalov A.I. *Journal of Physical Organic Chemistry*, 2009, **22**, 466.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FZWU-2023-0002) и при поддержке НОЦ РБ (договор № ЦПД-МЛ-4/РФ-23).

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЛЕГИРОВАННОГО ДИОКСИДА ТИТАНА ГАФНИЕМ И ЦЕРИЕМ

Костылева Е.И., Бондарев В.П., Сривастава А.А., Ильина Т.А.

*Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева,
301665 г. Новомосковск, ул. Дружбы 8,
e-mail: ike08@mail.ru*

В работе получены наночастицы диоксида титана гидролизом тетрахлорида титана в ультразвуковом поле и разработаны способы его легирования соединениями Hf(IV), Ce(III) для достижения ФКА в видимой области спектра. Для характеристики полученных материалов были использованы методы РФА, ДТГА, ИК-спектроскопии, лазерной дифракции, СЭМ. Определены температуры фазовых переходов анатаз-рутил синтезированных легированных частиц: при 450°C кристаллическая решетка TiO_2 приобретает структуру анатаза, в интервале 670-900 °C ФКА проявляется слабо (D изменяется с 1,5 до 1,35). Повышение температуры обработки (более 450°C) приводит к дегидратации, формированию и укрупнению кристаллов, переходу анатаза в рутил, что отрицательно сказывается на ФКА. Легирование соединениями Hf(IV), Ce(III) приводит к повышению температуры рутилизации

Размеры частиц исходного TiO_2 составляют 0,08-0,14 мкм, средний размер легированных частиц несколько уменьшается и преобладает фракция 0,05-0,07 мкм, удельная поверхность частиц составляет 15-25 м²/г. Выявлено, что с уменьшением размера частиц и увеличением удельной поверхности диоксида титана его ФКА увеличивается. Фракция TiO_2 с размером 0,08-0,14 мкм изменяет оптическую плотность красителя с 1,5 до 0,15, фракция 0,05-0,07 мкм – с 1,5 до 0,02 в течении 2-5 часов.

Отмечено, частицы полученных материалов имеют склонность к агрегации, образуя агломераты, что снижает их каталитическую активность в десятки раз. Отдельные частицы немодифицированных конгломератов имеют размеры порядка 200 мкм, а легированные - 70 мкм, агломерация легированных образцов меньше, чем у исходного TiO_2 . Выявлено, что значения ФКА TiO_2/Ce и TiO_2/Hf сопоставимы. Фазовый состав, морфология, размер, удельная поверхность синтезированного диоксида титана оказывает существенное влияние на его ФКА.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0006 (Лаборатория ионных материалов).

ПОВЕРХНОСТНАЯ И ОБЪЕМНАЯ ГИДРОФОБИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭМУЛЬСИЯМИ НА ОСНОВЕ ОЛИГОАЛКИЛГИДРИДСИЛОКСАНОВ И ДИОКСИДА ТИТАНА

**Костылева Е.И., Щукина И.А., Бондарев В.П., Сривастава А.А.,
Русскова Е.В., Киселева Н.С.**

*Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева,
301665 г. Новомосковск, ул. Дружбы 8,
e-mail: ike08@mail.ru*

В работе изучены способы создания гидрофобных фотокаталитически активных покрытий на основе кремнийорганических соединений (КО) и легированного диоксида титана путем нанесения на различные поверхности водных эмульсий олигоалкилгидридсилоксанов (ГКЖ), содержащих TiO_2/Ce , TiO_2/Dy , TiO_2/Hf , TiO_2/Zr , TiO_2/V . В результате термической фиксации покрытия образуется водоотталкивающий слой, разлагающий органические загрязнения. Также синтезированные составы были изучены для объемной гидрофобизации гипсовых смесей.

Определены характеристики получаемых гидрофобных пленок - угол смачивания (θ), время каплепадения, водопоглощение, фотокаталитическая активность (ФКА) и их влияние на свойства получаемых материалов. Выявлено, что краевые углы на изучаемых поверхностях составляют 120-140 град, оптимальная концентрация ГКЖ для древесины составляет 4,5-7,5% при содержании ГМТС 5%. Для огнеупорного, красного кирпича и пеносиликатного блока модификация поверхностей приводит к повышению краевого угла до 143 град при концентрации ГКЖ 4,5-7,5%, ГМТС 1%. При этом концентрация легирующей добавки должна составлять 2-6%. Выявлено, что краевой угол на изучаемых поверхностях больше на тех образцах, которые обработаны составами, содержащими легированный TiO_2 .

Образцы гипса, содержащие синтезированные гидрофобизирующие составы, обладают высокими значениями краевого угла – 120-130 град при содержании ГКЖ 10-15%, TiO_2/Me -1-5%. Предложенные модификаторы позволяют получать материалы, обладающие высокой ФКА. На образцах гипса органический краситель родамин-Ж разлагается под действием солнечного освещения в течении 5-10 часов. Разработанные составы, работающие в видимом диапазоне электромагнитного излучения, позволяют существенно снизить энергетические затраты и решить экологические проблемы использования подобного рода материалов.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения государственного задания № FSSM-2024-0006 (Лаборатория ионных материалов).

ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАНОПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ LaFeO_3

Косырева М.О., Кострюков В.Ф.

*Воронежский Государственный Университет,
394018, Воронеж, Университетская площадь 1,
e-mail: marinacosyrewa@yandex.ru*

Формирование нанопорошков является важным этапом в изготовлении функциональных материалов (например, материалов, проявляющих газочувствительные свойства). Газовые сенсоры являются перспективными в изготовлении чувствительных к целому спектру различных газов датчиков. В качестве газочувствительного элемента используются полупроводниковые тонкие пленки. Принцип действия таких сенсоров основан на том, что обратимая хемосорбция активных газов на их поверхности сопровождается обратимыми изменениями проводимости. При этом высокая чувствительность к содержанию в атмосфере целого ряда отравляющих и взрывоопасных газов, а также возможность управления процессами, происходящими на поверхности и в объеме полупроводника, делают эти материалы особенно привлекательными.¹

В качестве основы тонких пленок для газочувствительных элементов можно рассмотреть нанопорошки ортоферрита лантана со структурой перовскита. Они характеризуются уникальными физико-химическими свойствами.²

В данной работе в качестве метода получения нанопорошков применяли золь-гель технологию. Выбор обусловлен простотой и быстротой реализации, дешевизной и использованием доступного оборудования.³

В ходе исследования газочувствительности порошков LaFeO_3 были получены значения удельного поверхностного сопротивления этих образцов на воздухе и в присутствии газа-восстановителя – NH_3 (50ppm). На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что удельное поверхностное сопротивление резко уменьшается для всех образцов в присутствии NH_3 при повышении температуры. В результате приповерхностных процессов происходит изменение концентрации носителей заряда, что и приводит к резкому уменьшению сопротивления. Это указывает на проводимость n-типа.

Литература

1. Смирнова К.И. Тонкие пленки в микроэлектронике. – Т.: ТУСУР, 2007. – 94с.
2. Kefeni K.K. Ferrite nanoparticles: Synthesis, characterisation and applications in electronic device, Materials Science and Engineering: B. – 2017. – Vol. 215. – P. 37-55.
3. Ремпель А.А. Материалы и методы нанотехнологий. – Ек.: Издательство Уральского университета, 2015. – 136с.

СИНТЕЗ ТУГОПЛАВКОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ГАФНИЯ

Кочанов Г.П., Рогова А.Н., Ковалев И.А., Чернявский А.С., Солнцев К.А.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Россия,
119991 Москва, Ленинский пр., 49
e-mail: guerman-v@yandex.ru*

Материалы на основе карбида гафния отличаются высокой температурой плавления, твердостью, стойкостью к химическим воздействиям и износу¹. Такую керамику получают спеканием порошков, что усложняет процесс ее производства и возможность получения изделий сложной формы. Альтернативным методом является подход окислительного конструирования, основанный на одностадийном процессе окисления металлов в атмосфере контролируемого состава².

Синтез карбида гафния проводили резистивным нагревом металлической ленты в реакторе в атмосфере смеси углеводородов и аргона. Образец нагревали до температуры 1850°C в течение 1 ч с постоянной скоростью, после реактор продували аргоном, повышали температуру до 2400°C и выдерживали образец 45 мин. Температуру процесса контролировали с помощью оптического пирометра.

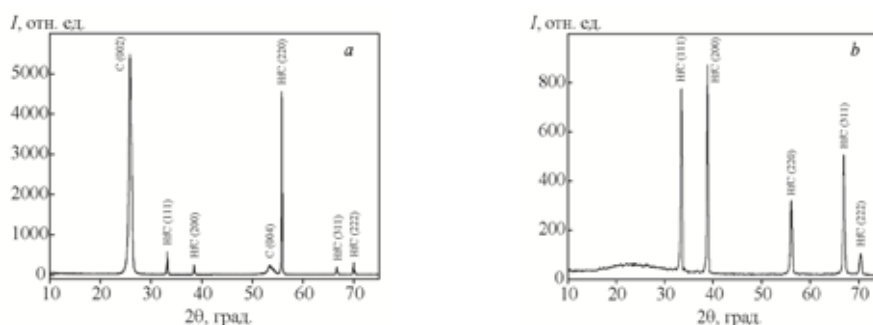


Рисунок 1. Рентгеновская дифрактограмма карбида гафния: *a* — поверхность образца; *b* — объем образца (порошковая проба)

Исследование приповерхностного слоя и порошковой пробы полученной керамики показало присутствие основной фазы карбида гафния эквиатомного состава HfC и отсутствие других карбидных фаз, что указывает на полноту протекания рассматриваемого процесса.

Литература

1. Ushakov S. V., Navrotsky A., Hong Q. J. et al. Carbides and nitrides of zirconium and hafnium // Materials, 2019. I. 12. No. 7. P. 2728.
2. Солнцев К. А., Шусторович Е. М., Буслаев Ю. А. Окислительное конструирование тонкостенной керамики // Доклады академии наук, 2001. Т. 378. № 4. С. 492–499.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ТИТАНА И ВАНАДИЯ

Ковалев И.А., Кочанов Г.П., Рогова А.Н., Чернявский А.С., Солнцев К.А.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Россия,
119991 Москва, Ленинский пр., 49
e-mail: guerman-v@yandex.ru

Нитриды титана и ванадия имеют высокие коэффициенты электропроводности, что обуславливает их применение в качестве термоэлектрических преобразователей. Такие изделия производят порошковыми методами, при этом получение плотных керамических изделий сложной формы затруднено. Применение подхода окислительного конструирования позволяет получить керамические нитриды различной геометрии на всю глубину¹.

Нитридизацию спаянных одним концом лент ванадия и титана проводили резистивным нагревом в атмосфере азота быстрым нагревом до 1900 °С. Образцы выдерживали при заданной температуре в интервале от 10 до 300 минут. В процессе производили контроль изменения вольтамперных характеристик образцов, температуру нитридизации спая, ванадия и титана.

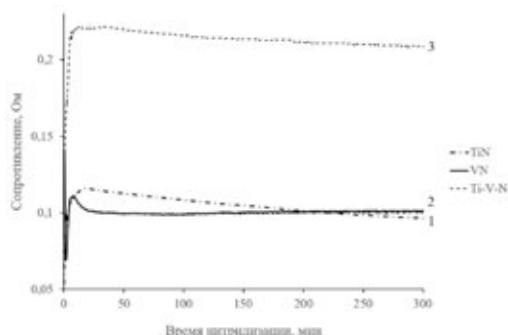


Рисунок 1. Вольтамперные характеристики процесса нитридации индивидуальных металлов и металлической пары

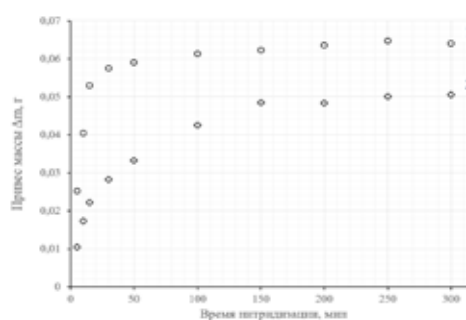


Рисунок 2. Зависимости привеса массы поглощенного азота для ванадия (1) и титана (2) от времени в процессе нитридации

Установлено, что продолжительность процесса азотирования металлической пары определяется нитридизацией области спая. Характер зависимости термо-ЭДС нитридов определяется составом и структурой керамики. Для всех азотированных пар наблюдали монотонное увеличение коэффициента Зеебека во всем интервале температур.

Литература

1. Солнцев К. А., Шусторович Е. М., Буслаев Ю. А. Окислительное конструирование тонкостенной керамики // Доклады академии наук, 2001. Т. 378. № 4. С. 492–499.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-13-00324.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЗЕРНА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ ТРУБ ИЗ СТАЛИ 08X18H10T

Кузнецова А.А., Петрова В.Ф., Цуцкиридзе В.Н.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект имени В. И. Ленина 28,
e-mail: an-kuz@bk.ru*

Аустенитная нержавеющая стабилизированная титаном сталь марки 08X18H10T нашла широкое применение благодаря своим хорошим технологическим и эксплуатационным свойствам, а также сопротивляемости межкристаллитной коррозии.

При сдаточных испытаниях горячепрессованных труб на данный момент выявляют несоответствие временного сопротивления при комнатной температуре и предела текучести при повышенной +350°C температуре требованиям ТУ 14-ЗР-197 и ГОСТ 9940 для 10% партий. Одним из основных параметров, влияющих на механические свойства, является размер зерна.

Целью исследования являлась оценка влияния размера зерна металла горячепрессованных труб из стали 08X18H10T на прочностные свойства.

Объектом исследования являлись продольные образцы, включающие всю толщину стенки труб, вырезанные из горячепрессованных трубы размером $\varnothing 219 \times 11,0$ мм, прошедших термическую обработку (аустенизацию) при температуре 1020-1070°C.

Микроструктура образцов выявлялась электролитическим травлением полированных образцов в 10-% водном растворе щавелевой кислоты и исследована на оптическом микроскопе LeicaDMi8 при увеличении 100 крат.

Определено, что микроструктура представляет собой аустенитную матрицу с включениями нитридов и карбонитридов титана (расположенными по границам зёрен и в виде строчек) и небольшое количество δ -феррита.

В образцах от труб с более высокими прочностными свойствами доля «мелких» зерен аустенита (размером до 40 мкм) на 17,2% больше, а доля «крупных» зерен (свыше 40 мкм) на 15,9 % меньше, чем в образцах от труб с пониженными прочностными свойствами.

При обработке результатов определено, что различие имеет статистическую значимость, то есть размер зерен является одним из факторов, объясняющих различие прочностных свойств металла горячепрессованных труб.

СИНТЕЗ И АДсорбЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРОСИЛИКАТНОГО НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТОЙ КРЕМНЕЗЕМНОЙ МАТРИЦЫ ТИПА SBA-15 С МОНОМОДАЛЬНЫМ И БИМОДАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПОР ПО РАЗМЕРАМ

**Кузнецова Т.Ф.^а, Копыш Е.А.^а, Прозорович В.Г.^а,
 Тхань Зыонг Нгуен^б, Суан Минь Ву^б, Иванец А.И.^а**

*^а Государственное научное учреждение «Институт общей
 и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси»,
 9/1, ул. Сурганова, Минск, 220012, Беларусь,
 e-mail: tatyana.fk@gmail.com*

*^б Институт тропических технологий Вьетнамской академии наук и технологий,
 A13 Building, 18 Hoang Quoc Viet Street, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam,
 e-mail: ntduong182@gmail.com*

Гидролизом смеси тетраэтоксисилана и неионогенного сурфактанта Synperonic F108 синтезированы комбинированные полимодальные железосиликатные мезофазы типа Fe@M41S и Fe@SBA-15 с различным молярным соотношением Fe(II)/Si, обладающие супермикро-мезопористой структурой. В отличие от MCM-41, полученного на цетилпирдиниевом темплете, кремнеземы типа SBA-15 имеют не только монодисперсные цилиндрические мезопоры диаметром в диапазоне 5–30 нм, но также супермикропоры и ультрамезопоры внутри стенок гексагонально упакованных каналов SiO₂ с наномасштабной толщиной стенок.

С использованием комплексного подхода, с помощью методов XRD, FT-IR, XRF, SEM, адсорбции-десорбции N₂, исследованы синтезированные субмикронные сферические супермикро-мезопористые частицы SiO₂ с удельной поверхностью A_{БЕТ} 451-841 м²/г, A_{ДФТ} 569-1033 м²/г, A_{ext} 346-647 м²/г и A_{micro} 105-200 м²/г. Доказано, что частицы состоят из плотноупакованных капилляров SiO₂ аналогично материалам типа MCM-41 и имеют две пористые подсистемы: монодисперсные цилиндрические мезопоры с контролируемо изменяемым средним диаметром более ≈ 10 нм и супермикропоры, расположенные внутри стенок каналов SiO₂, диаметром менее ≈ 5 нм.

Материал охарактеризован как гетерогенный фентон-подобный катализатор в реакции разложения метиленового голубого.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, проект № X23BA-001, и ВАНТ, проект № QTVY02.03/23-24.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТА $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$: ОТ ПРЕКУРСОРА К ВЫСОКОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКЕ

Куншина Г.Б., Бочарова И.В.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева -
обособленное подразделение
ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук»,
184209, г. Апатиты, Мурманской обл., Академгородок, 26а,
e-mail: g.kunshina@ksc.ru*

Цель работы заключалась в разработке эффективного способа получения литийпроводящей керамики состава $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ (LAGP) при пониженной температуре и комплексном изучении физико-химических, электрохимических и механических характеристик.

Разработанный способ¹ характеризуется меньшими энергозатратами по сравнению с известными способами получения LAGP методом плавления тугоплавких оксидов с последующей закалкой расплава и кристаллизацией стекла². Для монофазного порошка LAGP после спекания при 650°C выполнен анализ по методу Ритвельда. Методом полнопрофильного анализа рентгенограмм рассчитаны параметры решетки ромбоэдрического LAGP с пространственной группой $R\bar{3}c$ ($a = b = 8.26522 \text{ \AA}$; $c = 20.6266 \text{ \AA}$ и $\alpha = \beta = 90.0^\circ$, $\gamma = 120.0^\circ$). Значения параметров WPPF ($R_p = 3.54\%$, $R_{wp} = 4.63\%$ и $\chi^2 = 1.1168$) подтверждают хорошее качество полученных результатов. Наличие единственной фазы в синтезированном LAGP, можно объяснить преимуществом однородного смешивания компонентов раствора-прекурсора на молекулярном уровне³.

Изучена микроструктура LAGP и проведен химический анализ методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС). Определено соответствие наблюдаемых и теоретических значений содержания элементов по данным ЭДС. Карты распределения показывают равномерное распределение элементов Ge, P, O и Al в микроструктуре частиц, однако встречаются зерна с повышенным содержанием Al.

Изучена температурная зависимость и определена энергия активации проводимости LAGP в режиме ступенчатого нагрева в интервале 25-120°C. Вычисленная по наклону графика в координатах Аррениуса энергия активации проводимости (E_a) составляет 0.28 эВ.

Литература

1. Куншина Г.Б., Бочарова И.В. *Физика и химия стекла*. 2020. **46**, N.6, 615
2. Aleshin G.Yu., Semenenko D.A., Belova A.I., Zakharchenko T.K., Itkis D.M., Goodilin E.A., Tretyakov Y.D. *Solid State Ionics*. 2011. **184**, 62
3. Kunshina G.B., Bocharova I.V., Ivanenko V.I. *Inorg. Mater.: Appl. Res.* 2017. **8**, N.2, 238.

СИНТЕЗ ФОСФАТОВ, ФОСФАТОГЕРМАНАТОВ И СИЛИКОФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ-НАТРИЯ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Ларионов Д.С., Евдокимов П.В., Путляев В.И.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, 1-3
e-mail: larionovds@my.msu.ru*

Трикальцийфосфат (ТКФ) и натриевый ренанит являются перспективными для производства биоимплантов из-за их высокой скорости резорбции. Дальнейшее усложнение состава включением участвующего в метаболизме костей кремния и германия следующий шаг к получению остеостимулирующих материалов. Остеокондуктивность имплантата предполагает наличие макропор, и, как следствие, использования метода стереолитографической 3D-печати, который налагает определенные требования на размер исходных частиц. Для получения таких порошков подходит золь-гель метод.

Синтез составов CaNaPO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}_{2+n}\text{Na}_n(\text{PO}_4)_n\text{GeO}_4$ и $\text{Ca}_{2+n}\text{Na}_n(\text{PO}_4)_n\text{SiO}_4$ осуществлялся по методу Печини с использованием тетраэтоксисилана (ТЕОС) в качестве источника кремния, а источником фосфора служили ортофосфорная кислота, триметафосфат натрия, этилендиаминтетраметилфосфоновая кислота (ЭДТМФ) и ряд других соединений.

В случае ТКФ образование кристаллической фазы наблюдается выше 600°C , а в случае ренанита образцы хорошо закристаллизованы уже при $500\text{--}600^\circ\text{C}$. Использование триметафосфата позволяет получить конечные соединения без нарушения стехиометрии. В случае ЭДТМФ составы, рассчитанные на ТКФ и ренанит, содержат примесь апатита, что указывает на удаление фосфора в процессе обжига. Для сложных составов (фосфатосиликатов и фосфатогерманатов) были приготовлены серии образцов, отвечающих фазовым равновесиям в системах $\text{CaNaPO}_4 - \text{Ca}_2\text{SiO}_4$ и $\text{CaNaPO}_4 - \text{Ca}_2\text{GeO}_4$. По данным РФА образцы фосфатогерманатов после обжига при температуре 1000°C представлены фазой глазерита. В случае силикофосфатов продукты обжига представлены низкотемпературной фазой.

В данной работе впервые был использован ряд фосфорсодержащих прекурсоров для синтеза широкого круга сложных фосфатов золь-гель методом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 22-19-00219.

МОДИФИКАЦИЯ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ БЕТОНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Самченко С.В., Ларсен О.А.

*Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный Университет,
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26;
e-mail: larsen.oksana@mail.ru*

Бетон представляет собой композиционный материал конгломератной структуры, состоящий из цементного камня, заполнителя и контактного слоя между ними. Качества контактной зоны определяет свойства полученного композита, его прочность и долговечность.

Количество новообразований цементного камня и фазовый состав, а также поровая структура будут оказывать влияние на его свойства¹. Содержание цементного камня в бетоне можно выразить объемной концентрацией цементного теста W и характеризовать как количественную характеристику макроструктуры бетона. Качественной характеристикой микроструктуры бетона может выступать истинное водоцементное отношение цементного камня в бетоне (W), формируемое к концу периода формирования структуры².

Цементный камень в бетоне формируется под влиянием заполнителя, который участвует в перераспределении воды в бетонной смеси на ранней стадии твердения. Заполнитель отвлекает часть воды в системе и разделяет цементное тесто на микрообъемы, обеспечивая более полную гидратацию цемента.

Под действием поверхности заполнителя происходит формирование структуры цементного камня и контактной зоны. Контактная зона имеет дефектную структуру, что является следствием воздухововлечения и седиментации.

Модифицирование контактной зоны тонкодисперсными наполнителями будет способствовать изменению ее вещественного состава и снижению ее пористости. Также введение тонкодисперсного наполнителя будет способствовать снижению количества свободной воды и уменьшать седиментацию бетонной смеси, что связано с его высокой водоудерживающей способностью².

Литература

1. Самченко С. В. Формирование и генезис структуры цементного камня: монография— М.: МГСУ, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, — 2016. — 284 с.
2. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов.— 2023. — Т. 30, № 2. — С. 129-143.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СПИРТАМИ ОЛИГОМЕРОВ С АКТИВНЫМИ ГРУППАМИ КОЛЛАГЕНА

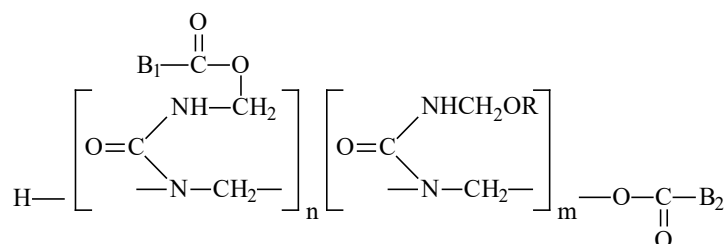
Латфуллин И.И., Островская А.В., Максимова К.И.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
 420015, Казань, ул. К. Маркса, 68
 e-mail: lilatfullin@gmail.com

В исследовании синтезированы карбамидоформальдегидные олигомеры, модифицированные алифатическими спиртами: изопропиловым спиртом и 1,1,3-тригидротетрафторпропанолом. Подобного типа соединения находят применение в кожевенно-меховом производстве как наполняющие и дополнительно структурирующие реагенты.

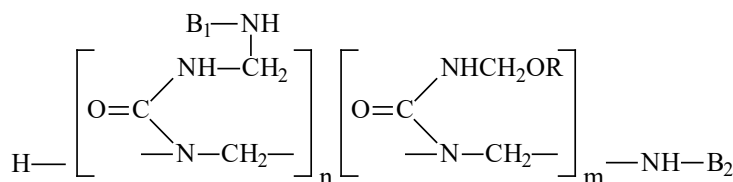
Дополнительное структурирование – додубливание, предполагает химическое взаимодействие. В боковой цепи коллагена имеются amino-, гидроксильные и карбоксильные функциональные группы. Механизм взаимодействия —CH₂OH групп модифицированных спиртами олигомеров с карбоксильной группой коллагена протекает в условиях кислотного катализа с образованием сложных эфиров¹.

Результат взаимодействия синтезированных олигомеров с карбоксильной группой коллагена представляется следующим образом:



R – CH(CH₃)₂ или CH₂(CF₂-CF₂)H; B₁, B₂ – полипептидные цепи коллагена.

Путем конденсации возможно также взаимодействие метилольных групп синтезированных олигомеров с аминокетонами белка в боковой цепи:



R – CH(CH₃)₂ или CH₂(CF₂-CF₂)H; B₁, B₂ – полипептидные цепи коллагена.

Таким образом, представлена модель взаимодействия метилольных групп модифицированных спиртами олигомеров с функциональными группами коллагена.

Литература

1. Перкель А.Л., Воронина С.Г., Шумкина Т.Ф. и др. Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2009, 2, 64.

СИНТЕЗ ТЕЛЛУРИДОВ СВИНЦА, ОЛОВА, СУРЬМЫ И ВИСМУТА И ИХ СПЛАВОВ ДЛЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Леонтьев В.Г.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: leontiev_v_g@mail.ru*

Теллуриды металлов 4-6 групп и их сплавы наиболее часто применяются в различных устройствах из-за относительно высоких термоэлектрических свойств. Последние являются структурно-чувствительными и их т/э эффективность возможно повысить за счет легирования, уменьшения размеров зерен, добавок нано-размерных частиц.

Перспективными является твердофазные методы синтеза, позволяющие вводить легирующие добавки, инертные наночастицы уже на стадии синтеза, обеспечивая равномерность их распределения в объеме материала. Используя эмульсии теллура в растворах ацетатов с помощью струйного принтера или аналогичных устройств создавать термоэлектрические модули. В этой связи изучены процессы термолиза ацетатов Pb, Sn, Bi, Sb в присутствии порошка элементарного теллура. Методами термогравиметрии и дифференциально-термического анализа изучили влияние теллура на процесс термического разложения ацетатов, механизм и химизм процесса формирования теллуридов в токе водорода.

Методами электронной микроскопии и рентгенофазового анализа получаемых порошков подтверждается образование теллуридов в процессе термического разложения ацетатов в присутствии теллура в токе водорода при сравнительно низких температурах.

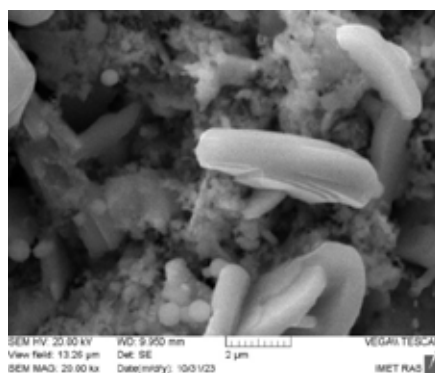


Рисунок 1. Микрофотографии теллурида сурьмы.

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ

Логинова М.Е.^а, Колчина Г.Ю.^б, Мовсумзаде Э.М.^в.

^аАО НПФ «Геофизика», 450097, Уфа, улица Комсомольская 2/1,

e-mail: ufamel@yandex.ru

^бФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», 450076, Уфа, улица Заки Валиди 32,

e-mail: kolchina.GYu@mail.ru

^вФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,

450064, Уфа, улица Космонавтов 1,

e-mail: eldarmm@yaghoo.com

Авторами предлагается метод прогнозирования зависимостей «параметр-свойство» реагентов и реагентных композиций в составе технологических жидкостей как системы для интерпретации экспериментальных данных. Согласно этому подходу под исходным состоянием авторы понимают значения структурных параметров соединений, рассчитанные методом UB3LYP/6-311++G(d,p). Под конечным состоянием объекта – свойства исследуемых веществ полученные в результате лабораторного эксперимента (антиокислительные, антимикробные и др). Авторы используют теорию планированного эксперимента, который позволяет при минимальном числе опытов получить математическую модель процесса и определить оптимальные пути его протекания. Вид функции отклика $y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ заранее неизвестен, где x_1 (% масс. конц), электрофильность x_2 , x_3 – длины связи R_{OH} , например, и другие переменные которые влияют на исследуемое свойство [1]. Для отыскания этой неизвестной функции применяется разложение ее в ряд Тейлора. Коэффициенты разложения находят по результатам экспериментов, а критерием оптимизации служит коэффициент детерминации, который может достигать 100%. Авторам удалось получить адекватные уравнения, которые позволяют наглядным образом показать эффективность применения исследуемых веществ и в дальнейшем применять к определенным классам соединений [2].

Литература

1. Loginova M.E., Chetvertneva I.A., Movsumzade E.M., Tivas N.S., Chuyko E.V. Optimizing drilling reagent concentrations based on gums through mathematical modeling methods. *Russian Journal of General Chemistry*, 2023, **93**, № 6, С. 1584-1590.
2. Логинова М.Е., Колчина Г.Ю., Бабаев Э.Р., Каримов О.Х., Мовсумзаде Э.М. Использование математического моделирования для оценки антиокислительной активности S-, Se-содержащих пространственно затрудненных фенолов. *ChemChemTech*, 2024, **67**, № 1, С. 89-96.

ВЛИЯНИЕ ОКСИДА ЦИНКА НА СВОЙСТВА БИОАКТИВНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5/\text{CaO}$ НА ОСНОВЕ КАТИОНИТА ТОКЕМ-250

Лютлова Е.С., Седова И. В., Ткачук В.А., Борило Л.П., Иванова Д.К.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,
г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050,
e-mail: horoshilova.irina2017@yandex.ru*

Биоактивные компоненты сферической формы снижают риск травматизации клеток, а также способствуют образованию плотно упакованных слоев с высокой доступностью реакционноактивных центров в месте дефекта костной ткани, что является наиболее успешным для создания биоматериалов.

Биоактивные сферические материалы получены на основе катионита Токем-250 для системы $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5/\text{CaO}$ с различным соотношением оксида цинка. Образец 1 ($\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5/\text{CaO}:\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5/\text{ZnO}=90:10$), образец 2 ($\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5/\text{CaO}:\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5/\text{ZnO}=60:40$)¹. Каркас биоматериала представляет $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, а внутренняя часть заполнена Ca^{2+} или Zn^{2+} . Токем-250 (слабокислотный катионит на основе акрил-дивинилбензола с высокой избирательностью к ионам Ca^{2+} , Zn^{2+} , размер зерна 0,315-1,600 м).

Способность формировать кальций-фосфатный слой (КФС) на поверхности образцов и композитов в модельном SBF растворе оценена по методике, предложенной Кокубо.²

Увеличение pH раствора SBF после погружения образцов в первые 3 суток (pH=8,2) свидетельствует о том, что ионы титана и кремния, которые являются кислотными центрами Льюиса, связываются с ионами кальция и магния в растворе, на поверхности образцов образуется кальций-фосфатный слой. Последующее уменьшение pH до 6,8 свидетельствует о миграции растворимых ионов кремния и кальция. При меньшем содержании иона цинка в образце (90:10) увеличивается концентрация ионов кальция и магния после погружения в раствор SBF до 0,035 моль/л в течении 14 дней, а для образца 2 (60:40) концентрации ионов кальция и магния равна 0,025 моль/л. Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего изучения.

Литература

1. Borilo, L.P., Lyutova, E.S., Tkachuk, V.A. *Inorganic Materials*, 2023, **59**(1), 69.
2. Kokubo T. *Biomaterials*. 2006, **27**(15), 2097.

Работа выполнена в рамках гос. задания FSWM-2020-0037

ФИНИШНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Лопухова Е.В., Ильин В.А., Мазурова Д.В., Смирнов К.Н., Ваграмян Т.А.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125480, Москва, Миусская площадь 9,
e-mail: mazurova.d.v@muctr.ru*

В связи с увеличением плотности компоновки печатных узлов в производстве печатных плат требуется применение финишных покрытий, обеспечивающих сочетание хорошей паяемости и компланарности поверхности для установки и пайки высокоинтегрированных, в том числе BGA компонентов. Иммерсионное золочение занимает лидирующие позиции по распространенности в изделиях ответственного применения, и на сегодняшний день разработка отечественного раствора иммерсионного золочения является актуальной.

Основными проблемами иммерсионного золочения являются недостаточный ресурс и невысокая стабильность растворов. С целью решения указанных проблем в растворы вводят различные хелатирующие агенты, обладающие эффективными комплексообразующими свойствами¹.

На основании анализа литературных данных в качестве объекта исследования был выбран раствор, содержащий в качестве хелатирующих агентов соли органических кислот, в качестве источников ионов золота дицианоаурат калия, а также восстановитель в небольших количествах и буферирующий компонент. В исследуемом растворе за 10 минут при 85 °С формируются сплошные тонкие слои толщиной 0,05-0,15 мкм с хорошей адгезией к основе, что соответствует требованиям стандарта к процессу иммерсионного золочения².

Было установлено, что ресурс раствора составляет 8 МТО (металл-оборотов), при этом площадь обработанной поверхности составляет 25 м²/л при условии своевременной корректировки раствора. При дальнейшей эксплуатации исследуемого раствора не удастся получить требуемую стандартом толщину покрытия.

Литература

1. Терешкин В., Григорьева Л., Кабин Е. *Технологии в электронной промышленности*, 2019, **5**, 113.
2. IPC-4552. «Specification for Electroless Nickel / Immersion Gold (ENIG) Plating for Printed Circuit Boards». 2002. 38 p.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ФОСФАТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ

Прудник Е.С., Козлов Ф.С., Мазурова Д.В., Ваграмян Т.А.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125480, Москва, Миусская площадь 9,
e-mail: mazurova.d.v@muctr.ru*

Фосфатные покрытия широко используются в современной промышленности. Хорошие антифрикционные свойства, коррозионная стойкость и защитная способность, простота получения и относительно низкая стоимость позволяют применять такие покрытия для предотвращения схватывания при обкатке. Фосфатные покрытия также снижают износ трущихся поверхностей в процессе приработки в машиностроении. В настоящее время актуальна разработка процесса осаждения фосфатных покрытий с высокой устойчивостью к износу, формирующихся при более низкой по сравнению с существующими растворами температуре фосфатирования.

Объектом исследования стал раствор для нанесения марганец-фосфатных покрытий на сталь, содержащий, помимо основных слоеобразующих ионов, нитрат-ионы в качестве ускорителя и Ni^{2+} для повышения коррозионной стойкости и мелкокристалличности слоев¹. Износостойкость покрытия на стали можно качественно и количественно определить при помощи испытаний на орбитальном шейкере в твердой дисперсной среде². Для этого подходит мелкий песок, состоящий преимущественно из диоксида кремния³.

Исследовано влияние добавки суспензии ультрадисперсных алмазов в раствор фосфатирования в следующих концентрациях (г/л): 10, 20, 50, 100, 200 на характеристики осаждаемых покрытий. Установлено, что оптимальной концентрацией суспензии является 100 г/л. Формирующиеся из исследуемого раствора покрытия обладают повышенной твердостью (180 HV) по сравнению с полученными в отсутствие добавки (155 HV), при этом и удельный износ покрытия после 3 часов испытаний на орбитальном шейкере уменьшается с 0,57 г/м² до 0,38 г/м². Введение суспензии в раствор фосфатирования незначительно влияет на изменение удельной массы фосфатного слоя, которая составляет 5,4 г/м² и 5,2 г/м² соответственно.

Литература

1. Разработка процесса осаждения износостойких фосфатных покрытий / Е. С. Прудник, Д. В. Мазурова, Т. А. Ваграмян [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37, № 11(273). – С. 25-26.
2. ASTM F1137/F1137M – 3 p.
3. ASTM F735-22 – 6 p.

ПОЛУЧЕНИЕ БИНАРНОГО ГИДРОЗОЛЯ ГИДРОКСИДА ГАДОЛИНИЯ И ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И ЕГО НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА

Макулова В.С., Юденкова Д.С., Белова И.А., Гродский А.С.

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
125047, Москва, Миусская площадь, 9
e-mail: makulova.v.s@muctr.ru*

В настоящее время широко распространено применение бинарных частиц типа «ядро–оболочка». Использование подобных систем позволяет улучшать эксплуатационные характеристики материалов и расширять область их применения. Одним из методов получения таких систем является гетерокоагуляция¹.

Бинарные системы получали из синтезированного гидрозоля гидроксида гадолиния² и коммерческого золя диоксида кремния LUDOX TM-40. Процесс гетерокоагуляции осуществляли следующим образом: к гидрозолю диоксида кремния по каплям прибавляли такой же объем гидрозоля гидроксида гадолиния при перемешивании. Использовали разбавленные золи с рН 7,5-8,0 единиц в соотношении 8:1 соответственно. Область агрегативной устойчивости бинарного гидрозоля находилась в диапазоне значений рН от 6,9 до 8,0.

Для золя гидроксида гадолиния ранее было установлено², что в исследуемой области рН частицы заряжены положительно, и величина заряда частиц составила 40 мВ. В случае гидрозоля диоксида кремния частицы дисперсной фазы заряжены отрицательно, значение ζ -потенциала составило порядка –17 мВ. Также были проведены электрокинетические исследования смешанной системы, в результате которых показано, что ζ -потенциал частиц является отрицательным и составляет в среднем –19 мВ. Это говорит о том, что на поверхности положительно заряженных частиц гидроксида гадолиния адсорбируются отрицательно заряженные частицы диоксида кремния.

Полученные результаты согласуются с данными просвечивающей электронной микроскопии, свидетельствующими о том, что более мелкие сферические частицы диоксида кремния образуют оболочку на поверхности более крупных сферических частиц гидроксида гадолиния.

Литература

1. Golikova E.V., Chernoberezhskii Y.M. *Glass Physics and Chemistry*, 2005, **31** (3), 280-290.
2. Макулова В.С., Гродский А.С. Белова И.А. *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*, 2022, **3**, 20-27.

ВЛИЯНИЕ SnF_2 и PbF_2 НА СВОЙСТВА Er^{3+} -ДОПИРОВАННЫХ ФТОРЦИРКОНАТФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ И СТЕКЛОКЕРАМИК

Масленникова И.Г., Гончарук В.К., Мирочник А.Г.

*Институт химии ДВО РАН,
пр-т 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022 Россия,
e-mail: masl@ich.dvo.ru*

Большое внимание к стеклам и стеклокерамике, активированным ионами редкоземельных элементов (РЗЭ), связано с их потенциальным применением в твердотельных лазерах, оптических усилителях, телекоммуникационных системах. С целью поиска новых активированных РЗЭ материалов исследовали влияние SnF_2 / PbF_2 на термические и люминесцентные свойства Er^{3+} -допированных стекол и стеклокерамик состава $55\text{ZrF}_4\text{-(34,5-x)BaF}_2\text{-10NaPO}_3\text{-xSnF}_2\text{(PbF}_2\text{)-0,5ErF}_3$ (x=0-20 мол. %).

Введение дифторидов олова / свинца понижает температуры стеклования и кристаллизации образцов примерно на 65°C и 30°C для SnF_2 и PbF_2 соответственно. Добавка SnF_2 расширяет диапазон оптического пропускания по сравнению с исходным стеклом. Фториды PbF_2 / SnF_2 уменьшают интенсивность люминесценции переходов ${}^2\text{H}_{11/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$, ${}^4\text{S}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ и ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$. Однако при введении 20 мол. % SnF_2 отмечается увеличение интенсивности люминесценции Er^{3+} примерно в 1,6 раза.

После термообработки образцов в интервале T_g - T_x интенсивность люминесценции уменьшается, что характерно для стеклокерамик на основе ZrF_4 ^{1,2}. Но для образцов с содержанием 20 мол. % PbF_2 после отжига (1 час) при температуре вблизи T_g наблюдается рост интенсивности люминесценции (на 30%). Микроструктура образцов после 1 часа термообработки состоит из наночастиц размером 5-20 нм, однако в оловосодержащих образцах дополнительно присутствуют агрегаты 180-250 нм. Рост размера частиц способствует повышению внутри них концентрации ионов эрбия, что может вызывать концентрационное тушение и, как следствие, снижение интенсивности люминесценции.

Получена прозрачная стеклокерамика во фторцирконатфосфатных системах, допированных фторидами SnF_2 и PbF_2 , наиболее оптимальными являются составы с содержанием 5-10 мол. % SnF_2 и 10-15 мол. % PbF_2 .

Литература

1. Goncharuk V.K., Kavun V.Ya., Slobodyuk A.B. and et all. // J. Non-Cryst. Solids. 2018. V. 480. P. 61.
2. Yu C., Zhang J., Jiang Z. // J. Non-Cryst. Solids. 2007. V. 353. P. 2654.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института химии ДВО РАН (тема № FWFN(0205)-2023-0003).

ПОЛУЧЕНИЕ ЛЕГИРОВАННОЙ МАГНИЕМ И ТЕРБИЕМ ШИХТЫ НИОБАТА ЛИТИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ОПТИЧЕСКИ ОДНОРОДНЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{LiNbO}_3\text{:Mg:Tb}$

Маслобоева С.М., Палатников М.Н., Арутюнян Л.Г.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
 им. И.В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального
 государственного бюджетного учреждения науки ФИЦ КНЦ РАН,
 184209, Апатиты, Академгородок 26а,
 e-mail: s.masloboeva@ksc.ru*

Разработке новых, стойких к оптическому повреждению материалов на основе сегнетоэлектрических монокристаллов ниобата лития (LiNbO_3) разной стехиометрии, а также легированных различными примесями (Mg, Zn, In, Gd, Sc и др.) в настоящее время уделяется очень большое внимание. Особый интерес представляют кристаллы двойного легирования. Возможности существенного улучшения оптического качества и физических характеристик кристаллов LiNbO_3 заключаются в особенностях его глубоко дефектной кислородно-октаэдрической структуры, как нестехиометрической фазы переменного состава с широкой областью гомогенности на фазовой диаграмме¹.

Целью данной работы является разработка метода синтеза монофазной шихты ниобата лития, легированной одновременно Mg и Tb в заданных концентрациях с химически однородно распределенной примесью, и используемой в дальнейшем для выращивания кристаллов $\text{LiNbO}_3\text{:Mg:Tb}$ методом Чохральского.

Предложена технологическая схема синтеза шихты $\text{LiNbO}_3\text{:Mg:Tb}$ с предварительным получением прекурсора $\text{Nb}_2\text{O}_5\text{:Mg:Tb}$. Определены оптимальные условия на каждой стадии проведения процесса. Установлено, что при температуре 1100°C из прекурсора и Li_2CO_3 синтезируется монофазная шихта конгруэнтного состава с концентрациями легирующих примесей, соответствующих заданным $[\text{Mg}] = 4$ мол.% и $[\text{Tb}] = 1$ мас.%. Проведены сравнительные исследования качества шихты, полученной различными методами², и показано, что предлагаемый метод позволяет получить шихту более однородную по составу в отличие от шихты, синтезированной твердофазным методом из LiNbO_3 с добавлением оксидов MgO и Tb_4O_7 .

Результаты важны для разработки промышленной технологии получения новых функциональных материалов на основе ниобата лития.

Литература

1. Сидоров Н.В., Палатников М.Н., Теплякова Н.А. и др. Монокристаллы ниобата и танталата лития разного состава и генезиса. – М.: РАН, 2022. – 288с.
2. Маслобоева С.М., Палатников М.Н., Арутюнян Л.Г. и др. *Известия СПбГТИ(ТУ)*, 2017, **38.(64)**, 34.

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПЕРОКСИДНЫХ СИСТЕМ

Медведев А.Г., Михайлов А.А., Приходченко П.В.

*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 31,
e-mail: medvedev.chem@gmail.com*

Метод получения тонкопленочных материалов из пероксидных систем основан на ряде уникальных свойств пероксида водорода: 1) пероксид водорода обладает кислотными свойствами. 2) пероксид водорода является слабым лигандом, и не образует координационные соединения в присутствии координирующих растворителей. В основных средах H_2O_2 депротонируется и образует пероксо- и гидропероксо комплексы¹. Кроме того, пероксид водорода образует прочные водородные связи, при этом молекула H_2O_2 всегда участвует в образовании двух Н-связей в качестве донора протона, которые за счет кислотных свойств пероксида водорода выше по энергии, чем таковые молекул воды в изоструктурных гидратах².

При добавлении H_2O_2 в системы, содержащие гидроксосоединения р-элементов, одновременно протекают конкурирующие реакции поликонденсации и координации пероксо лигандов, что при определенных концентрационных условиях позволяет получить и стабилизировать частицы золя с высокой активностью к поверхности материала подложки за счет наличия концевых гидропероксогрупп, способных образовывать прочные Н-связи. Такие частицы золя являются строительным блоком для получения композиционных материалов различной морфологии. Осаждение золя позволяет получать композиционные 2D-материалы, в которых наночастицы оксида соответствующего элемента образует сплошные тонкие пленки³.

Наличие пероксогрупп в частицах золя позволяет легко модифицировать пленки за счет взаимодействия с различными окислителями и восстановителями. Так, обработка пленки наночастиц пероксокомплексов олова, сурьмы, цинка и других элементов газообразным сероводородом с последующей термообработкой позволяет получать сульфиды соответствующих элементов в виде сплошных равномерных нанокристаллических покрытий на поверхности подложки³.

Литература

1. Medvedev A.G., et al. *Inorg. Chem.*, 2019, **58**, 1905.
2. Chernyshov I.Yu., et al. *Cryst. Growth Des.*, 2017, **17**, 214.
3. Yu D.Y.W., et al. *Nat. Commun.*, 2013, **4**, 2922.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 23-23-00583, <https://rscf.ru/project/23-23-00583/>).

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕТОПОГЛОЩАЮЩЕГО НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩЕГО ПОКРЫТИЯ

Толмачев Я.В., Медынская А.В., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047 г. Москва, Миусская пл., д.9;
e-mail: vetolmyan@gmail.com*

Чёрные никельсодержащие покрытия имеют некоторые недостатки, такие как низкая коррозионная стойкость, пластичность и слабое сцепление с основным металлом, особенно при нанесении на сталь¹.

Несмотря на то, что в литературе имеются некоторые данные по влиянию концентрации исходных компонентов и органических добавок на состав и свойства получаемых покрытий, механизм осаждения «черного» никеля детально не исследован.

В настоящей работе исследована возможность осаждения при стационарном и ступенчатом токовом режиме осаждения «черных» никельсодержащих покрытий с добавлением органических добавок – сахарина и глицина. Была подобрана оптимальная концентрация добавок для электролита – 0,2 г/л сахарина и 1,5 г/л глицина.

Выявлено, что при стационарном режиме, как и при ступенчатом режиме, получают равномерно осажденные покрытия.

Показано, что «черные» никелевые покрытия, осажденные данным способом, содержат в своем составе в основном цинк (59 %), никель (28 %) и серу (13 %).

Установлено, что в состав «черного» никелевого покрытия, осажденного в этих условиях, входят металлический никель, а также сульфиды никеля и цинка.

Обнаружено, что коррозионная стойкость, цветовые характеристики и стойкость к истиранию черных никельсодержащих покрытий, полученных данным способом, несколько выше, чем у черных хромовых покрытий и никельсодержащих покрытий без добавления органических добавок. При этом осаждённые покрытия имеют более однородное распределение и обладает меньшим количеством видимых дефектов.

Литература

1. Абрашов А.А., Толмачев Я.В., Григорян Н.С., Чуднова Т.А. *Черные металлы*, 2023, 8, 41-47.

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН

Мингазова Г.Г.,^а Водопьянова С.В.^а

*^аКазанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68
e-mail: vod-sveta@yandex.ru*

Данное исследование посвящено получению металлизированных базальтовых волокон для дальнейшего использования их в радиотехнике и радиоэлектронике в качестве микропроводов и других областях техники.

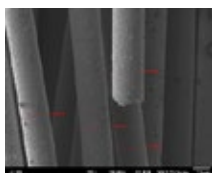
Для получения металлического покрытия использовался метод химической металлизации с последующим электрохимическим нанесением металлов.

Процесс подготовки сложных текстильных структур из углеводородных волокон перед химической металлизацией, состоит из ряда обязательных стадий, включающих обезжиривание поверхности, травление, сенсибилизация, активирование¹.

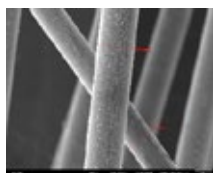
Выявлены оптимальные условия нанесения медных и никелевых покрытий. Плотность тока при меднении 5 А/дм², при никелировании 3 А/дм², толщина покрытий варьировалась от 5 до 40 мкм.

В результате получено металлизированное базальтовое волокно. Содержание никеля или меди на базальтовом волокне с покрытием 40 мкм достигает максимальное содержание по всей площади поверхности.

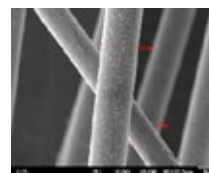
С помощью растровой электронной микроскопии и оже-электронной спектроскопии выяснили, что из двух получаемых никелевых и медных покрытий именно медное обладает лучшей морфологией. Оно отличается сплошностью, то есть слой металла повторяет конфигурацию каждого отдельного филамента базальтового жгута.



а



б



в

Рисунок 1. Микрофотографии образцов, покрытых: а – медью химическим способом; б – электроосажденной медью; в – электроосажденным никелем

Измерение электросопротивления образцов показало, что с увеличением толщины покрытия электропроводимость увеличивается.

Литература

1. Скопинцев В.Д., Фирсова Т.Д., Винокуров Е.Г. Журнал прикладной химии, 2015, 88, 12, 1729.

НОВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ПОЛИОКСОВОЛЬФРАМОМЕТАЛЛАТОВ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА

Мороз Я.А.^а Лозинский Н.С.,^а Лопанов А.Н.^б

^а Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко,
 283048, Донецк, ул. Р. Люксембург, 70,
 e-mail: jaroslavchem@mail.ru

^б Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 308012, Белгород,
 ул. Костюкова, 46

Полиоксовольфрамометаллаты активно применяют исследователи в различных областях науки и технологий: катализе, материаловедении, энергетике, медицине. Они являются перспективными материалами для получения катализаторов реакций окисления органических соединений, фото- и электрокаталитических процессах разложения воды и поглощения углекислого газа, синтеза углеродных наноматериалов, композитных электрохимических датчиков и т.д.¹. В данной работе представлены результаты по синтезу новых вольфрамфосфатов и вольфрамосиликатов с органическими катионами во внешней сфере комплексов $\text{Cat}_n[\text{P}(\text{Si})\text{W}_{12}\text{O}_{40}]\cdot x\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cat} = (\text{CH}_3)_4\text{N}^+$; $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}^+$, $[\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2]^+$, вольфрамфосфато- и вольфрамосиликатометаллатов $\text{Cat}_m[\text{P}(\text{Si})\text{W}_{11}\text{O}_{39}\text{Z}(\text{H}_2\text{O})]\cdot y\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cat} = (\text{CH}_3)_4\text{N}^+$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}^+$, $\text{Z} = \text{Fe}^{3+}$, Co^{2+} , Ni^{2+} , а также вольфрамфосфато-металлатов с гексаметилентетраминоом в координационной сфере комплексов, $\text{Cat} = \text{Na}^+$, NH_4^+ , $\text{Z} = \text{Co}^{2+}$, Ni^{2+} , Zn^{2+} . Соединения идентифицированы методами электронной и ИК-спектроскопии, а комплексы цинка – дополнительно ЯМР ^1H и ^{13}C в растворе D_2O . ИК-спектры синтезированных соединений имеют форму, аналогичную известным соединениям со структурой аниона Кеггина. Изучены термические превращения полученных соединений на воздухе и в инертной атмосфере. По данным рентгенофазового анализа и электронной микроскопии продуктами их термолитиза при 600°C являются мелкодисперсные порошки со структурой вольфрамовой бронзы. Исследована их каталитическая активность в реакции микроволнового синтеза углеродных наноматериалов².

Литература

1. Roy S., Crans D.C., Parac-Vogt T.N., eds. Polyoxometalates in Catalysis, Biology, Energy and Materials Science. – Lausanne: Frontiers Media SA, 2019. – 224 p.
2. Мороз Я.А., Лозинский Н.С., Заритовский А.Н. и др. *Журн. общ. химии*. 2023, **93**, 1139.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, FRES-2023-0006.

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕКСАФЕРРИТОВ БАРИЯ И СТРОНЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА

Мухамадеев А.Э., Дресвянников А.Ф., Григорьева И.О.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, улица Карла Маркса, 68,
e-mail: m.artur_98@mail.ru*

Гексагональные ферриты бария и стронция занимают особое место среди магнитных материалов, обладают высокими значениями удельного электрического сопротивления, коэрцитивной силы, намагниченностью насыщения и широко применяются в электротехнике, радиоэлектронике, вычислительной технике. Свойства материалов на основе ферритов во многом определяются технологическими приемами их изготовления¹.

Традиционная керамическая технология получения ферритов имеет ряд недостатков: недостаточная активность порошков после измельчения, трудоемкость, длительность отдельных этапов, большой расход реагентов, высокие температуры. В то же время имеется значительное количество относительно однородного техногенного сырья, включающего отходы металлообрабатывающей промышленности, в частности, лома и стружки углеродистых сталей и технического железа.

Для утилизации этих отходов и совершенствования технологии получения гексаферритов бария и стронция авторами² предлагается использовать электрохимический метод, который предусматривает анодное растворение углеродистой стали в водном растворе, содержащем нитрат и хлорид бария и/или стронция, при плотности тока 0,1-0,2 А/см². Полученный в процессе электролиза осадок выдерживали в маточном растворе, фильтровали и высушивали. Такой подход позволяет получать высокодисперсный продукт, являющийся прекурсором целевого материала. После термической обработки высушенного осадка формируются ферриты, обладающими электромагнитными характеристиками, превосходящими таковые в случае гексаферритов бария и стронция, полученных с использованием химических методов.

Кроме того, в процессе синтеза прекурсоров возможно допирование продуктов ионами элементов, повышающих некоторые электрические и магнитные свойства синтезируемых ферритов.

Литература

1. Анциферов В.И., Летюк Л.М., Андреев В.Г., Дубров А.Н., Гончар А.В., Костишин В.Г., Сатин А.И. Проблемы порошкового материаловедения. Ч.IV. Материаловедение поликристаллических ферритов. – Екатеринбург: УРО РАН, 2004. – 395 с.
2. Григорьева И.О., Дресвянников А.Ф. Известия вузов. Химия и химическая технология, 2021, **64**, 59.

МАСШТАБИРОВАНИЕ МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

Немерюк А.М.^а Разинов А.Л.^а Ковтун Д.П.^а Литвинович Е.А.^а Новикова Г.Я.^б

^аНИИЦ «Курчатовский институт»,
123182, Москва, Площадь Академика Курчатова, 1
e-mail: amnatn@mail.ru

^бИнститут Ядерных Исследований РАН,
117312, Москва, просп. 60-летия Октября, 7а

Разработан новый метод получения жидкого органического сцинтиллятора, содержащего гадолиний, предназначенного для применения в составе детекторов элементарных частиц, в частности, нейтрино. Функциональный материал обеспечивает возможность дистанционного контроля работы ядерных реакторов, например, детектор IDREAM на Калининской АЭС. Содержащий гадолиний сцинтиллятор в объеме более 10 т был изготовлен по технологии, разработанной в ККХИ НИЦ КИ¹.

В отличие от известных методов, основанных на экстракции соединений гадолиния из водной среды, разработанный метод позволяет получать не содержащие воду, стойкие в течение длительного времени сцинтилляционные композиции²⁻⁵. Для этого был использован промежуточный легкокипящий растворитель, тетрагидрофуран. Создана производственная линия, позволяющая осуществлять весь комплекс технологических процессов, начиная от получения хлорида гадолиния из высокочистого оксида до выпуска готовой сцинтилляционной композиции на основе линейного алкилбензола, содержащей карбоксилатный комплекс гадолиния, а также первичный и вторичный флуорофор.

Литература

1. Серебров А.П., Ивочкин В.Г., Самойлов Р. М., и др., *ЖТФ*, 2023, 93, 175;
2. Bezrukov L.B., Novikova G.Ya., Yanovich E.A. et al., *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2018, 63, 12, 1654;
3. Novikova G.Ya., Morgalyuk V.P., Yanovich E.A., *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2021, 66, 8, 1161;
4. Novikova G.Ya., Bakulina N. I., Vologzhanina A. V. et al., *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2016, 61, 257;
5. Gromov M.B., Lukyanchenko G.A., Novikova G.Ya. et al., *Phys. Part. Nuclei* 48, 2017, 981.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ И ОКСИДА ЦИНКА

Немкова Д. И.^а, Сайкова С. В.^{а,б}, Кроликов А. Е.^а

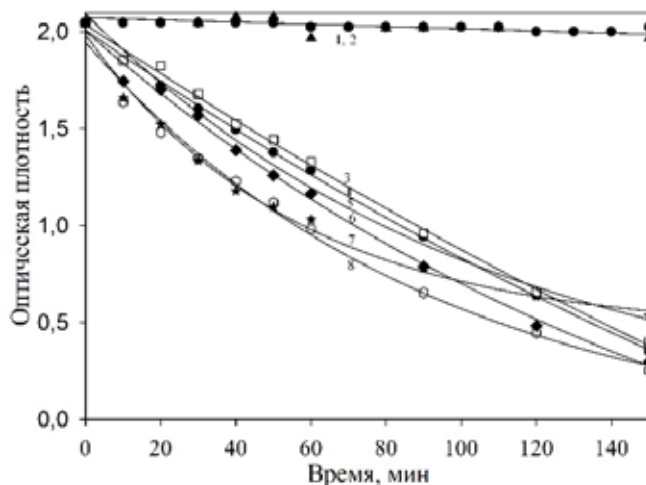
^а Сибирский федеральный университет, Российская Федерация,
660041, Красноярск, Свободный проспект 79,
e-mail: diana.nemkova@bk.ru

^б Институт химии и химической технологии СО РАН, обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,
660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 24

В недавних исследованиях показано, что ферриты цветных металлов являются многообещающими магнитными фотокатализаторами, которые после использования легко отделить от очищенной воды с помощью магнитного поля. Ферритам свойственно быстрое время электрон – дырочной релаксации, что снижает их активность в фотореакциях, однако данная проблема решается получением гибридных наноструктур на основе ферритов. В данной работе получены магнитные композитные материалы $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$. Показано, что они могут быть применены в качестве легко отделяемого магнитного фотокатализатора для разложения красителя кристаллического фиолетового (КФ).

Таблица. Состав и параметры ячейки композита

	NiFe_2O_4	K1	K2	K3	K4	K5
$a(\text{NiFe}_2\text{O}_4), \text{\AA}$	8.3570	8.3773	8.3916	8.3925	8.3917	8.3883
$\omega(\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4)$	-	91.4	93.1	72.5	50.4	37.7
$\omega(\text{ZnO})$	-	5.3	1.8	23.6	46.8	61.1
$\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3)$	-	3.3	5.1	3.9	2.7	1.2



1 – NiFe_2O_4 , 2 – ZnFe_2O_4 , 3 – K4, 4 – K3, 5 – K2, 6 – K5, 7 – K1

Рисунок. Изменение оптической плотности раствора КФ
в зависимости от длительности процесса фотокаталитического разложения

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 22-73-10047.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ Sr^{2+} НА ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА GdCrO_3

Немых Я.М., Кострюков В.Ф.

Воронежский государственный университет,
394043, Воронеж, Университетская площадь 1,
e-mail: yaromir0202@gmail.com

Исследование газочувствительных свойств хромитов редкоземельных металлов привело к тому, что для улучшения сенсорного отклика полученных соединений было принято решение допировать их ионами Sr^{2+} .

Исходные вещества для синтеза систем $\text{Gd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CrO}_3$ (где $x = 0,05$ и $0,10$): нитраты соответствующих металлов, лимонная кислота, аммиак водный. Синтез проводился согласно методу Печини¹, с последующим отжигом осадка в муфельной печи при температуре 900°C в течение 4-х часов.

Исследование фазового состава методом РФА² полученной серии нанопорошков $\text{Gd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CrO}_3$ (где $x = 0,05$ и $0,10$) показало наличие только целевой фазы (рис. 1.а).

Зависимость сенсорного отклика образцов от температуры была исследована путем определения удельного сопротивления четырехзондовым методом Ван-дер-Пау³. Полученные результаты представлены на рис.1.б.

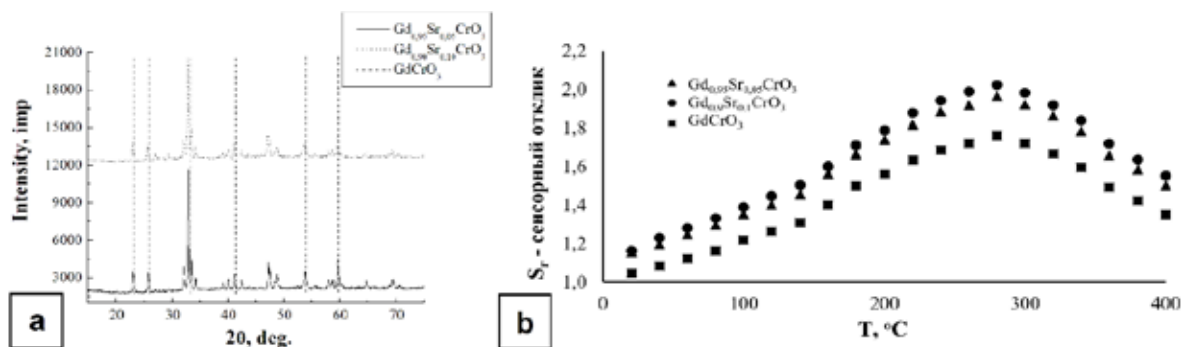


Рисунок 1. а) Сравнение рентгеновских дифрактограмм серии нанопорошков $\text{Gd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CrO}_3$ (где $x = 0,05$ и $0,10$), с чистым GdCrO_3 ;
б) Сравнение сенсорного отклика на пары аммиака (концентрация 50 ppm) пленок $\text{Gd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CrO}_3$ (где $x = 0,05$ и $0,10$), с чистым GdCrO_3 .

Литература

1. Preparation and structural study of LaMnO_3 magnetic material / L. C. Moreno, J. S. Valencia, D. A. Landinez Tellez, J. Arbey Rodriguez, M. L. Martinez, J. Roa-Rojasb, F. Fajardo // Magnetism and Magnetic Materials. – 2008. – V. 320. – P. 19–21.
2. Павлов Л. П. Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов. – Москва – 1975.
3. Уманский Я. С. Рентгенография металлов и полупроводников / Я. С. Уманский. – Москва : Металлургия, 1969. – 496 с.

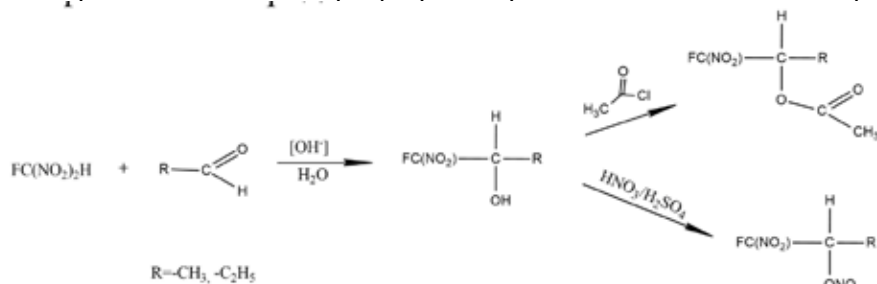
СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФТОРДИНИТРОАЛКАНОЛОВ

Никитин В.Г., Гильманов Р.З., Ляпин Н.М., Ахтямова З.Г., Фартдинов Л.Ф.

ФГБОУ ВО «КНИТУ»,
420015, Казань, ул. К. Маркса 68,
e-mail: wnik43@mail.ru

Фтординитроалканолаы представляют интересный класс специальной органической химии. На их основе получены сложные эфиры, пластифицирующие нитроцеллюлозу.

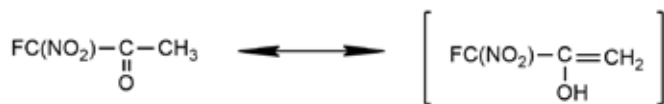
Нами изучена реакция присоединения по Анри фтординитрометана к альдегидам алифатического ряда¹.



Далее синтезированные фтординитроалканолаы были окислены в кетоны. В качестве окислителей использовали бихроматы калия и аммония в среде концентрированной серной кислоты.

Синтезы показали, что выходы фтординитрокетонов с использованием в качестве окислителя бихромата калия на 20-30 % выше, чем при применении бихромата аммония.

Продукт окисления 1-фтор-1,1-динитропропанола-2, перегнанный в вакууме и идентифицированный спектрами ИК и ЯМР ¹H, оказался смесью изомеров: кетонной формы и енольной формы в соотношении 45:55 %.



ЯМР ¹H: 1,3с (CH₃), 6,2 и 6,6с (CH) и 12с (ОН - енольный).

Выделенные таутомеры доказаны химически: кетонная форма дала соответствующий 2,4-динитрофенилгидразон, а енольная форма – ацетат енола. Установлено, что в неполярной среде (CCl₄) присутствует только кетонная форма, а в полярных растворителях (CHCl₃, CH₂Cl₂) существуют и кетон, и енол.

Литература

1. Henry, L. C. R. Hebd. Acad. Sci. 1895, **120**, 1265.

МОНО- И ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ОКСИДНЫЕ ФАЗЫ III-V ГРУПП ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ, СОСТАВ, СТРУКТУРЫ, СВОЙСТВА

Никишина Е.Е.

*Институт тонких химических технологий имени
М.В. Ломоносова, МИРЭА-Российский технологический университет,
119571, Москва, проспект Вернадского 86,
e-mail: nikishina@mirea.ru*

В настоящее время хорошо просматриваемую перспективу практического использования имеют сложные оксиды циркония, гафния, ниобия и тантала, применяемых либо в виде индивидуальных соединений, либо как компоненты твердых растворов. Разрабатываемые методы синтеза этих важнейших оксидных материалов должны обеспечить максимально возможное снижение температуры процесса, возможность использования предшественников разной химической природы, высокую степень фазовой и химической однородности и воспроизводимость комплекса свойств.

Цель работы состояла в разработке методов получения простых и сложных оксидных фаз d-элементов (циркония, гафния, ниобия и тантала) с контролируемым составом и высокой фазовой однородностью с использованием их моно- и биметаллических гидроксо- и алкоксосоединений в качестве предшественников.

В результате проведенных исследований:

- разработаны новые методы получения простых и сложных оксидов d- и f- элементов Периодической системы, в которых в качестве предшественников использованы маловодные гидроксиды и алкоксосоединения;
- впервые с использованием разработанных методов получен ряд сложных оксидов, у которых изучено кристаллическое строение;
- впервые показана эффективность использования метода SAS (Supercritical AntiSolvent) в процессах получения индивидуальных оксидов $L-Ta_2O_5$, $T-Nb_2O_5$ и их твердых растворов $(Nb_xTa_{1-x})_2O_5$, а также впервые осуществлен синтез аморфных моно- и биметаллических оксидов циркония и/или гафния с использованием в качестве предшественников ацетилацетоната циркония, пропоксид циркония, бутоксида гафния;
- разработан новый метод синтеза биметаллических карбидов ниобия и тантала при относительно низких температурах ($\leq 1400^\circ C$), основанный на взаимодействии полимерного композиционного материала на основе фенолформальдегидного связующего и высокодисперсного биметаллического маловодного гидроксида ниобия-тантала.

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ КАЗАХСТАНА

**Джусипбеков У.Ж., Нургалиева Г.О., Баяхметова З.К.,
Дуйсенбай Д., Аксакалова У.Б.**

*АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», 050010, Алматы,
ул. Ш. Уалиханова, 106,
e-mail: n_gulzipa@mail.ru*

Установлено, что для нормального развития растений наряду с основными элементами питания (азот, фосфор, калий, кальций, магний и сера) также необходимы биологически активные вещества и микроэлементы^{1,2}. Наличие в составе жидких органоминеральных удобрений (ЖОМУ) гуминовых веществ и микроэлементов позволяет более полно сбалансировать минеральное питание растений и увеличить за счет этого урожайность сельскохозяйственных культур в среднем на 20-30%. Кроме того, использование таких удобрений способствует значительному повышению эффективности и снижению затрат на применение минеральных удобрений.

В связи с вышеизложенным, исследованы процессы синтеза ЖОМУ путем взаимодействия гумата натрия с гептамолибдатом аммония. Опыты проводили в течение 10-120 мин при температуре 20-80°C и соотношении Т:Ж=0,3÷0,7:100 при концентрации гумата натрия 1,0%. В синтезированных образцах определяли выход гуминовых кислот (HA^{daf}), содержание молибдена и азота, количество кислых функциональных групп.

Установлено, что при всех значениях соотношений Т:Ж увеличение времени и температуры процесса приводит к повышению выхода HA^{daf} , содержания N и Mo, которые при Т:Ж=0,3:100 достигает соответственно 37,17, 6,05 и 0,36%. Из анализа полученных результатов следует, что при взаимодействии гумата натрия и гептамолибдата аммония изменение их соотношений в системе по-разному влияет на состав ЖОМУ. Выявлено, что при повышении Т:Ж выход HA^{daf} уменьшается до 36,97%, а содержания N возрастает до 6,0% и Mo – до 0,37%. Показано, что рост содержания COOH- и $\text{OH}_{\text{фен.}}$ -групп усиливает биологическую активность синтезированных образцов ЖОМУ.

Литература

1. Гайсин И.А., Пахомова В.М. Полифункциональные хелатные микроудобрения. Практика применения и механизм действия. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2016. – 316с.
2. Husein M.E., Hassan S.A.El, Shahein M.M. International Journal of Biosciences, 2015, 7(1), 132.

Работа выполнена при финансовой поддержке МНВО РК, программа BR21882220

АНОМАЛЬНЫЕ СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ЕВРОПИЯ В ДОПИРОВАННЫХ ФОСФАТАХ $Me_3(PO_4)_2$ ($Me = Sr, Ba$)

Павлова Э.Т.,^а Лазорьяк Б.И.,^б Морозов В.А.^б

^а Бурятский государственный университет имени Д. Банзарова,
 670000, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, д.24а
 e-mail: erzhen@mail.ru

^б Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, строение 3

В докладе приведены данные по самовосстановлению европия в пальмиеритоподобной матрице $Me_3(PO_4)_2$ ($Me = Sr, Ba$). Твердые растворы $Ba_{3-x}Eu_{2x/3}(PO_4)_2$ ($x = 0.01, 0.02$) и $Sr_{2.98}Eu_{0.01}M_{0.01}(PO_4)_2$ ($M = Li^+, Na^+, K^+$) получены методом твердофазного синтеза на воздухе при температуре 1233 К (40 ч) и 1423 К (48 ч), соответственно. Синтезированные фосфаты изоструктурны минералу пальмиериту $K_2Pb(SO_4)_2$. Спектры фотолюминесценции при возбуждении на длине волны 395 нм состоят из интенсивных полос люминесценции при 585 нм и 610 нм, характерных для катионов Eu^{3+} . При возбуждении на длине волны 330 нм в спектрах люминесценции наблюдается широкая полоса с центром при 425 нм, характерная для катионов Eu^{2+} . Люминесценция фосфатов изучена в широком интервале температур 5–350 К (Sr) и 80–500 К (Ba). В твердых растворах $Ba_{3-x}Eu_{2x/3}(PO_4)_2$ интенсивность люминесценции катионов Eu^{3+} существенно зависит от температуры и снижается с повышением температуры, тогда как люминесценция Eu^{2+} практически остается стабильной в интервале 150–500 К. В твердых растворах $Sr_{2.98}Eu_{0.01}M_{0.01}(PO_4)_2$ люминесценция Eu^{2+} доминирует при комнатной температуре, тогда как люминесценция Eu^{3+} выше при низкой температуре ($T < 50$ К). Ионы щелочных металлов заметно влияют на интенсивность люминесценции Eu^{3+} и Eu^{2+} . Фосфат $Sr_{2.98}Eu_{0.01}Li_{0.01}(PO_4)_2$ показывает самую высокую интенсивность люминесценции. Анализ спектров люминесценции в области перехода $^5D_0 \rightarrow ^7F_0$ показывает, что катионы Eu^{3+} занимают две разные кристаллографические позиции в структуре $Ba_3(PO_4)_2$ и одну в $Sr_3(PO_4)_2$. Частичное самовосстановление $Eu^{3+} \rightarrow Eu^{2+}$ в матрицах $Me_3(PO_4)_2$ ($Me = Sr, Ba$), по-видимому, реализуется за счет перехода электронов от матрицы к катионам европия. Результаты исследований твердых растворов $Ba_{3-x}Eu_{2x/3}\square_{x/3}(PO_4)_2$ ($x = 0.01; 0.02$) и $Sr_{2.98}Eu_{0.01}M_{0.01}(PO_4)_2$ ($M = Li^+, Na^+, K^+$) показывают, что синтезированные фосфаты представляют собой оранжево-красные люминофоры и могут найти применение в качестве материалов для твердотельного освещения. Также синтезированные фосфаты можно использовать в качестве материалов для измерения температуры.

ПОЛУЧЕНИЕ КРЕМНИЯ ИЗ РАСПЛАВА $\text{LiCl-KCl-CsCl-K}_2\text{SiF}_6$ МЕТОДОМ РЕВЕРСНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА

Парасотченко Ю.А.^{а,б}, Суздальцев А.В.^{а,б}, Зайков Ю.П.^{а,б}

^аУральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина,
620002, Екатеринбург, улица Мира, 19
e-mail: ustinova.iulia@urfu.ru

^бИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620066, Екатеринбург, улица Академическая, 20

Кремниевые материалы являются одними из самых востребованных в энергетике, микроэлектронике, металлургии и других областях. Многообещающими являются способы электролитического получения кремния из расплавленных солей, которые в последнее время находят все большее применение для синтеза чистых веществ и сплавов.

Реверсный электролиз включает в себе циклирование катодного и анодного тока, причём величина катодного тока больше, чем у анодного, чтобы не допустить полного растворения осаждающегося кремния.

Образец на рисунке 1 был получен в следующих условиях: катодная плотность тока – $28,6 \text{ мА/см}^2$, анодная плотность тока – $4,8 \text{ мА/см}^2$. Время каждого из импульсов – 30 с, общая продолжительность электролиза – 1 час. Температура – 550°C .



Рисунок 1. Микрофотография электроосажденного кремния

Работа выполнена в рамках соглашения №075-03-2023-006 от 16.01.2023 (номер темы FEUZ-2020-0037).

ПОЛИМЕРНЫЕ ХЕМОСЕНСОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ Eu (III)

Петроченкова Н.В.,^{а,б} Мирочник А.Г.^а

^а*Институт химии Дальневосточного отделения РАН,
690022, Владивосток, пр-т 100-лет Вл-ка, 159*

^б*Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а
e-mail: nypetrochenkova@mail.ru*

В настоящее время проводятся интенсивные исследования в области разработки полифункциональных материалов, обладающих оптическими хемосенсорными свойствами. Особый интерес представляет разработка перспективных сенсорных материалов, предназначенных для быстрого и эффективного обнаружения аммиака и летучих органических аминов в окружающей среде, а также для экспресс-анализа качества пищевых продуктов и биомедицинских целей.

Исследованы люминесцентные хемосенсорные свойства карбоксилато-бис-добензоилметанатов Eu(III) с карбоновыми кислотами ((Eu(Dbм)₂Acid·nH₂O, где Acid - анион карбоновой кислоты, n=0-2) [1] при взаимодействии с парами аммиака и аминов. Количественные измерения оптического отклика показали, что с ростом концентрации аналита в диапазоне 3–330 ppm наблюдается рост интенсивности люминесценции европия(III). Установлена обратимость люминесцентного отклика: после удаления паров аналита первоначальная люминесценция Eu(III) восстанавливается. Установлена высокая стабильность люминесцентного отклика во времени в исследуемых полимерных композициях.

Механизм оптического эффекта выявлен методами стационарной, времяз разрешенной спектроскопии и квантовохимического моделирования: взаимодействие аналита с сенсором приводит к изменению способа координации карбоксилат-ионов от тридентатно-мостиково-циклической к бидентатно-мостиковой и увеличению эффективности переноса энергии лиганд-металл.

Полученные хемосенсорные композиции с эффектом “включения” люминесценции при воздействии аналита перспективны для мониторинга окружающей среды, анализа качества пищевых продуктов, персонализированной медицины

Литература:

[1] Мирочник А., Петроченкова Н. Патент РФ 2734499. Опубликовано 19.10.2020 г., бюл. N 29.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Петрушина А.А., Касатикова А.С., Абрашов А.А.,
Григорян Н.С., Аснис Н.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская площадь 9,
e-mail: petrushina.a.a@muctr.ru*

Одним из востребованных в последнее время способов защиты металлических поверхностей от агрессивной окружающей среды является формирование на их поверхности непрерывных пленок с водоотталкивающими свойствами и способностью к самоочищению, которые придают материалу свойство супергидрофобности, а также защищают их от истираемости¹.

В настоящей работе предложен способ увеличения износостойкости супергидрофобных покрытий (СГП) за счет предварительного нанесения адгезионного Ti-Zr-содержащего подслоя с необходимой микроструктурной шероховатостью².

Установлено, что данный способ формирования покрытий позволяет осаждать слои с наибольшим краевым углом смачивания (168°) и наилучшей защитной способностью (68 с).

Показано, что предварительное нанесение на алюминиевую поверхность Ti-Zr-содержащего адгезионного подслоя приводит к увеличению прочности сцепления с последующим СГП и к повышению его износостойкости.

Установлено, что нанесение Ti,Zr-содержащего адгезионного подслоя, способствует повышению устойчивости к истиранию, 800 циклов вместо имеющихся ранее 200, и коррозионной стойкости при экспозиции в камере соляного тумана со 140 до 430 ч.

С учетом полученных результатов разработанная технология может быть использована для получения на поверхности алюминиевых сплавов типа АМгб супергидрофобных покрытий, обладающих влагозащитными и антиобледенительными свойствами, и может быть использована для защиты от гололедно-изморозевых отложений и сопутствующей коррозии строительных конструкций (каркасов зданий, ферм, оконных рам, лестниц и др.) и сооружений энергетики, транспорта, в т. ч. авиатранспорта, и др.

Литература

1. Abrashov A.A., Khafizova A.I., Grigoryan N.S., Petrushina A.A., Asnis N.A., Chudnova T.A. *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2023, 12, 3, 1013-1027.
2. Петрушина А.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Хафизова А.И., Аснис Н.А., Касатикова А.С., Парфенова В.Д. *Практика противокоррозионной защиты*, 2024, 29, 1, 7-19.

ПОЛУЧЕНИЕ ГАФНАТОВ ЕВРОПИЯ И ГАДОЛИНИЯ СО СТРУКТУРОЙ ПИРОХЛОРА: ВЛИЯНИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИХ ФАЗОВЫЙ СОСТАВ

Гречишников Н.В.^а, Никишина Е.Е.^б, Ильичёва А.А.^а, Подзорова Л.И.^а

^а *Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49
e-mail: nklgrchshnkv@yandex.ru*

^б *РТУ МИРЭА Институт Тонких Химических Технологий им. М.В. Ломоносова,
119571 Москва, Проспект Вернадского, 86*

Гафнаты редкоземельных элементов (РЗЭ) с упорядоченной структурой пироксена широко востребованы в области защитных покрытий и высокотемпературных керамических изделий благодаря их высокой температуре плавления, низкой теплопроводности, фазовой стабильности¹.

Методом, основанном на взаимодействии гидроксида гафния и ацетатов редкоземельных элементов с последующей СВЧ-обработкой реакционной смеси при разной продолжительности и термической обработкой, были получены гафнаты европия и гадолиния со структурой пироксена.

На дифрактограммах образцов, термически обработанных при 1200°C и при недостаточном или избыточном времени СВЧ-обработки, присутствуют рефлексы, характерные для гафнатов РЗЭ с разупорядоченной структурой типа флюорит и оксидов исходных металлов, среднее время СВЧ-обработки приводило к образованию однофазных продуктов со структурой флюорита. Однофазные образцы дополнительно обрабатывались при температуре 1350°C и 1450°C. Дифрактограммы показали наличие рефлексов, соответствующие гафнатам с упорядоченной структурой пироксена: (111); (311); (331); (511): в образцах, термически обработанных при температуре 1450°C, они были интенсивнее. Расчет параметров ячейки для этих образцов подтверждает получение гафнатов с упорядоченной структурой уже при температуре 1350°C: объем ячейки у $\text{Eu}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ – 10,455 Å, а у $\text{Gd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ – 10,454 Å (для структуры пироксена значения параметров ячейки – 10–10,5 Å)².

Таким образом, СВЧ-обработка позволяет получать гафнаты РЗЭ с упорядоченной структурой при более низкой температуре.

Литература

1. Cong L., Li W., Song O., Guo Y.// Corrosion Science. 2022, 209. 1.
2. Гречишников Н.В, Никишина Е.Е. , Ильичёва А.А., Подзорова Л.И., Цветные металлы, 2023, 10(970), 51.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ КЕРАМИЧЕСКИХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ, УПРОЧНЕННЫХ ДИСПЕРСИОННОЙ ФАЗОЙ

**Подзорова Л.И., Ильичёва А.А., Сиротинкин В.П.,
Антонова О.С., Баикин А.С., Пенькова О.И.**

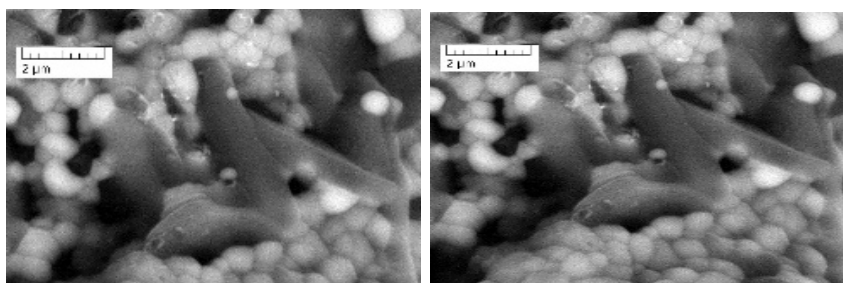
*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова,
Ленинский пр., 49, 119334, Москва, Россия
e-mail: lpodzorova@imet.ac.ru*

Керамики на основе оксидов как технические материалы имеют существенный недостаток: низкую устойчивость к хрупкому разрушению. Нивелирование данного параметра определяется разработкой оксидных композитов, в состав которых включают фазы, проявляющие эффекты трансформационного и дисперсионного упрочнения.

Цель работы – установить зависимость устойчивости к хрупкому разрушению керамических композитов системы корунд – тетрагональный диоксид циркония от содержания дисперсионной фазы и вида матрицы.

Композиты получены на основе исходных порошков следующих составов (мол. %) $20-65\text{Al}_2\text{O}_3 - 80-35[\text{ZrCe}]$ O_2 (1), $20-65\text{Al}_2\text{O}_3 - 80-35[\text{ZrYb}]\text{O}_2$ (2), модифицированных катионами Ca и Sr.^{1,2}

Показано, что формирование гексаалюминатов (Ca,Sr) происходит “in situ” в процессе спекания исходной шихты. На рисунке приведены СЭМ изображения излома композитов, показывающие присутствие в микроструктуре зерен длиннопризматического габитуса, отвечающих гексаалюминатам и выполняющим функцию дисперсионного упрочнения.



Установлено, что в композитах составов 1 формируются сложные гексаалюминаты $(\text{Ca}_{0,8} \text{Ce}_{0,2}) \text{Al}_{12} \text{O}_{19}$, а в композитах составов $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SrO} - [\text{ZrYb}]\text{O}_2$ или $[\text{ZrCe}]\text{O}_2$ формируется $\text{SrAl}_{12} \text{O}_{19}$. Гексаалюминаты оказывают положительное влияние на сопротивляемость к хрупкому разрушению композитов, повышая коэффициент трещиностойкости до $11 \text{МПа} \cdot \text{м}^{-1/2}$.

Литература

1. Подзорова Л.И., Ильичёва А.А., Пенькова О.И., Шворнева Л.И. Патент 2569113 С1 РФ, 2015.
2. Подзорова Л.И., Ильичёва А.А., Пенькова О.И. и др. Неорганические материалы, 2021. 57. (2). 203.

Работа выполнена по госзаданию № 075-00320-24

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ВЕЩЕСТВ НА РОТОРАХ ГАЗОДУВНЫХ МАШИН ЦЕХОВ УЛАВЛИВАНИЯ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Покрышкин К.В.^{а,б}

^аАО «Восточный научно-исследовательский углехимический институт»,
620990, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 14

^бФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: pkv@vuhin.ru

На ряде коксохимических производств имеются проблемы с образованием веществ на роторах газодувных машин в цехах улавливания химических продуктов коксования. Образующиеся отложения негативно влияют на работу газодувных машин, которые обеспечивают нормативное разрежение в печах коксовых батарей, а также обеспечивают передачу коксового газа на обогрев коксовых батарей и другим потребителям.

Ранее в статье¹ был выполнен обзор публикаций, относительно образования отложений в арматуре, газопроводах и газодувных машинах коксового газа. Однако, в ранее проведенных исследованиях не были определены состав и причины осаждения веществ на роторах газодувных машин.

С целью определения свойств образующихся отложений на роторах газодувных машин цехов улавливания коксохимических производств были проведены исследования на их растворимость в воде, этаноле и каменноугольном поглотительном масле². Для определения состава веществ был выполнен комплекс различных исследований отложений с роторов газодувных машин и из газопроводов прямого коксового газа³.

В результате проведенного исследования был определен механизм образования отложений и установлено, что на образование отложений в газопроводах коксового газа коксохимического производства влияет технологический режим обработки (охлаждения и очистки) коксового газа. С целью исключения перегрева и последующего осушения коксового газа для предотвращения образования отложений наиболее целесообразно устанавливать электрофильтры после газодувных машин.

Литература

1. Экгауз В. И., Покрышкин К. В., Дементьева Н. В. Кокс и химия, 2023, 6, 22.
2. Покрышкин К.В. Сборник трудов конф. «Химия и химическая технология в XXI веке», 2023, Томск, 2, 103.
3. Покрышкин К. В., Экгауз В. И. и др. Кокс и химия, 2024, 1, 22.

СТРУКТУРА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ТИТАНА И ЦИРКОНИЯ

Ковалев И.А., Рогова А.Н., Кочанов Г.П., Чернявский А.С., Солнцев К.А.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Россия,
119991 Москва, Ленинский пр., 49
e-mail: ralenka12@gmail.com*

Высокая электропроводность нитридов титана и циркония позволяет использовать материалы на их основе в качестве термоэлектрических преобразователей. В промышленности их получают компактированием порошков, что вследствие сложности процесса спекания нитридов, не позволяет получать изделия сложной формы. Представленный ранее подход окислительного конструирования позволяет решить данную задачу и получать композитные материалы различной стехиометрии¹.

Контролируемой нитридизацией металлических пар Ti-Zr синтезировали керамические нитридные образцы заданного состава и формы. Исследование морфологии поверхности поперечных сколов проводили на растровом электронном микроскопе.

Исследования показали, что трехслойная градиентная структура керамики сохраняется до 50 минут с начала азотирования. Внешний слой композита титана имеет состав $TiN_{0.76}$, внутренний слой состава $TiN_{0.5}$ имеет толщину ~20 мкм, в центре наблюдали область твердого раствора азота в титане состава $TiN_{0.3}$. Керамика на основе ZrN также имеет слоистую структуру, внешний слой нитрида ZrN имеет толщину до 10 мкм, внутренний Zr_2N 70-80 мкм и в центре твердый раствор азота в цирконии.

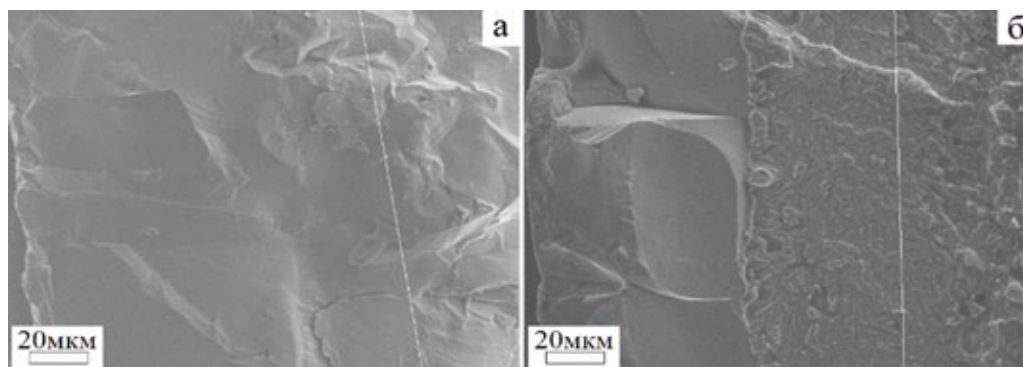


Рисунок 1. РЭМ-изображения поверхности поперечных сколов керамики пары Ti-V, синтезированной в течение 50 мин: $TiNx$ (а), $TiNx$ (б).

Литература

1. Солнцев К. А., Шусторович Е. М., Буслаев Ю. А. Окислительное конструирование тонкостенной керамики // Доклады академии наук, 2001. Т. 378. № 4. С. 492–499.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-13-00324.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ ПРЯМОЙ КАРБИДИЗАЦИЕЙ НИОБИЯ

Кочанов Г.П., Рогова А.Н., Ковалев И.А., Чернявский А.С., Солнцев К.А.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Россия,
119991 Москва, Ленинский пр., 49
e-mail: ralenka12@gmail.com*

Керамика на основе карбида ниобия примечательна тугоплавкостью, химической стойкостью, твердостью, износостойкостью¹. Традиционные способы создания таких изделий базируются на спекании порошков². Применение подхода окислительного конструирования позволяет получать керамику полной карбидизацией металлических заготовок заданной формы³.

Синтез карбида ниобия проводили резистивным нагревом ниобиевой ленты в атмосфере смеси этилена и аргона при температуре 2100 °С. Подачу этилена осуществляли во время нагрева образца до температуры синтеза, по достижении которой карбидизированный образец выдерживали в атмосфере аргона. Контроль температуры образца проводили оптическим пирометром.

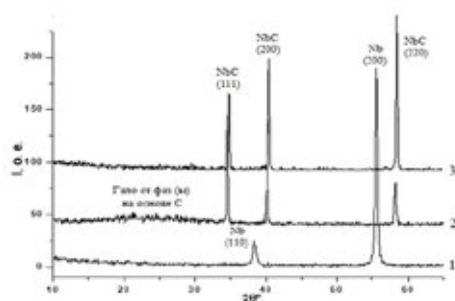


Рисунок 1. Дифрактограммы исследуемых образцов: 1 – исходный ниобий, 2 – порошковая проба NbC, 3 – поверхность NbC

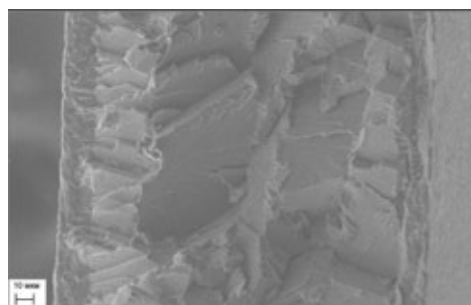


Рисунок 2. РЭМ-изображение морфологии карбида ниобия

Установлено, что процесс карбидизации ниобия протекает в две стадии: на первой стадии на поверхности металла происходит образование углерода, вступающего в реакцию с металлом и диффундирующего в объем образца, на второй стадии происходит образование карбида.

Литература

1. Cuppari M. G. D. V., Santos S. F. Physical Properties of the NbC Carbide // Metals, 2016. Vol. 250. No. 6. P.
2. Hampshire S. Fundamental Aspects of Hard Ceramics // Comprehensive Hard Materials. – 2014. Vol. 2. P. 3-28.
3. Солнцев К. А., Шусторович Е. М., Буслаев Ю. А. Окислительное конструирование тонкостенной керамики // Доклады академии наук, 2001. Т. 378. № 4. С. 492–499.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ONE-POT РЕАКЦИЙ

Романов С.Р., Галкина И.В., Бахтиярова Ю.В.

*Химический институт им. А.М. Бутлерова Казанского (Приволжского) федерального университета,
420008, Казань, Кремлевская 18,
e-mail: Semyonromanov@yandex.ru*

Четвертичные фосфониевые соли вызывают интерес исследователей ввиду широкой биологической активности. Также арилфосфониевые соединения последнее время активно используются в качестве систем доставки лекарственных средств¹. В связи с этим, разработка новых методов синтеза таких соединений является актуальной задачей.

Разработан удобный и эффективный подход к синтезу четвертичных фосфониевых солей на основе третичных фосфинов и непредельных электрофильных соединений: замещенных акриловых, коричных кислот, а также на основе амидов и сложных эфиров акриловой кислоты (схема 1).

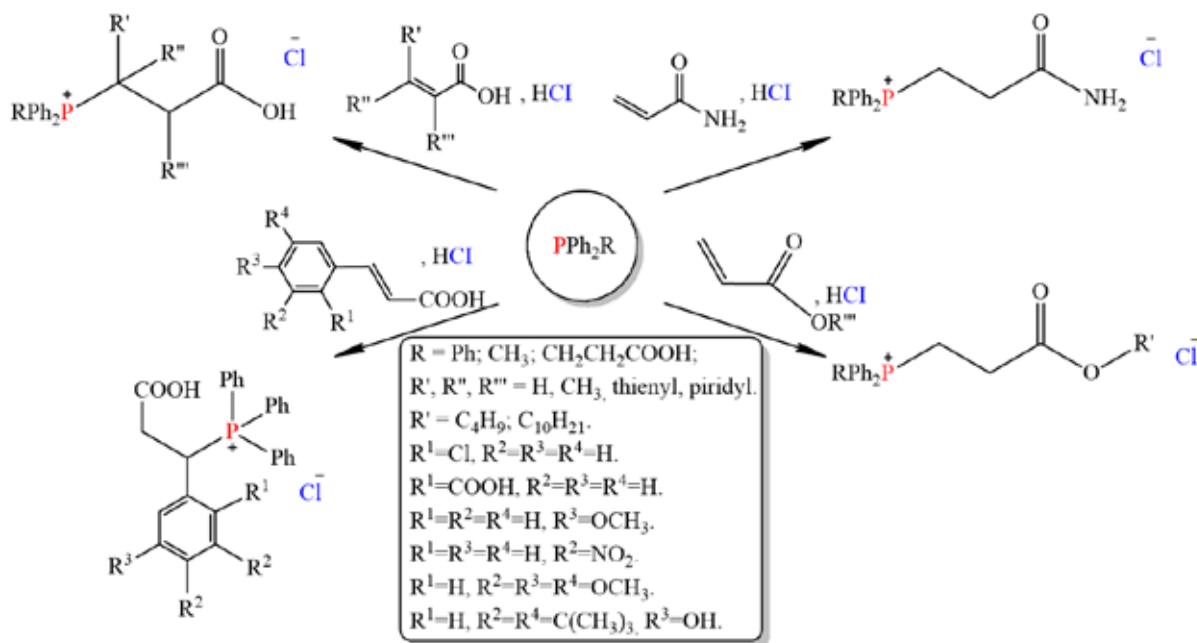


Схема 1.

Данный метод позволяет получить в идентичных условиях широкие ряды фосфониевых солей, обладающих антимикробной активностью.

Литература

1. Паширова Т.Н., Немтарев А.В., Souto E.B., Миронов В.Ф. *Успехи химии*, 2023, **92**, RCR5095.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ КОМПОЗИТЫ С МАТРИЦАМИ НА ОСНОВЕ АМОРФНОЙ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ

**Рябков Ю.И., Ринкевич А.Б., Ситников П.А., Назарова Л.Ю.,
Васенева И.Н., Кучин А.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
167000, Сыктывкар, Первомайская, 48
email: ryab2012@gmail.com*

Многие эффекты, достигаемые применением наноматериалов в композициях с традиционными связующими, могут быть положены в основу создания современных уникальных технологий получения и эффективного использования наноэлектронных устройств на основе композиционных наноматериалов.

Исследования по изучению эффектов поглощения ЭМИ СВЧ диапазона в композитах на основе эпоксиполимерных матриц, содержащих нано- и микрочастицы ферромагнитных сплавов, оксидов переходных элементов, углеродные нанотрубки показали, что наблюдаемые в таких композитах эффекты ферромагнитного резонанса и антирезонанса зависят от распределения и ориентации магнитных частиц, которые формируют нано- или микрообласти¹. В эпоксиполимерных матрицах отмечены также эффекты существенного изменения электрических, механических, теплофизических свойств при введении наночастиц оксидов и наноулерода². Новые возможности для особой структурной организации нанокомпозитов возникают при стабилизации соотношений аллотропных состояний серы при отверждении ее композиций с наночастицами в присутствии модификаторов – стабилизаторов полимерной серы.

Проведен сравнительный анализ процессов структурообразования матриц различного состава (на примере эпоксидных смол, серы) с целью выявления потенциальных возможностей связующих, для формирования нанокомпозиционных материалов с заданными свойствами.

Литература

1. Rinkevich, A.B.; Perov, D.V., Ryabkov, Y.I. Transmission, reflection and dissipation of microwaves in magnetic composites with nanocrystalline finemet-type flakes. Materials. 2021, 14(13), 1-5. <https://doi.org/10.3390/ma14133499>
2. Ситников П.А., Белых А.Г., Васенева И.Н., Рябков Ю.И., Кучин А.В. Модификация эпоксидангидридной матрицы сажевым углеродом. Журнал прикладной химии. 2012, Т.85., Вып.4.С.676-678.

Работа выполнена по теме НИР рег.№ 122040100040-0 с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА ТЕКСТУРНО СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА

Савастьянова М.А., Ухин К.О., Кондрашова Н.Б., Вальцифер В.А.

*«Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук,
614068, г. Пермь, ул. Академика Королева, 3,
e-mail: mariysav75@gmail.com*

Диоксид циркония в настоящее время широко используется для получения различных материалов. Интерес к нему обусловлен его свойствами – высокой температурой плавления, низкой теплопроводностью, устойчивостью к химическим реагентам^{1,2}.

Получение диоксида циркония осуществляли в процессе золь-гель синтеза тремя способами (табл.1). В качестве прекурсора использовали бутилат циркония (VI) 80% в 1-бутаноле.

Таблица 1. Текстурно структурные свойства образцов диоксида циркония, полученного различными способами

№	Условия получения	Уд. пов., м ² /г	Объём пор, см ³ /г	Размер пор, нм	Обнаруженная фаза	Размер кристал., нм
1	Осаждение NH ₄ OH с последующей сушкой и прокаливанием	147	0,24	7,7	t-ZrO ₂ + m-ZrO ₂	8,22
2	Гидротермальная выдержка в присутствии ПАВ (СТАВ)	48	0,14	7,1	m-ZrO ₂ + c-ZrO ₂	8,81
3	Осаждение NaOH в усл. гидротермальн. выдержки и ультразвуковым воздействием	27	0,08	10,7	m-ZrO ₂	38,39

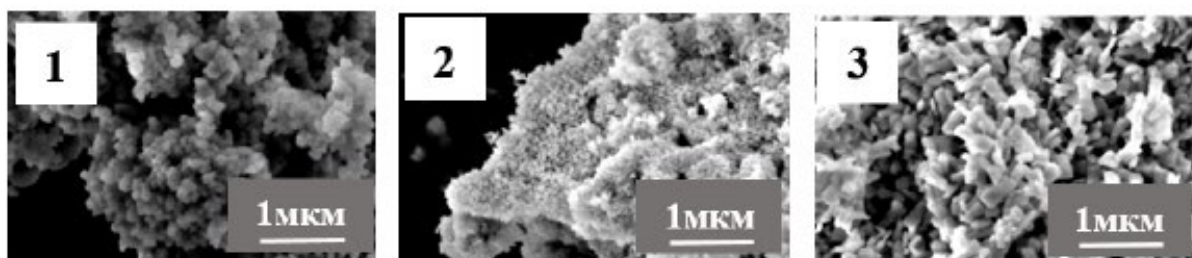


Рисунок 1. СЭМ изображения синтезированных образцов.

Литература

1. Зимичев А.М., Соловьева Е.П. *Авиационные материалы и технологии*, 2014, **3**, 55–61.
2. Жигачев А.О. *Керамические материалы на основе диоксида циркония*. – М.: Техносфера, 2018. – 358 с.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК InP/ZnS С ВАРЬИРУЕМОЙ ЗОННОЙ СТРУКТУРОЙ

Савченко С.С.,^а Вохминцев А.С.,^а Вайнштейн И.А.^{а,б}

^а НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: s.s.savchenko@urfu.ru

^б Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 101

Коллоидные квантовые точки (КТ) или полупроводниковые нанокристаллы представляют собой нульмерные объекты, электронная энергетическая структура которых зависит от размера, что позволяет варьировать их оптические свойства без изменения химического состава. В настоящее время интенсивно изучаются возможности применения нанокристаллов для создания светоизлучающих устройств, лазерных источников, фотоэлементов, люминофоров, биометок, сенсоров и др. Коллоидные КТ ядро/оболочка на основе InP представляют особый интерес как альтернатива Cd-содержащим аналогам благодаря малой токсичности, высокому квантовому выходу и устойчивости к фотодеградаци¹⁻³. В этой связи исследование влияния параметров оболочки на механизмы оптических процессов InP/ZnS актуально для совершенствования подходов к синтезу и улучшения свойств КТ.

В работе выполнен сравнительный анализ оптического поглощения (ОП) и фотолюминесценции (ФЛ) водорастворимых коллоидных КТ InP/ZnS в диапазоне температур 6.5–296 К. Обсуждается влияние параметров полупроводниковой оболочки и стабилизирующего покрытия на спектры ОП растворов и пленок КТ. Предложены механизмы температурного тушения экситонной и дефект-связанной ФЛ, учитывающие распределение активационных барьеров по энергии. Проанализирована взаимосвязь спектрально-кинетических особенностей оптических свойств с толщиной полупроводниковой оболочки. Обсуждаются возможности управления температурной чувствительностью КТ путем инженерии зонной структуры для применения в области наномасштабной люминесцентной термометрии.

Литература

1. Ремпель А.А., Овчинников О.В., Вайнштейн И.А., Ремпель С.В., Кузнецова Ю.В., Наумов А.В., Смирнов М.С., Еремчев И.Ю., Вохминцев А.С., Савченко С.С. *Успехи химии*, 2024, **93**, RCR5114.
2. Вайнштейн И.А., Савченко С.С. *Изв. АН. Сер. хим.*, 2023, **72**, 534.
3. Savchenko S.S., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A. *J. Lumin.*, 2022, **242**, 118550.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-72-00133.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСОВ

Сагадеев Е.В.,^а Сагадеев В.В.^б

*^аООО “Коррозионное тестирование строительных материалов”,
420140, Казань, ул. Минская, д. 52, офис 110,
e-mail: sagadeev@list.ru*

*^бКазанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. К. Маркса, д. 68*

Как известно, одним из актуальных направлений строительного материаловедения является создание новых видов композиционных строительных материалов, способных длительное время эксплуатироваться в различных агрессивных средах и климатических условиях. В частности, таким строительным материалом является серный бетон, состоящий из инертных заполнителей (с различной степенью прочности и дисперсности), выполняющих роль внутреннего каркаса, и собственно серы, расплав которой выступает в качестве связующей всей композиции с добавками различных модификаторов. Методом “горячей” технологии получены пятьдесят композиций серных бетонов и изучены их физико-механические свойства: прочность, плотность, водопоглощение и биостойкость. Установлено, что для получения серных бетонов с оптимальными характеристиками в составе композиций должны присутствовать сера (отход нефтеперерабатывающего комплекса) и два наполнителя с различной степенью дисперсности: кварцевый песок и золошлаковые отходы теплоэнергетического комплекса. Оптимальное содержание серы в композициях серных бетонов, необходимое для получения бетонов с максимальными физико-механическими характеристиками должно составлять 40% или 45% (по массе). Установлены основные закономерности изменения физико-механических характеристик серных бетонов в зависимости от варьирования состава композиций. Моделировался процесс биоповреждения композиций серных бетонов в модельных средах карбоновых кислот, соответствующих по составу культуральным жидкостям, продуцируемым плесневыми грибами родов *Aspergillus niger* и *Aspergillus fumigatus*. Установлено, что биостойкость серных композиций сопоставима с аналогичными значениями для портландцементных бетонов.

Установлено, что модификатор силикат натрия различным образом влияет на значения физико-механических характеристик и биостойкость серных бетонов. Сделан вывод о влиянии состава композиций на свойства серных бетонов и возможности их практического применения.

ХИМЗАЩИТНАЯ КОМПОЗИЦИОННАЯ МЕМБРАНА НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДОИМИДА

Сайфутдинова И.Ф.

*АО «Казанский химический научно-исследовательский институт»
119991, Казань, Сибирский тракт, 29
e-mail: isayfutdinova@mail.ru*

Новые задачи, выдвигаемые современными требованиями к уровню жизни, могут быть решены лишь на основе принципиально новых технологий и новых материалов. Особое место среди них занимают полимерные мембранные материалы, широко применяемые во многих отраслях промышленности¹.

Использование полимерных мембранных материалов для изготовления защитной одежды (защита от токсичного химиката и аварийно химически опасных веществ) – совершенно новое направление отечественной мембранной науки и технологии. Создание современной защитной одежды требует наличия, наряду с высокими защитными свойствами от газовой и жидкой фазы токсичного химического продукта, высоких физиолого-гигиенических характеристик.

Проведены исследования по разработке селективно-проницаемой полимерной композиционной мембраны с требуемым комплексом свойств, а именно - обеспечить требуемую защиту от токсичных химикатов при удовлетворительных физиолого-гигиенических характеристиках материала.

В настоящей работе получена полимерная композиционная мембрана, представляющая собой наполненную полимерную пленку на основе полиамидоимида. Применение высокомолекулярной добавки поливинилпирролидона, отличающейся гидрофильностью и совместимой с матричным полимером пленки, позволило разработать композицию, обладающую высокими защитными характеристиками по парам и жидкой фазе токсичного химиката и необходимыми для эксплуатации материала физиолого-гигиеническими свойствами (по паропроницаемости). По свойствам полученная мембрана сопоставима с образцами зарубежного производства, готова к применению без использования дополнительного сорбирующего слоя, сохраняет защитные характеристики при 100% увлажнении, а также имеет небольшой вес и толщину.

Литература

1. Платэ Н.А. Мембранные технологии – авангардное направление развития науки и техники XXI века. *Мембраны*. 2002, **1**, с. 2-12.

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ БЛАГОРОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Дресвянников А.Ф.^а, Ахметова А.Н.^а, Салмина О.А.^а

*^аКазанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68
e-mail: SalminaOA@corp.knrtu.ru*

Для повышения коррозионной стойкости титановых сплавов используют различные приемы поверхностной обработки. В данном исследовании представлен способ электрохимического поверхностного легирования благородными металлами (в частности, палладием) титанового сплава и экспериментально обоснован выбор режима электрохимического осаждения локальных наноразмерных покрытий.

Режим электродной поляризации титанового сплава марки BT1-0 оказывает существенное влияние на число зародышей на поверхности и толщину слоя элементного палладия. Методами растровой электронной микроскопии и Оже-электронной спектроскопии проводили исследования морфологии, элементного состава поверхности и приповерхностных слоёв, распределения элементов по толщине. Размер зародышей элементного палладия на поверхности образца титанового сплава BT1-0, выдержанного без поляризации в растворе, содержащем 1% Pd(II), составляет примерно 3 нм. Толщина слоя элементного палладия на образце титанового сплава, поляризованного постоянным током плотностью 2 мкА/см² в исследуемом растворе, достигает 6 нм. Образец титанового сплава, поляризованный слабым переменным током инфранизкой частоты в растворе, содержащем 1% Pd(II), имеет на поверхности слой элементного палладия толщиной 40-600 нм, неравномерно распределенный по его глубине. Методом Оже-спектроскопии установлен элементный состав образцов титанового сплава с модифицированной поверхностью: в порядке убывания содержания элементов по толщине поверхностного слоя они располагаются следующим образом – Pd, O, Ti.

Образцы титанового сплава с поверхностью, модифицированной палладием с помощью переменного и постоянного тока в исследуемом растворе, подвергали коррозионным испытаниям в среде соляной кислоты с концентрацией 5,0 М. Испытания показали, что наиболее коррозионно-устойчивым является образец с поверхностью, легированной с применением переменного тока.

ОСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК СУЛЬФИДА ЦИНКА ИЗ РАСТВОРОВ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ $[Zn(N_2H_4CS)_2Br_2]$ В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ МАРГАНЦА

Самофалова Т.В., Семенов В.Н.

*Воронежский государственный университет, 394018, Воронеж,
 Университетская площадь, 1,
 e-mail: TSamofalova@bk.ru*

Методом пиролиза аэрозоля водных растворов координационных соединений $[Zn(N_2H_4CS)_2Br_2]$ при температуре 450°C были синтезированы пленки ZnS, легированные ионами марганца с концентрацией 10^{-7} – 10^{-3} ат. %. В качестве активирующей добавки применяли бромид марганца (II). Образцы были исследованы методами оптической спектрофотометрии и фотолюминесцентной спектроскопии.

Изучение спектров поглощения осажденных образцов в области края фундаментального поглощения показало, что оптическая ширина запрещенной зоны E_g для нелегированного сульфида цинка составляет 3,55 эВ, а для пленок $ZnS:Mn^{2+}$ повышается от 3,58 эВ до 3,70 эВ с увеличением концентрации ионов марганца (таблица 1). Такое изменение E_g может быть обусловлено разупорядочением в катионной подрешетке сульфида и изменением зонной структуры ZnS при введении активирующей примеси марганца.

Таблица 1.

Концентрация ионов марганца, ат. %	0	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
Оптическая ширина запрещенной зоны, эВ	3,55	3,58	3,59	3,61	3,63	3,70

Спектры фотолюминесценции пленок ZnS представляют собой широкие сложные полосы, состоящие из нескольких элементарных полос с максимумами в диапазоне длин волн 470–490 нм, 510–520 нм, 570–600 нм и 710–750 нм. Введение примеси ионов марганца практически не изменяет положения элементарных полос и приводит к увеличению интенсивности свечения до 2,5 раз. Максимальная интенсивность фотолюминесценции наблюдается при концентрации активатора 10^{-3} ат. %.

Обнаруженные полосы люминесценции обусловлены центрами свечения на основе собственных и примесных дефектов: брома и кислорода, занимающих места серы; вакансий цинка, свободных и занятых ионами марганца.

ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗО-, КОБАЛЬТ- И НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ НАНОРАЗМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ИХ НАСЫЩЕННЫХ КАРБОКСИЛАТНЫХ СОЛЕЙ

Сапрыкин Р.В.¹, Семёнов С.А.¹, Джардималиева Г.И.²

¹МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова,
Москва, проспект Вернадского, д. 78, Россия

²ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, Черноголовка, Россия
e-mail: romaj47j@gmail.com

Наноразмерные частицы служат основой для многих уникальных материалов и находят широкое применение в преобразовании и хранении энергии, катализе, измерительных приборах, формировании изображений, в магнитных носителях с высокой плотностью записи информации на их основе, биомедицине и многих других¹.

Термолиз карбоксилатов предоставляет практически неограниченные возможности для создания разных типов нанокompозитов и является наиболее простым и распространенным способом, позволяющим ввести в полимерную композицию до 90 мас.% коллоидных частиц металла².

В настоящей работе методом термического разложения насыщенных карбоксилатов получены железо-, кобальт- и никельсодержащие нанокompозиты, в которых наночастицы распределены в матрице из аморфного углерода. Полученные продукты охарактеризованы с помощью методов элементного анализа, ИК-спектроскопии и РФА. Получены ПЭМ и СЭМ снимки металлсодержащих нанокompозитов, а также проведены магнитные исследования. Сделаны выводы о возможных областях применения полученных композитов.

Литература

1. Помогайло А.Д., Джардималиева Г.И. Металлополимерные гибридные нанокompозиты – М: Наука, 2015.
2. Помогайло А.Д., Джардималиева Г.И., Розенберг А.С. Термолиз металлополимеров и их предшественников как метод получения нанокompозитов // Успехи химии. 2011. Т. 80. № 3. С. 272.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-03-00237).

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$

Селянина А.Д.^а, Дёмина Д.А.^а, Маскаева Л.Н.^{а,б}, Марков В.Ф.^{а,б}

^а Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 19.

e-mail: n-kutyavina@mail.ru

^б Уральский институт ГПС МЧС России, 620137, Россия,

Екатеринбург, ул. Мира, 22

Наиболее распространёнными материалами для газовых сенсоров резистивного типа являются смешанные оксиды металлов. Однако такие сенсоры требуют подогрева до высоких рабочих температур 423-1173 К, что усложняет их конструкцию и увеличивает стоимость производства. Альтернативой данным материалам могут стать плёнки твердых растворов в системе CdS-PbS , полученные простым и экономичным методом химического осаждения. При этом обсуждаемые соединения обладают развитой поверхностью благодаря образованию различных дефектов, связанных с искажением решетки, что позволяет создавать на их основе датчики, чувствительные к токсичным газам, работающие при комнатной температуре (20-25° С).

Настоящая работа демонстрирует возможность использования сенсорных элементов на основе химически осажденных тонких пленок твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ для определения в воздушной среде содержания NH_3 при комнатной температуре. На рис. 1а приведена зависимость величины отклика (S) плёнок $\text{Cd}_{0.068}\text{Pb}_{0.932}\text{S}$, $\text{Cd}_{0.056}\text{Pb}_{0.944}\text{S}$ и $\text{Cd}_{0.040}\text{Pb}_{0.960}\text{S}$, полученных в присутствии 0.06, 0.08 и 0.10 моль/л CdCl_2 , от концентрации аммиака в исследуемой воздушной среде (14.3-800 мг/м³), а также изменение сопротивления пленки $\text{Cd}_{0.068}\text{Pb}_{0.932}\text{S}$ (рис. 1б) в условиях циклического напуска аммиака (1120 ppm) с последующей релаксацией на воздухе.

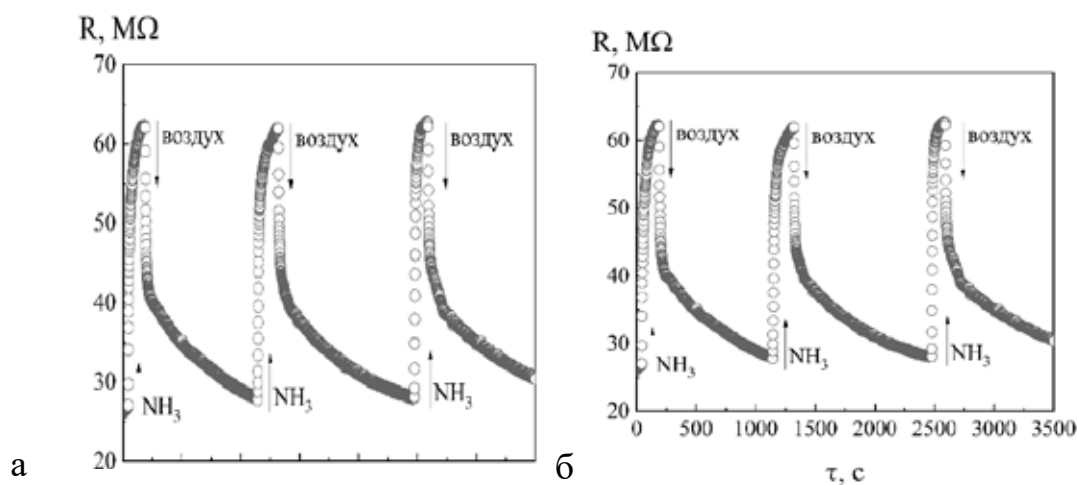


Рисунок 1. Зависимость величины отклика (S) (а) плёнок $\text{Cd}_{0.068}\text{Pb}_{0.932}\text{S}$ (1), $\text{Cd}_{0.056}\text{Pb}_{0.944}\text{S}$ (2) и $\text{Cd}_{0.040}\text{Pb}_{0.960}\text{S}$ (3). Изменение сопротивления плёнки $\text{Cd}_{0.068}\text{Pb}_{0.932}\text{S}$ (б) в присутствии 1120 ppm NH_3 в воздухе в условиях циклического изменения состава газовой фазы. Температура измерений – 25° С.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АЦЕТАТА КОБАЛЬТА

Семенов С.А.¹, Фионов А.С.², Сапрыкин Р.В.¹, Джардималиева Г.И.^{3,4}

¹МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова,
119454, Москва, проспект Вернадского, д. 78

²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
125009, Москва, ул. Моховая 11, корп. 7

³ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН,
142432, Черноголовка, Московская область, проспект ак. Семенова, д. 1

⁴Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 125993, Москва,
Волоколамское шоссе, д. 4
e-mail: srg.semenov@gmail.com

Материалы, содержащие наночастицы (НЧ), широко применяют в различных областях химии, физики, биологии, что стимулирует дальнейшие исследования целого ряда теоретических и практически значимых проблем [1]. Термические превращения металлосодержащих мономеров – это современный и эффективный метод получения нанокompозитов, позволяющий совместить в себе формирование высокодисперсных НЧ металлов со стабилизирующей их полимерной матрицей [2]. В представленной работе исследованы электрофизические свойства нанокompозитов, полученных в результате термического разложения ацетата кобальта [3]. С использованием экструдера получены пластины толщиной 1 мм, представляющие собой дисперсию кобальтсодержащего нанокompозита в полиэтилене высокого давления (ПЭВД). Содержание композита составляло 0, 10, 25, 35, 50 мас. %. Получены зависимости ϵ и $\tan \delta$ 0.003...0.07 при частотах $10^3 \dots 10^6$ Гц и с удельным объемным сопротивлением, сравнимым со значениями для ненаполненного ПЭВД.

Литература

1. Розенберг А.С., Джардималиева Г.И., Помогайло А.Д. // ДАН. 1997. Т.356. № 1. С. 66.
2. Pomogailo A.D., Dzhardimalieva G.I. Nanostructured Materials Preparation via Condensation Ways. London: Springer, 2014. 460 p. DOI: 10.1007/978-90-481-2567-8
3. Семенов С.А., Пронин А.С., Дробот Д.В. и др. // Российские нанотехнологии. 2019. Т. 14. № 11-12. С. 28. DOI: 10.21517/1992-7223-2019-11-12-28-34

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНА(IV) С АММИНОКОМПЛЕКСАМИ ПАЛЛАДИЯ(II)

Силаев Д.А., Волчкова Е.В., Никишина Е.Е.

*МИРЭА - Российский технологический университет,
119571, г. Москва, проспект Вернадского, д. 86.
e-mail: silaevdany@yandex.ru*

Порошки диоксида титана с иммобилизованными частицами благородных металлов представляют интерес, в частности, как катализаторы, в которых диоксид титана несет функцию носителя. Процесс получения таких материалов является довольно трудоемким и включает стадии получения носителя (диоксида титана), с последующей его пропиткой раствором соли металла и прокалкой. Цель работы состояла в получении палладийсодержащего диоксида титана путем совмещения процесса гидролиза титансодержащих продуктов с одновременной сорбцией катионных комплексов палладия(II) с последующей термической обработкой продукта.

Гидролиз соединений титана осуществляли взаимодействием аммиачного раствора, содержащего $[Pd(NH_3)_4]^{2+}$ - ионы, с титансодержащими соединениями: изопропоксидом или тетрахлоридом титана(IV). В обоих случаях наблюдалось мгновенное образование белых осадков. Предположительно, комплексы палладия в процессе гидролиза сорбируются свежесоздаваемым гидратированным оксидом титана. При этом из раствора, полученного взаимодействием с изопропоксидом титана, палладий извлекается в осадок количественно ($E_{Pd} > 99,5\%$); с тетрахлоридом титана в тех же условиях эксперимента примерно на 60%. Исследование термической стабильности высушенных образцов показало, что разложение продуктов протекает в ряд трудноразделимых стадий, конец разложения в случае исходного соединения тетрахлорида титана наступает при $750\text{ }^{\circ}\text{C}$; в случае изопропоксида титана - в диапазоне температур $480\text{--}750\text{ }^{\circ}\text{C}$ масса продукта разложения стабильна, что позволяет существенно снизить температуру последующей термообработки.

Фазовый состав продуктов термического разрушения при $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ представлен металлическим палладием ($Fm\bar{3}m$) и TiO_2 в форме рутила, однако конечный продукт, полученный с использованием изопропоксида титана дополнительно содержит фазу анатаза. Изотермическая выдержка при температуре $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ вещества, полученного с использованием изопропоксида титана, позволила получить продукт, в котором диоксид титана представлен только модификацией анатаза, которая для каталитического назначения материала более предпочтительна в качестве носителя.

«Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП РТУ МИРЭА при поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения №075-15-2021-689 от 01.09.2021 г.» в рамках инициативной темы 194-ИТХТ

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АЛЮМИНИЕВЫЙ СПЛАВ – ТИТАНОВЫЙ ПОРОШОК

Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.

*Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской Академии Наук,
620108, г. Екатеринбург, ул. Первомайская 91,
e-mail: skachkov@ihim.uran.ru*

Металломатричные композиционные материалы (ММК), за счет уникальных свойств перспективны для промышленности¹. Часто порошковая металлургия применяется для изготовления лигатур, в т.ч. Al-Ti^{2,3}. Используя порошок Ti, в Институте были получены ММК (табл.1).

Таблица 1. Микротвердости исходных и новых материалов

Исходный сплав, микротвердость, HV, ГПа.		Композиционный сплав	После центрифугирования	
			Содержание Ti, мас.%	Микротвердость, HV, ГПа.
1421	1.33	1421-Ti	3.2	1.71
1570	1.03	1570-Ti	6.4	2.60
A99	0.39	Al-Ti	14.8	2.10

При длительном взаимодействии Ti с расплавленным Al образуются частицы интерметаллического соединения (ИМС) – Al₃Ti, которые увеличивают вязкость расплава до пастообразного состояния, что препятствует получению ММК. По мнению авторов, оптимальным способом получения ММК является введение металлического порошка Ti в Al расплав инъекцией инертным газом, с последующим центрифугированием расплава. На поверхности Ti порошка формируется пленка ИМС, имеющая повышенную плотность (Al – 2.7, Al₃Ti – 3.5, Ti – 4.5 г/см³), что позволяет концентрировать Ti за счет центробежных сил, и на дне тигля формируется ММК, его характеристики регулируются количеством вводимого порошка Ti и скоростями вращения центрифуги.

Литература

1. Арсланов М.А., Юлтыева Ю.С., Тюсенков А.С., Назаров К.С., Бугай Д.Е. *I Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы защиты от коррозии нефтегазового оборудования и трубопроводов»*, 2023, Уфа, 21.
2. Сафронов Н.Н., Харисов Л.Р., Фазлыев М.Р. *Наукоемкие технологии в машиностроении*, 2022, **3**, 3.
3. Сизяков В.М., Бажин В.Ю., Савченков С.А., Косов Я.И., Кашин Д.А. *Патент 2636212 РФ*, 2017.

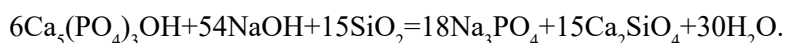
Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН (№ АААА-А19-119031890028-0).

ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТОДЫ ЭКСТРАКЦИИ ФОСФОРА

Скачков В.М.

*Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской Академии Наук,
620108, г. Екатеринбург, ул. Первомайская 91,
e-mail: skachkov@ihim.uran.ru*

Современная технология извлечения фосфора и производства фосфорной кислоты из минерального сырья применяет два принципиальных подхода: 1) сернокислотная экстракция; 2) термические методы восстановления с последующим улавливанием возгонов фосфора. У технологий присутствуют серьезные недостатки: отходы производства и возможные несанкционированные выбросы вредных веществ в окружающую среду. Безотходная технология переработки апатитов возможна с применением щелочных технологий, ориентированных на получение фосфатов щелочных металлов в виде водных растворов для использования в качестве удобрений, и нерастворимых силикатов кальция для химической или строительной промышленности. Исследования показали, что апатиты в присутствии SiO_2 разлагаются в растворе NaOH при температуре $>250^\circ\text{C}$, по реакции:



Выщелачивание проводили в автоклавной установке Parr 4560 (США), время 3 часа, извлечение фосфора в раствор $>90\%$. Нерастворимый остаток (рис.1 а) состоял из силикатов кальция игольчатой структуры.

Для получения фосфатов калия нужны более высокие температуры. Апатит спекался в муфельной печи с SiO_2 и KOH при температуре 400°C в течение 4 часов, а далее выщелачивался горячей водой. В раствор перешло $>80\%$ фосфора, в нерастворенном остатке (рис.1 б) смесь силикатов кальция.

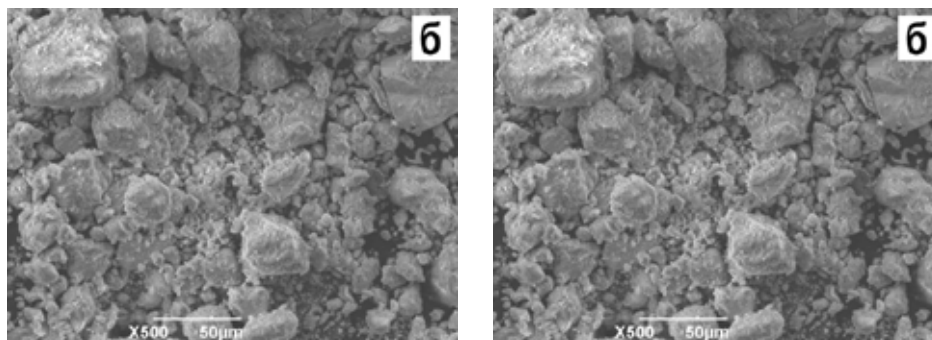


Рисунок 1. Микрофотографии образовавшихся силикатов кальция: а – по автоклавной технологии выщелачивания в растворе NaOH ; б – по технологии спекания с KOH и последующим выщелачиванием водой

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН (№ АААА-А19-119031890028-0).

ПРОИЗВОДНЫЕ ТЕРЕФТАЛЕВОЙ И ПИРОМЕЛЛИТОВОЙ КИСЛОТ С СИНТОНАМИ ОКСАДИАЗОЛА И ПРОГНОЗ КОЛОНЧАТОГО МЕЗОМОРФИЗМА

Смирнова А.И., Аكوпова О.Б., Бумбина Н.В., Жарникова Н.В., Усольцева Н.В.

Ивановский государственный университет,
153025, ул. Ермака, д. 39,
e-mail: antonia_smirnova@mail.ru

Терефталевая и пиромеллитовая кислоты находят применение как в производстве полимерных материалов, так и в синтезе новых соединений с жидкокристаллическими, люминесцентными и гелеобразующими свойствами, востребованными в наноэлектронике, сенсорике и др. приборной технике^{1,2}. Актуально расширение базы подобных соединений. Нами осуществлен молекулярный дизайн, моделирование и прогноз колончатого (Col) мезоморфизма производных терефталевой и пиромеллитовой кислот **I**, **II** (рис. 1), содержащих синтоны оксадиазола, которые способствуют проявлению флуоресцентных свойств. Прогноз возможности формирования Col-мезофаз выполнен с использованием метода молекулярных параметров (ММП)³ по двум алгоритмам.

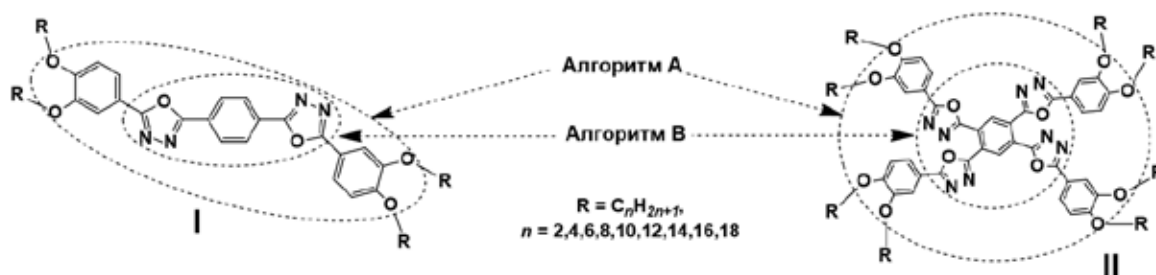


Рисунок 1. Производные терефталевой **I** и пиромеллитовой **II** кислот и алгоритмы деления их структур на центр и периферию для расчета молекулярных параметров, используемых при прогнозе колончатого мезоморфизма по методу ММП

Расчеты по *алгоритму А* показали, что формирование Col-мезофаз наиболее вероятно у гомологов **I** и **II** с $n = 10-18$. Согласно *алгоритму В* положительный прогноз получен для **I** ($n = 8-14$) и **II** ($n = 4-8$). Проводится проверка прогноза путем синтеза отдельных гомологов.

Литература

1. Аكوпова О.Б., Жарникова Н.В., Смирнова А.И., Бумбина Н.В., Усольцева Н.В. Свид. о гос. регистрации базы данных БД № 2024620435. ФГБОУ ВО ИвГУ, 2024 (8 МБ).
2. Huang Y., Zhang X., Cui W., Wang X., Li B., Zhang Y., Yang J. New J. Chem., 2020, 44, 614.
3. Аكوпова О.Б., Жарникова Н.В., Смирнова А.И., Бумбина Н.В., Усольцева Н.В. Сб. статей Межд. науч.-исслед. конкурса: Научные Достижения Высшей Школы. Изд-во. Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2021, с. 160 (С. 83–96). (DOI: 10.46916/28012021-978-5-00174-121-3).

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ № FZZM-2023-0009.

ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ ЗОЛОТОМ ТОНКОЙ ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВА МЕДЬ-НИОБИЙ

Солонин М.Д., Ягодкин И.М., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А.

*ФГБОУ ВО Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
 Россия, Москва, Миусская пл., д. 9, 125047
 e-mail: soloninmixa@gmail.com*

Отражающее полотно современных складных трансформируемых антенн представляет собой плоский текстильный материал, сотканный из металлических нитей (тонких проволок) с золотым покрытием толщиной 0,2-0,3 мкм.¹ Такая конфигурация изделия способна обеспечить работоспособность антенны в Ka диапазоне с высокой эффективностью отражения радиосигнала 97-99%. Кроме того, полотно очень легкое, гибкое и эластичное, что обеспечивает многократное складывание антенны без снижения рабочих характеристик изделия. В качестве материала для создания сетеполотен подходит проволока из сплава медь-ниобий с золотым гальваническим покрытием.

Наноструктурированные микропровода из сплава медь-ниобий являются очень практичным материалом для создания из них сетеполотен. В сравнении с медью, временное сопротивление разрыву которой составляет 250-350 МПа, сплав медь-ниобиевого нанокompозита обладает временным сопротивлением разрыву наравне со сталью, порядка 1200-1500 МПа, а электрическое сопротивление на уровне 55-75% IACS.²

Перед исследователями была поставлена задача разработать непрерывный процесс очистки и металлизации тонкой проволоки из сплава медь-ниобий при перематывании с одной катушки на другую. Необходимым условием для металлизации была минимальная линейная скорость движения проволоки, которая составляет не менее 20 м/мин.

Установлен оптимальный режим золочения при скорости проволоки 20 м/мин: плотность тока 12,5-15,0 А/дм², время электролиза 3 с, температура электролита 20-25°C. Электролит золочения (г/л): 81 лимонная кислота (рН корректировался КОН до 4,7 единиц), 35 дицианаурат калия.

Литература

1. Бабкова Е.С. Разработка технологии изготовления отражающих поверхностей трансформируемых антенн из металлотрикотажных сетеполотен с увеличенными размерами ячеек. дис. ... канд. техн. наук. М., 2020. 148 с
2. Композитный высокопрочный провод с повышенной электропроводностью: пат. № 2417468. Рос. Федерация / Панцырный В.И., Хлебкова Н.Е., Дробышев В.А., Беяков Н.А., Потапенко И.И., Судьев С.В., Зиновьев В.Г. - 201012475; заявл. 27.01.2010; опубл. 27.04.2011. 10 стр.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДИФфуЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ZrO_2

Киселевич А.Г.^а, Соснов Е.А.^а, Белоусова О.Л.^б, Малков А.А.^а

^аСанкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект 26,
e-mail: sosnov@lti-gti.ru

^бИнститут химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской
Академии Наук, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова 2

Развитие технологий создания наноструктур и нанопокровов на поверхности твердого тела, позволяющих изменять свойства исходной матрицы, нуждается в разработке методик анализа строения и состояния поверхности материала. Одним из перспективных материалов, представляющих интерес в качестве термо- и химически стойкой матрицы, является диоксид циркония. Однако строение поверхности ZrO_2 и ее активность в реакциях, обеспечивающих формирование поверхностных наноструктур и нанослоев, вследствие полиморфизма диоксида изменяются, что требует разработки методов, чувствительных к различиям в строении поверхности материалов. В данной работе рассмотрено применение электронной спектроскопии диффузного отражения (ЭСДО), позволяющей оценивать координационное состояние атомов в составе тонкого ($1,5-2 \text{ нм}^1$) приповерхностного слоя в процессе полиморфного превращения диоксида циркония.

Исследования осуществляли на порошке ZrO_2 , полученном аммиачным осаждением из раствора оксинитрата циркония, подвергнутом для удаления с поверхности всех форм сорбированной воды и полной кристаллизации аморфной составляющей диоксида, отжигу при $300-1300^\circ\text{C}$. Фазовый состав образцов контролировали РФА. Из спектров ЭСДО, полученных на спектрофотометре Specord M40 (Carl Zeiss, Германия) с фотометрическим шаром, в области границы фундаментального поглощения выделены полосы, описываемые распределением Ферми-Дирака², отвечающие межзонным переходам в приповерхностной области ZrO_2 .

Выделенные спектральные переходы отвечают координационным состояниям атомов Zr в составе моноклинной ($\sim 5,05 \text{ эВ}$) и тетрагональной ($\sim 4,65 \text{ эВ}$) модификаций ZrO_2 . Установлено формирование в запрещенной зоне уровней ZrO_2 , отвечающих образованию кислородных вакансий, и предложены схемы зонной структуры двух полиморфных форм ZrO_2 .

Литература

1. Малков А.А., Кукушкина Ю.А., Соснов Е.А., Малыгин А.А. *Неорганические материалы*, 2020, **56**(12), 1303.
2. Соснов Е.А., Малков А.А., Малыгин А.А. *Журнал физической химии*, 2009, **83**(4), 746

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЮСНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ И СИСТЕМ (ПМЭС) ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА РАЗЛИЧНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ТИТАНА И ЖЕЛЕЗА

Стрекалов С.Д.

Волгоградский государственный технический университет,
400131, Волгоград, просп. им. В.И. Ленина, 28
e-mail: strekalov_sergey@mail.ru

В представленном материале рассматривается возможность использования полюсных моделей и элементов [1] для прогнозирования аккумуляирования водорода различными соединениями титана и железа.

При сравнении по удельным атомным массам получаем, удельная масса молекулы TiFe, представленная в виде однополюсной молекулы титана и двухполюсной молекулы железа составляет 103,7, она аккумулирует один атом водорода.

Удельная масса молекулы Ti₂Fe представленная в виде трехполюсной молекулы титана и трехполюсной молекулы железа, составляет 151,6, она аккумулирует шесть атомов водорода. Т.е. при сравнении по удельным атомным массам увеличение количества водорода в молекуле Ti₂Fe в 4,06 раза больше, чем в молекуле TiFe.

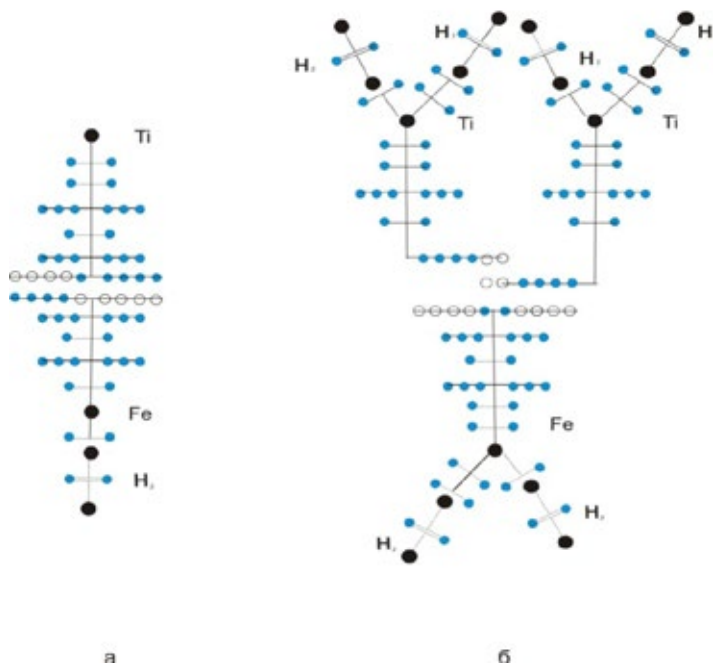


Рис.1 - Полюсные модели аккумуляирования водорода различными соединениями титана и железа : а) TiFe, б) Ti₂Fe

Полученные данные согласуются с экспериментальными исследованиями, приведенными в работе [2].

Литература

1. Стрекалов С.Д. Физическая химия: полюсные модели элементов и систем, монография печатная Федер. гос. бюдж. образов. учрежд. ВПО «Волгогр. гос. ун-т», - 2-е изд., перер. и дополн. - Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2011. - 136с.
2. Крохалев А.В., Харламов В.О., Черников Д.Р., Тужиков О.О., Кузьмин С.В., Лысак В.И. Исследование влияния содержания титана на водородсорбционные свойства материалов системы (титан-железо). Известия Волгоградского технического университета, № 7(266)-2022. - С.7-12.

ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ P – As

Сушкова Т.П., Семенова Г.В.

*Воронежский государственный университет,
394066 г. Воронеж, Университетская пл., 1,
e-mail: sushtp@yandex.ru*

В последнее время в связи с огромным интересом к слоистым структурам, в частности к ромбической модификации фосфора (черный фосфор), появились новые результаты исследования как собственно пниктогенов, так и систем, образованных ими^{1,2}. При попытке получить ромбические модификации фосфора и мышьяка² было показано взаимное влияние компонентов на возможность формирования различных аллотропных форм. Этот факт приводит к разногласиям в трактовке характера фазовых равновесий в двойной системе P – As. Общепринятой является версия, согласно которой в системе имеется промежуточная бертоллидная фаза, плавящаяся по перитектической схеме³. В то же время имеются данные⁴, согласно которым в системе P – As существуют ограниченные твердые растворы на основе компонентов, однако особенность эксперимента состояла в том, что сплавы получали в присутствии металлической ртути, которая уже при обычном давлении катализирует процесс образования черного фосфора ромбической структуры.

В настоящей работе исследование методом рентгенофазового анализа смеси аморфного красного фосфора и серого мышьяка, взятых в соотношении 1:2, показало, что уже после 50 часов отжига при температуре 773K в образцах фиксируется наличие ромбической фазы на основе структуры черного фосфора. В полученных охлаждением из расплава образцах с содержанием мышьяка 85 мол. % помимо этой фазы присутствует β-твердый раствор на основе мышьяка с ромбоэдрической структурой, причем концентрация фосфора в нем составляет не более 3 мол. %. В образцах с содержанием фосфора 36 и 60 мол. % эта фаза отсутствует. Установлено, что мышьяк способствует кристаллизации фосфора, при этом формируется моноклинная структура фиолетового фосфора (фосфор Гитторфа), которая может выполнять роль промежуточной стадии перехода к ромбической модификации фазы твердого раствора мышьяка в черном фосфоре (γ). Методом дифференциального термического анализа установлена температура фазового превращения с участием ромбической фазы 960 K, что соответствует протеканию нонвариантного перитектического процесса $L + \beta \leftrightarrow \gamma$.

Литература

1. Xinpeng H. [et al.] Adv. Funct. Mater. 2018, 28, 1803471
2. Osters O. [et al.]. Angewandte Chemie, 2012, 51, 2994.
3. Угай Я.А., Семенова Г.В., Гончаров Е.Г. Журнал неорганической химии, 1981, 26, 2218.
4. Krebs H., Weitz H., Worms K.H. Ztschr. anorg. und allg. Chem., 1955, 280, 119.

ВЛИЯНИЕ СМЕСЕВОГО ИНГИБИТОРА НА СКОРОСТЬ СЕРОВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ Ст3 В СРЕДЕ NACE

Таныгина Е.Д., Клевцов В.В., Комаров И.В.

Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
392000, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33
e-mail: tanhe@mail.ru

Самым распространённым методом защиты оборудования от сероводородной коррозии в газовой промышленности является ингибиторная защита. В данной работе посредством импедансной спектроскопии в диапазоне частот 10 кГц - 0,05 Гц с амплитудой переменного напряжения 10 мВ (электрохимический измерительный комплекс фирмы Solartron (Великобритания), состоящий из анализатора импеданса SI 1255 и потенциостата SI 1287; Pt - вспомогательный электрод, электрод сравнения хлоридсеребряный) изучено влияние ингибитора имидазолинового ряда, включающего тиоспирты и замещённые амины углеводородного ряда C6-C10, на скорость коррозии Ст3 в среде NACE (NaCl – 5 г/л; CH₃COOH - 0,25 г/л) в присутствии 400 мг/л H₂S. Анализ годографов импеданса на стальном электроде проводили с помощью эквивалентной схемы, представленной на рисунке 1.

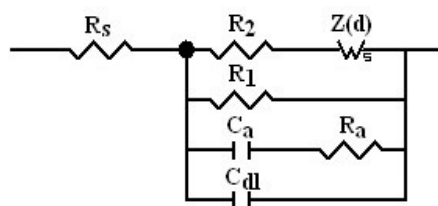


Рисунок 1. R_s – сопротивление раствора, C_{dl} – емкость двойного электрического слоя, R_1 – сопротивление переноса заряда в анодном процессе, C_a , R_a – емкость и сопротивление адсорбции промежуточных соединений анодной реакции. Катодному процессу отвечает последовательное соединение сопротивления переноса заряда R_2 и диффузионного импеданса Z_D .

Защитный эффект Z ингибитора рассчитывали по уравнению:

$$Z, \% = 100[(R_{1, \text{инг}} - R_{1, \text{NACE}} / R_{1, \text{инг}})],$$

где $R_{1, \text{NACE}}$ и $R_{1, \text{инг}}$ – сопротивление переноса заряда в анодной реакции в среде NACE и ингибированном растворе соответственно.

Показано, что емкость двойного электрического слоя снижается при повышении концентрации ингибитора ($C_{\text{инг}}$), что, вероятно, обусловлено адсорбцией его компонентов. При $C_{\text{инг}}$ 25 ... 200 мг/л, Z растет от 35 до 60 %. В присутствии 400 мг/л H₂S в среде NACE при $C_{\text{инг}} = 200$ мг/л сопротивление переноса заряда в анодном процессе заметно увеличивается, соответственно растет Z ингибитора.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕТОПОГЛОЩАЮЩЕГО НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩЕГО ПОКРЫТИЯ

**Толмачев Я.В., Медынская А.В., Абрашов А.А.,
Григорян Н.С., Ваграмян Т.А.**

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047 г. Москва, Миусская пл., д.9;
e-mail: vetolmyan@gmail.com*

Чёрные никельсодержащие покрытия имеют некоторые недостатки, такие как низкая коррозионная стойкость, пластичность и слабое сцепление с основным металлом, особенно при нанесении на сталь¹.

Несмотря на то, что в литературе имеются некоторые данные по влиянию концентрации исходных компонентов и органических добавок на состав и свойства получаемых покрытий, механизм осаждения «черного» никеля детально не исследован.

В настоящей работе исследована возможность осаждения при стационарном и ступенчатом токовом режиме осаждения «черных» никельсодержащих покрытий с добавлением органических добавок – сахарина и глицина. Была подобрана оптимальная концентрация добавок для электролита – 0,2 г/л сахарина и 1,5 г/л глицина.

Выявлено, что при стационарном режиме, как и при ступенчатом режиме, получают равномерно осажденные покрытия.

Показано, что «черные» никелевые покрытия, осажденные данным способом, содержат в своем составе в основном цинк (59 %), никель (28 %) и серу (13 %).

Установлено, что в состав «черного» никелевого покрытия, осажденного в этих условиях, входят металлический никель, а также сульфиды никеля и цинка.

Обнаружено, что коррозионная стойкость, цветовые характеристики и стойкость к истиранию черных никельсодержащих покрытий, полученных данным способом, несколько выше, чем у черных хромовых покрытий и никельсодержащих покрытий без добавления органических добавок. При этом осаждённые покрытия имеет более однородное распределение и обладает меньшим количеством видимых дефектов.

Литература

1. Абрашов А.А., Толмачев Я.В., Григорян Н.С., Чуднова Т.А. *Черные металлы*, 2023, 8, 41-47.

ГРАФЕН-КЕРАМИЧЕСКИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТЫ ШИРОКОГО СПЕКТРА НАЗНАЧЕНИЯ

Трусова Е.А.^а, Афзал А.М.^а, Пономарев И.В.^а, Артемова А.Д.^{а,б}

^аИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук,
119334, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 49,
e-mail: trusova03@gmail.com

^бРоссийский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

В последнее время в ИМЕТ РАН разработан технологически приемлемый и экономичный способ получения наноструктурированных композитов на основе оксидов металлов (Al, Ce, Zr) и бескислородного графена, предназначенных для получения функциональных керамических материалов широкого спектра назначения. Он основан на сочетании золь-гель и сонохимического методов получения наноструктурированных графен-керамических композитов с равномерным распределением малослойного графена (1-3 нм) при его содержании менее 0.5-1.5 мас. %.

Работа касается как исследования механизма формирования и комплексной характеристики композитных нанопорошков и спеченных материалов. Для характеристики были использованы следующие инструментальные методы: просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), спектроскопия комбинационного рассеяния света, инфракрасная спектроскопия, спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой области, рентгеновская дифракция, ПЭМ высокого разрешения (ПЭМВР), дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия. По морфологическим и физико-химическим характеристикам полученные композиты отвечают требованиям, предъявляемым к материалам нового поколения для накопления и хранения энергии. Разрабатываемые композиты являются перспективными для создания на их основе новых материалов широкого спектра назначения: электродов с повышенными электрохимической каталитической активностью и селективностью, (био)сенсоров, высокоомощных суперконденсаторов, (фото)катализаторов, теплозащитных покрытий, носителей катализаторов, твердооксидных топливных элементов, матриц для иммобилизации белка (для векторной доставки лекарственных форм), транзисторов. Новизна и оригинальность полученных результатов подтверждена рядом публикаций в высокорейтинговых изданиях и патентами РФ.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00320-24-00 при финансовой поддержке РФФИ, грант № 19-03-00554а, и программы УМНИК, договор № 17425ГУ/2022.

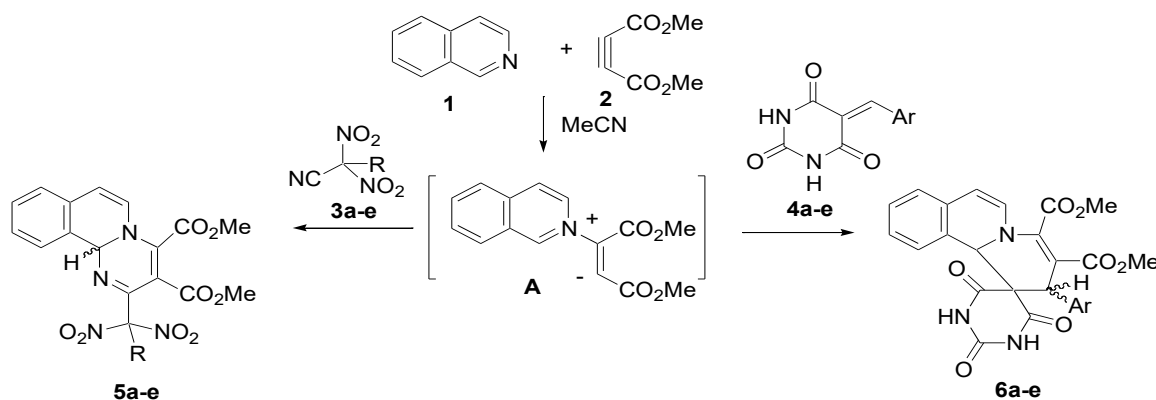
5-(АРИЛМЕТИЛИДЕН)-2,4,6-ПИРИМИДИН(1H,3H,5H)-ТРИОНЫ И ДИНИТРОАЦЕТОНИТРИЛЫ В РЕАКЦИИ ТЕХКОМПОНЕНТНОЙ ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИИ С ИЗОХИНОЛИНОМ В ПРИСУТСТВИИ ДИМЕТИЛБУТ-2-ИНДИОАТА

Тырков А.Г.,^а Юртаева Е.А.,^б Утяганова Е.В.,^б Харитонов О.В.^б

^аАстраханский государственный университет им. В.Н. Татищева,
e-mail: 414000, Астрахань, пл. Шаумяна 1,
e-mail: tyrkov@rambler.ru

^бПятигорский медико-фармацевтический институт-филиал
Волгоградского государственного медицинского университета
357532, Россия, Ставропольский край, г. Пятигорск, пр. Калинина 11

Нами установлено, что взаимодействие дипольрофильных соединений **3** или **4** с 1,3-диполем **A**¹, генерированным из изохинолина **1** в присутствии диметилбут-2-индиоата **2** завершается образованием диастереоизомерных замещенных диметил-2-динитрометил-11*в*H-пиримидо[2,1-*а*]изохинолин-3,4-дикарбоксилатов **5 а-е** из соединений **3 а-е** или диметил-2-арил-1,1*в*-дигидро-2*Н*-спиро[пиримидин-5,1'-пиридо[2,1-*а*]изохинолин-2,4,6 (1*Н*,3*Н*,5*Н*)-трион]-3,4-дикарбоксилатов **6 а-е** из соединений **4 а-е** с выходом 60-70 %.



3,5 R=NO₂ (**a**), CO₂Et (**b**), CO₂Me (**c**), Cl (**d**), F (**e**)

4,6 Ar=Ph (**a**), 4-MeOC₆H₄ (**b**), 4-ClC₆H₄ (**c**), 3-NO₂C₆H₄ (**d**), 4-MeC₆H₄ (**e**)

Структура целевых соединений **5 а-е** и **6 а-е** установлена методами ИК, ¹H, ¹³C спектроскопии, масс-спектрометрией, а состав - данными элементного анализа.

Полученные соединения можно рассматривать в качестве потенциальных биологически активных соединений, проявляющих противотуберкулезную и противолепрозную активности².

Литература

1. Adlu M., Yavari I. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, 2023, **37**, 115.
2. Граник В.Г. Основы медицинской химии. - М.: Вузовская книга, 2001. - 278с.

ТЕРМОСТОЙКАЯ КЕРАМИКА ИЗ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПРЕКУРСОРОВ

Ульянова Т.М.,^а Витязь П.А.,^б Крутько Н.П.^а, Овсенко Л.В.

^аИнститут общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси,
 ул. Сурганова 9/1,
 e-mail: ulya@igic.bas-net.by

^б Президиум Национальной академии наук Беларуси,
 220072, Минск, пр. Независимости 66

Керамика из ZrO_2 используется, в машиностроении, космической технике, огнеупорах, в ювелирных изделиях и медицине. Однако стоимость ее высока, а полиморфизм при перепаде температур вызывает разрушение изделий. Это заставляет сочетать ZrO_2 с другими тугоплавкими соединениями, которые повысили бы свойства керамики и понизили ее цену. Целью исследования было получить 3х-компонентную керамику из наноструктурных прекурсоров (игольчатых порошков) сложного состава: $Al_2O_3-ZrO_2-MgO$ и $Al_2O_3-(ZrO_2-Y_2O_3)$ с переменным соотношением компонентов: от 98:1:0,5 до 85:10:2,5 (1-ая система) и от 20:(80) до 80:(20) (2-ая система). Прекурсоры получали путем пропитки целлюлозных нитей в растворах солей с последующим удалением полимерной матрицы по заданной температурной программе.¹ Синтезированные игольчатые порошки состояли из кристаллитов оксидов размером 7-10 нм. Агломераты частиц измельчали, рассеивали по фракциям, образцы формовали при давлении 500 Мпа и отжигали при 1580-1600°C. Изучали их кристаллическую и микроструктуру, определяли физико-механические свойства.

Al_2O_3 при отжиге блокировал рост кристаллитов ZrO_2 , их размер не превышал 55-60 нм, что повышало плотность керамики до 98,5%. Выше 1500°C незначительная часть оксида магния реагировала с Al_2O_3 , образуя прослойки шпинели на поверхности игольчатых частиц, что упрочняло связь на границе фаз. Трибологический эксперимент показал, что износ керамики из нанопорошков в 1,5 - 2 раза ниже, чем у аналогичной керамики из микронных промышленных порошков. У керамических образцов высокая химстойкость, при кипячении их в течение 1ч в растворах 20% HCl и 35% NaOH потеря массы составила 0,01-0,08%. Керамические композиты термостойкие, выдерживают 50 циклов 900/10°C (вода) без выхода из строя, что позволяет рекомендовать их в качестве фильтров, защитных слоев, носителей катализаторов и компонентов машин при работе в агрессивных газообразных и жидких средах при повышенной температуре.

Литература

1. Ulyanova T. M., Krut'ko N. P., Vityaz P. A., and Titova L. V., J. Nanosci. Nanotechnol. 2011, **11**, N 3, 2107.

Работа выполнена по программе ГКПНИ «Нanomатериалы и нанотехнологии», проект 2.08.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ $K, Al//SO_4, F-H_2O$ ПРИ $0^\circ C$

Усмонов М.Б., Мухторов П.А.

Таджикский государственный педагогический университет им. С.Айни,
г. Душанбе
e-mail: parvizm1993@mail.ru

В работе рассмотрены результаты исследования фазовых равновесий четырёхкомпонентной системы $K, Al//SO_4, F-H_2O$ при $0^\circ C$ методом трансляции [1,2]. Данная четырёхкомпонентная система является составной частью более сложной многокомпонентной системы $K, Ca, Al//SO_4, F-H_2O$ закономерности фазовых равновесий в которой определяют условия утилизации жидких отходов промышленного производства алюминия. Как показывает анализ литературы [3], что данная четырёхкомпонентная система $K, Al//SO_4, F-H_2O$ ранее не была исследована.

Согласно методу трансляции для установления состояния фазовых равновесий системы $K, Al//SO_4, F-H_2O$ при $0^\circ C$ необходимо знание состояния фазовых равновесий составляющих данную четырёхкомпонентную систему трёхкомпонентных систем: $K_2SO_4-Al_2(SO_4)_3-H_2O$, $K_2SO_4-KF-H_2O$. Согласно данным литературы из этих трёхкомпонентных систем методом растворимости исследованы системы $Al_2(SO_4)_3-AlF_3-H_2O$ [4] и AlF_3-KF-H_2O [5] для которых при $0^\circ C$ установлены две невариантные точки с равновесным твёрдыми фазами: $Ar+Al\cdot 18$ (для первой системы) и $Ar+Kb$, (для второй системы). Если трёхкомпонентные системы $Al_2(SO_4)_3-AlF_3-H_2O$ [4] и AlF_3-KF-H_2O принять как простые эвтонические, то для них будут характерны по одной невариантной точки с равновесными твёрдыми фазами: $Al\cdot 18+Fa$ и $Fa+Kb$, соответственно.

Соответствующие тройные невариантные точки с характерными для них равновесными твёрдыми фазами скомпонованы в табл.

Таблица

Равновесные твёрдые фазы невариантных точек системы $K, Al//SO_4, F-H_2O$ при $0^\circ C$ на уровне трёхкомпонентного состава

Невариантная точка	Равновесные твёрдые фазы	Невариантная точка	Равновесные твёрдые фазы
Система $K_2SO_4-Al_2(SO_4)_3-H_2O$,		Система $Al_2(SO_4)_3-AlF_3-H_2O$	
E_3^3	$Ar+Al\cdot 18$	E_3^3	$Al\cdot 18+Fa$
Система $K_2SO_4-KF-H_2O$		Система AlF_3-KF-H_2O	
E_4^3	$Ar+Kb$	E_4^3	$Fa+Kb$

В таблице E обозначает невариантную точку, где верхний индекс – компонентность системы, а нижний – индекс порядковый номер точки. Приняты следующие условные обозначения равновесных твёрдых фаз: Ar – арканит K_2SO_4 ; $Al\cdot 18$ – $Al_2(SO_4)_3$; Kb – кароббит KF ; Fa – AlF_3 .

Литература

1. Солиев Л. Деп. в ВИНТИ АН СССР 20.12.87 г, № 8990 – В87.
2. Горощенко Я.Г. Солиев Л. // Журн. неорг. химии. 1987. Т.32. №7. с.1676.
3. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. Т. 2., кн. 1-2. СПб: Химиздат, 2004, 1248 с.
4. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. Т. 1., кн. 1-2. СПб: Химиздат, 2003, 1151 с.
5. Мухторов П.А. Фазовые равновесий системы $K, Ca, Al//SO_4, F-H_2O$ при температуры $0oC$ / П.А. Мухторов // Весник ТНУ, серия Естественных наук - 2023 №3 - С. 226 – 234.

ВЛИЯНИЕ ВИДА ПОРИСТОГО НОСИТЕЛЯ НА ТЕКСТУРНЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДА ЦИНКА

**Козлов Л.С.^а, Ухин К.О.^б, Савастьянова М.А.^б,
Вальцифер В.А.^б, Стрельников В.Н.^б**

^а ФКП «Пермский пороховой завод», 614113, Пермь, ул. Гальперина, 11

^б «Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук» – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, 614068, Пермь, ул. Академика Королева, 3,
Ukhin_k@mail.ru

Оксид цинка является одним из ключевых компонентов резиновой и шинной промышленности¹. Ввиду экологических ограничений, актуальной задачей является снижение содержания оксида цинка в составе резиновой смеси, одновременно с сохранением его функции и эффективности действия, как активатора процесса вулканизации². Одним из возможных способов решения данной проблемы является использование нанодисперсных частиц оксида цинка, высаженных на поверхность дисперсного пористого носителя. Данный подход позволит уменьшить дозу металлооксидного активатора вулканизации в составе смеси, повысив при этом эффективность его действия за счет более высокой удельной поверхности, а также решить проблему агломерации нанодисперсных металлооксидных частиц.

В настоящей работе сообщается о результатах исследования влияния вида пористого носителя на текстурные и структурные свойства оксида цинка, высаженного на его поверхность в виде нанодисперсных частиц.

Литература

1. Mostoni S., Milana P., Di Credico B., D'Arienzo M., Scotti R. *Catalysts*, 2019, **9**, 664-686.
2. Sanpradit P., Byeon E., Lee J-S, Peerakietkhajorn S. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 2023, **273**, 109720

ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОПОРОШКОВ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПСЕВДОСПЛАВОВ СО СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ЧАСТИЦ ИЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Фадеев А.А., Самохин А.В., Алексеев Н.В., Дорофеев А.А., Синайский М.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт металлургии
и материаловедения им. А.А.Байкова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: fadeev@imet.ac.ru*

В настоящее время актуальной задачей является разработка подходов к формированию нанокристаллической или субмикронной внутренней структуры в материалах вольфрамовых псевдосплавов. Одними из них являются технологии аддитивного производства металлических изделий, в частности, использующие в качестве материалов композитные микропорошки со сферической формой частиц. Институт металлургии и материаловедения им. Байкова РАН (ИМЕТ РАН) является одной из ведущих организаций в Российской Федерации, где ведутся активные исследования и разработки конструктивных и технологических схем плазменных процессов, а также оборудования для производства наноразмерных, сферических порошков различных материалов в потоках термической плазмы¹.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований процессов получения микропорошков вольфрамовых псевдосплавов систем W-Ni-Fe и W-Cu со сферической формой частиц на установке плазменной сфероидизации металлических порошков. В качестве прекурсоров использовались нанопорошковые микрогранулы систем W-7масс.%Ni-3масс.%Fe и W-20масс.%Cu фракций «-50 мкм» и «+50-125 мкм», полученные методом грануляции нанопорошкового продукта процесса плазмохимического синтеза. Показана возможность получения продукта с высокими технологическими свойствами (W-Ni-Fe: текучесть $6 \div 10$ с/50г, насыпная плотность $8 \div 9,4$ г/см³; W-Cu: текучесть $10 \div 15$ с/50г, насыпная плотность $4 \div 7$ г/см³), с высокой степенью сфероидизации частиц до 98%, с плотной, беспористой субмикронной внутренней структурой.

Литература

1. А.В. Самохин, А.А. Фадеев, Н.В. Алексеев, А.А. Дорофеев, Ю.П. Калашников, М.А. Синайский, И.Д. Завертяев. Сфероидизация нанопорошковых микрогранул вольфрама в термической плазме электродугового разряда. Перспективные материалы, 2023 №12, С. 71-82.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-19-00112.

ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ (Ni, Cu) ДИМЕТИЛГЛИОКСИМАТЫ – КАК ПРЕКУРСОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Фадеева И.В.^а, Прокопова О.В.^б, Волчкова Е.В.^б, Ющенко С.П.^в

^а*Институт металлургии и материаловедения, РАН, Москва, Россия,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49,
e-mail: fadееva_inna@mail.ru*

^б*МИРЭА - Российский технологический университет»,
119571, Москва, пр. Вернадского, 86*

^в*Институт Прикладной физики Молдавского Государственного Университета
MD2028 Chişinău, Academiei, 5*

Получение покрытий из сложных оксидов является востребованной научно-практической задачей. Такие покрытия могут выполнять защитную, каталитическую и другую функции. Одним из методов получения покрытий является нанесение на подложку раствора предшественника с последующей обработкой, например, термической. Поэтому поиск гетерометаллических соединений, обладающих высокой растворимостью в подходящем растворителе и легко термически разлагаемых, является актуальным.

Нами разработана методика синтеза диметилглиоксиматных комплексов никеля и меди, с различным мольным соотношением металлов, заключающаяся в введении в этанольный раствор диметилглиоксима гомогенной смеси солей MCl_2 (где $M-Cu(II)$ и $Ni(II)$).

При нанесении на корундовую подложку раствора выделенного комплекса с соотношением никель: медь = 1 получено покрытие купрата никеля $NiCuO_2$ с примесями фаз NiO , Cu_2O , содержание которых не превышает 7% масс. Микроструктура полученных покрытий термическим разложением гетерометаллических (никель, медь) диметилглиоксиматов с исходными мольными соотношениями $Cu:Ni=1:1$ (а) и $2:1$ (б) сформирована зернами неоднородной формы. Средний размер зерна составляет 20-30 мкм.

Таким образом, синтезированные гетерометаллические (медь- и никель)-содержащие диметилглиоксиматы перспективны в качестве материала для нанесения покрытий купрата меди.

Литература

1. Фадеева. И. В., Прокопова О. В., и др. *Перспективные материалы*, 2023, **8**, 57.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП РТУ МИРЭА при поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения №075-15-2021-689 от 01.09.2021 г.

Синтез гетерометаллических (медь и никель)-содержащих диметилглиоксиматов выполнен по Госзаданию №. 075-00320-24-00

СИНТЕЗ CoFe_2O_4 НА ОСНОВЕ САПОНИНОВ И ИХ ТЕКСТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Файзиева Г., Узоков М., Мухамадиев Н., Мухамадиев А.

*Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова
Узбекистан, 140104, Самарканд, Бульвар Университет, 15
e-mail: m_nurali@mail.ru*

Магнитные свойства наночастиц CoFe_2O_4 можно использовать для избирательного уничтожения раковых клеток и адресной доставке лекарств.

Синтез CoFe_2O_4 осуществлялся по технологии Zol-Gel с использованием растворов $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в этаноле, а в качестве ПАВ - сапонины.

Морфологию поверхности магнитного материала изучали с помощью атомно-силового микроскопа (рис. 1).

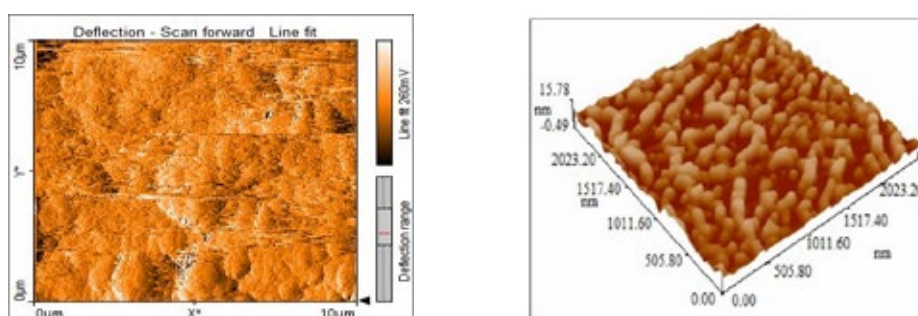


Рис.1. 2D и 3D вид поверхности магнитного материала CoFe_2O_4 в АСМ

Из рис.1 видно, что поверхность магнитных материалов неоднородна и носит пористый характер, а частицы на поверхности монодисперсные, одинакового размера.

По уравнению БЭТ рассчитывали удельную поверхность, размер пор, средний диаметр пор, емкость монослоя и значения адсорбционной емкости.

Повышение температуры привело к увеличению среднего диаметра пор и уменьшению удельной поверхности. Установлено, что на монослой адсорбируется 8,57% паров бензола при 50°C, и 6,67 % - при 90°C.

КЕРАМИКА И ПОКРЫТИЯ НА ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТАТАХ ИЗ КАТИОН-ЗАМЕЩЕННЫХ ТРИКАЛЬЦИЙФОСФАТОВ

Федорова Е.А.^а, Кнотько А.В.^а, Давыдова Г.А.^б, Рау Д.В.^{в,г}, Фадеева И.В.^д

^аМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские Горы 1с73
e-mail: fedorova_katycha@mail.ru

^бИнститут теоретической и экспериментальной биофизики РАН
^сIstituto di Struttura della Materia, Consiglio Nazionale delle Ricerche,
Via del Fosso del Cavaliere, 100 – 00133 Rome, Italy

^гПервый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова, Институт Фармации, Кафедра аналитической,
физической и коллоидной химии,
119048, Москва, Трубецкая 8, стр. 2

^дИнститут металлургии и материаловедения РАН

Одним из способов повышения биосовместимости и улучшения остеоинтеграции металлических имплантатов является формирование на их поверхности кальцийфосфатных покрытий. Внедрение ионов с антибактериальными свойствами (Mn^{2+} , Gd^{3+} , Sr^{2+}) в структуру трикальцийфосфата (ТКФ, $Ca_3(PO_4)_2$) может придать покрытиям антибактериальную активность и увеличить их резорбируемость в условиях организма.

Цель настоящей работы – синтез и изучение физико-химических свойств двойных замещенных ТКФ, допированных ионами Sr^{2+} и Mn^{2+} или Gd^{3+} , получение покрытий из них на титановых субстратах и изучение фазового состава, микроструктуры и биосовместимости покрытий *in vitro*.

В качестве мишеней были использованы ТКФ и двойные замещенные ТКФ, синтезированные твердофазным методом при 1200°C и осаждением из водного раствора с последующей термообработкой. Керамические мишени диаметром 20 мм прессовали и спекали в камерной печи с силитовыми нагревателями при температуре 1200°C в течение 2 часов. Фазовый состав спеченных мишеней представлен единственной фазой – витлокитом. По результатам СЭМ и EDX установлено, что допанты распределяются в образцах равномерно. Биологические исследования *in vitro* показали, что керамика из двойных замещенных ТКФ, допированная ионами гадолиния и стронция, а также марганца и стронция, является биосовместимой: при исследовании биосовместимости образцов на клетках NCTC clone L929 показано, что они не оказывали угнетающего действия на клетки. Таким образом, разработанные материалы перспективны для применения в медицине.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00320-24-00.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗ ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ СИНТЕЗЕ ВОЛЬФРАМАТ- СОДЕРЖАЩЕГО ГИДРОКСИАПАТИТА, ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ В КАТАЛИЗЕ

**Фомин А.С.,^а Валеев Д.В.,^б Донская Н.О.,^а Гольдберг М.А.,^а Мурзаханов Ф.Ф.,^в
Антонова О.С.,^а Коновалов А.А.,^а Баринов С.М.,^а Комлев В.С.^а**

^аФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49
e-mail: afomin@imet.ac.ru

^бФГБУН Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
119991, Москва, ул. Косыгина, 19

^вКазанский (Приволжский) Федеральный Университет,
420008, Казань, Кремлёвская ул., 18

Гидроксиапатит (ГА) – один из наименее растворимых в воде фосфатов кальция, широко применяемый в биомедицине для замещения дефектов костных тканей¹, в последнее время стал рассматриваться как перспективный катализатор для различных процессов, в том числе для реакций окисления². Это связано с наличием в структуре ГА как щелочных, так и важных для реакции окисления кислотных центров, которые можно модифицировать путем катионных и анионных замещений в структуре ГА. Также необходимо отметить высокую термомеханическую стабильность ГА, способность к ионообменному и адсорбционному поведению, экспозицию кислородных и гидроксильных групп решетки^{3,4}. Сравнительно новая область применения обуславливает исследования в области введения экзотических с точки зрения изучаемых для биомедицины анионных заместителей, таких, как молибдат, вольфрамат и ряд других. В настоящей работе представлены сведения о полученных при гидротермальных условиях гидроксиапатитах, содержащих вольфрамат-анионы в количестве до 5 мол.%, рассмотрены особенности формирования фаз, микроструктуры, текстурных характеристик в зависимости от режимов гидротермальной обработки.

Литература

1. Dorozhkin S. V. *J Mater Sci*, 2007, **42**(4), 1061–1095.
2. Fihri A. и др. *Coord Chem Rev*, 2017, **347**, 48–76.
3. Maraeva E., Khalugarova K. *Materials science forum*, 2021, **1031**, 172–177.
4. Shalamova E. S. и др. *Russian Chemical Bulletin*, 2021, **70**, 2014–2018.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-79-10293.

НИТРОЗИРОВАНИЕ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В УСЛОВИЯХ ТВЕРДОФАЗНОГО КАТАЛИЗА

Хабаров Ю.Г., Вешняков В.А., Скрипников Е.А. Плахин В.А.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
163002, Архангельск, наб. Северной Двины 17,
e-mail: khabarov.yu@mail.ru*

Реакция нитрозирования ароматических соединений относится к S_N -реакциям. Благодаря высокой химической активности и мягким условиям проведения реакций с помощью азотистой кислоты и ее производных получают различные классы соединений¹⁻³. Сульфатный лигнин (СЛ) является одним из видов технических лигнинов. СЛ плохо растворим в воде и водных растворах кислот, что затрудняет его нитрозирование, так как реакция будет проходить в гетерогенных условиях.

Нами разработан метод нитрозирования СЛ в гомогенных условиях. Метод заключается в том, что реакцию проводили в среде вода-диоксан или вода-ДМСО, и использовали катионообменную смолу в Н-форме в качестве кислотного катализатора. В этих условиях выделения СЛ в осадок не происходило, и из реакционной среды удалялись катионы, т.е. отпала необходимость очистки нитрозированного СЛ от минеральных примесей. Подобраны расходы реагентов. На электронном спектре нитрозированного СЛ (рисунок 1) появляется новая полоса поглощения с максимумом при 443 нм. Изучение кинетики нитрозирования с помощью электронной спектроскопии показало, что реакция завершается за 30-50 мин.

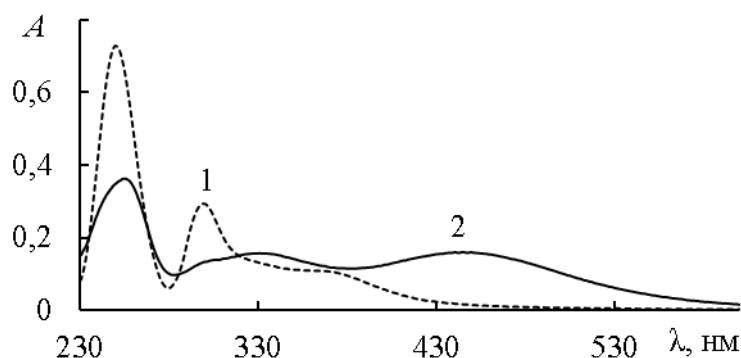


Рисунок 1. Электронные спектры исходного (1) и нитрозированного (2) СЛ

Литература

1. Химия нитро- и нитрозогрупп. Т. 1. – М.: Мир, 1972. – 536 с.
2. Общая органическая химия. Т. 3. Азотсодержащие соединения. – М.: Химия, 1982. – 736 с.
3. Товбис М.С., Субоч Г.А. Нитрозофенолы и нитрозоанилины – синтез, свойства. – Красноярск: СибГТУ, 2013. – 159 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, № FSRU-2024-0010.

ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ АЛИЗАРИНА СОДЕРЖАЩИЕ ТРИФТОРМЕТИЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Харламова Т.В., Габдракипов А.В.

*АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова»,
050010, Республика Казахстан, Алматы, ул. Ш. Уалиханова, 106.
e-mail: kharlamovav@mail.ru*

Одним из путей поиска новых эффективных биологически активных веществ является направленное конструирование полифункциональных молекул из фармакофорных структурных фрагментов, среди которых базовыми структурами выступают природные соединения и их химически модифицированные производные. Разнообразные по строению производные 9,10-антрахинона являются удобными синтонами для введения в их структуру новых полифункциональных заместителей и показали себя в качестве соединений обладающих разнообразной биологической активностью [1,2]. При этом наличие полифункциональных заместителей в молекуле может служить дополнительным фактором структурно-специфических и гидрофобных воздействий на биологические мишени. Основная задача исследования заключается в направленном синтезе новых производных 1,2-дигидроксиантрахинона (ализарина) путем варьирования природы заместителя у атома кислорода гидроксильной группы и введения в молекулы дополнительных фармакофорных фрагментов. Первичной химической модификацией по β -гидроксильной группе введен бромфенацильный заместитель, что подтверждается в ИК-спектре наличием дополнительной полосы валентных колебаний карбонильной группы введенного заместителя а в спектре ПМР по отсутствию сигнала протона β -ОН и идентификации ароматических протонов фенацильного заместителя при 7,77 и 7,92 м.д. и протонов $-\text{CH}_2-$ при 5,84 м.д.. Далее, по α -ОН получены различные трифторметилбензоаты. Полученные соединения являются кристаллическими веществами. Идентификация соединений проведена с использованием данных спектрального анализа.

Литература

1. Горелик М.В. Химия антрахинонов и их производных. – М.: Химия, 1983. – 173с.
2. Wang P, Wei J, Hua X, Dong G, Dziedzic K, Wahab AT, Efferth T, Sun W, Ma P. Plant anthraquinones: Classification, distribution, biosynthesis, and regulation. // *J. Cell Physiol.*, 2023. doi: 10.1002/jcp.31063.

Работа выполнена при финансовой поддержке КН МВОН Республики Казахстан по теме «Инновационные методы синтеза и технологии получения функциональных неорганических и органических веществ и материалов из природного и техногенного сырья» ИРН BR18574042.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА АМГ6

**Хафизова А.И., Петрушина А.А., Абрашов А.А.,
Григорян Н.С., Ваграмян Т.А.**

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская площадь 9,
e-mail: khafIzovaalsu@yandex.ru*

Одним из востребованных в последнее время способов защиты металлических поверхностей от агрессивной окружающей среды является формирование на их поверхности сплошных плёнок с водоотталкивающими свойствами и способностью к самоочищению (т.н. супергидрофобных плёнок).

Известным недостатком супергидрофобных покрытий (СГП), полученных химическим способом, является их низкая износостойкость. В данной работе исследована возможность повышения износостойкости СГП за счет предварительного анодного окисления алюминия и его сплавов¹.

Разработан электролит для анодного окисления поверхности алюминиевого сплава АМг6, содержащий 15 масс.% H_2SO_4 и 15 масс.% H_3PO_4 . Было установлено, что при анодировании в электролите на основе серной и фосфорной кислот происходит формирование анодных оксидных плёнок с требуемым развитым микроструктурированным рельефом². При этом поверхность анодированного алюминия содержит преимущественно поры с диаметром 17,7 – 30,9 нм, удельная площадь которых составляет 0,15 м²/г.

Установлено, что предварительное анодирование алюминиевой поверхности приводит к увеличению прочности сцепления с последующим СГП и соответственно к повышению его износостойкости.

Было определено, что увеличение концентрации стеариновой кислоты в растворе гидрофобизации до 4 г/л приводит к значительному увеличению краевого угла смачивания поверхности до 170°.

Коррозионные испытания в камере соляного тумана показали, что разработанное покрытие выдерживает 830 ч в условиях соляного тумана (5% NaCl) до появления первых очагов коррозии основы, в то время как необработанный алюминиевый сплав начинает корродировать через 22 ч.

Литература

1. Петрушина А.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Хафизова А.И., Аснис Н.А., Касатикова А.С., Парфенова В.Д. *Практика противокоррозионной защиты*, 2024, 29, 1, 7-19.
2. Abrashov A.A., Khafizova A.I., Grigoryan N.S., Petrushina A.A., Asnis N.A., Chudnova T.A. *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2023, 12, 3, 1013-1027.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА 1,3,5-ТРИС-(β -ОКСИЭТИЛ)ГЕКСАГИДРО-S-ТРИАЗИНА С ИОНАМИ Ni^{2+}

Ходжаёрова Г., Узоков Ж., Алимухамедов М., Мухамадиев Н.

Самаркандский государственный университет им. Ш.Рашидова
Узбекистан, 140104, Самарканд, Бульвар "Университет", 15
e-mail: xodjayorova83@gmail.com

DFT/B3LYP/6-31/G**(p,d) методом были изучены структурная устойчивость комплекса катиона Ni^{2+} с 1,3,5-трис-(β -оксиэтил)-гексагидро-S-триазином, эффекты переноса заряда, положение реакционных центров молекулы, расстояние между атомами и другие величины.

На рисунке показано изображение граничных орбиталей комплекса, рассчитанная методом DFT/B3LYP/6-31G**(p,d). Как видно из рисунка, высшая занятая молекулярная орбиталь в комплексе указывает на возможность образования координационной связи. Определена, что в комплексе энергия ВЗМО $E = -1,819$ эВ и энергия НВМО $E = -1,415$ эВ, разница между ними составляет 3,404 эВ.

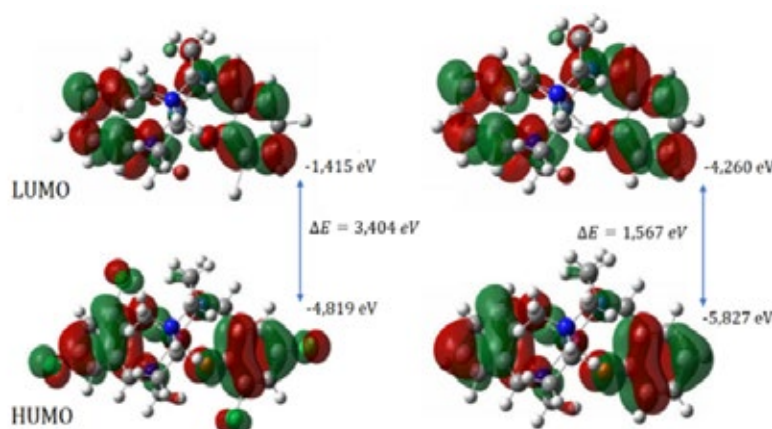


Рис. Энергии НУМО и ЛУМО орбиталей комплекса

Рассчитаны дипольный момент (D), химический потенциал (μ), индекс электрофильности (ω) и полная энергия (E) молекулы.

Метод	D , дебай	μ , eV	ω	E , а.е.
DFT	$5,77 \pm 0,54$	$-3,725 \pm 0,08$	$4,213 \pm 0,05$	$-614,37$
PM3	$2,31 \pm 0,65$	$-6,420 \pm 0,04$	$5,096 \pm 0,05$	$-284,12$
Ab I	$5,56 \pm 0,18$	$-3,525 \pm 0,03$	$4,173 \pm 0,07$	$-210,29$

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ БИОУГЛЕЙ НА ИХ СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ходосова Н.А., Томина Е.В., Мануковская В.Е.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,
Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
e-mail: nhodosova@mail.ru

Для получения биоуглей из древесных отходов использовали опилки сосны обыкновенной и опилки березы повислой размером не более 1 мм. Карбонизацию осуществляли в закрытом реакторе при температуре 500°C. Выход соснового биоугля составляет 29%, березового биоугля – 36%. Модификация карбонизата щелочью и УЗ-обработка приводит к уменьшению размера частиц биоугля в целом и уменьшению размера частиц преобладающей фракции. Для активированного березового биоугля максимальный размер частиц уменьшался со 160 мкм до 100 мкм, а размер преобладающей фракции частиц – с 20-80 мкм до 20-60 мкм. Для биоугля из сосны после активации максимальный размер частиц изменялся с 350 до 250 мкм, размер основной фракции – с 50-250 до 50-150 мкм. Методом энергодисперсионного анализа установлена углеродная основа биоуглей. После активации березового биоугля содержание углерода несколько увеличивается с 76,46 до 79,04 ат.%, тогда как содержание кислорода немного снижается с 23,22 до 20,37 ат.%. Такая же тенденция наблюдается и для соснового биоугля: содержание С до и после активации составляет 76,38 и 79,84 ат.%, содержание О - 23,17 и 19,48 ат.% соответственно. Методом ИКС подтверждается полифункциональный характер поверхности биоуглей (основные группы -ОН, -CH₂, C=O, C=C и -CH₃).

Адсорбция ионов Cu²⁺ на биоугле из березы обусловлена в основном комплексобразованием между ионами металла и поверхностными кислородсодержащими функциональными группами, а также электростатическим взаимодействием ион металла – отрицательно заряженная поверхность угля. Степень извлечения Cu²⁺ составляет 33 % на исходном и 50 % на активированном образцах березового угля. Немодифицированные сосновый и березовый биоугли поглощают 67 и 71 % красителя метиленового синего, активированные - до 96 и 98% соответственно, причем активация в большей степени повышает сорбционную способность соснового биоугля.

Acknowledgements: The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 23-23-00122, <https://rscf.ru/project/23-23-00122/>

СИНЕРГИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ИНГИБИРОВАНИЯ ТЕРМОПОЛИМЕРИЗАЦИИ СТИРОЛА

До Тхи Кьеу Лоан, Черезова Е.Н., Петухов А.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. К. Маркса, 68, Казань, Россия, 420015,
e-mail: cherezova59@mail.ru

Для ингибирования полимеризации при выделении мономеров для производства полимеров используют замещенные фенолы. Их эффективность не всегда достаточна. Цель настоящей работы состояла в изучении эффективности соингибитора для процесса ингибирования полимеризации стирола. В качестве соингибитора использовали соединение, обладающее свойством эффективного цветостабилизатора.

В качестве основного ингибитора полимеризации использовали 2,6-ди-трет.бутил-4-диметиламинометил-фенол (ОМ) в количестве 10^{-3} - 10^{-1} %мас. В качестве синергиста испытан хелат меди при концентрации 10^{-9} %мас.

Для наблюдения за ходом термополимеризации стирола использован dilatометрический метод. Эффективность ингибирования термополимеризации стирола определяли по продолжительности индукционного периода до появления в системе 2 %мас. полистирола по методике¹. Опыты проводили при температуре 120 °С в атмосфере азота. Установлено, что при введении соингибитора ХМ в образец, содержащий ОМ, индукционный период возрастал более чем в 2 раза (рис 1.).

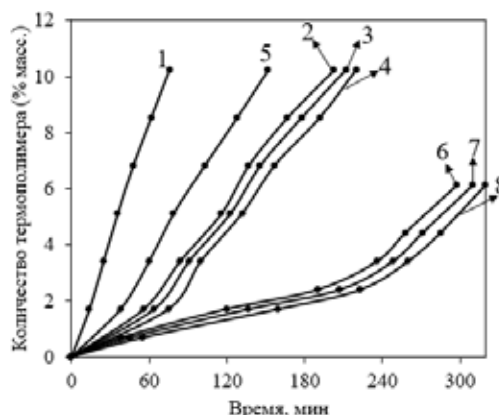


Рисунок 1. Влияние количества ингибитора ОМ (10^{-3} - 10^{-1} %мас.) и соингибитора ХМ (10^{-9} %мас.) на количество образующегося полистирола ($T = 120$ °С): 1 - без ингибитора; 2 - ОМ ($1 \cdot 10^{-1}$ %мас.); 3 - ОМ ($1 \cdot 10^{-2}$ %мас.); 4 - ОМ ($1 \cdot 10^{-3}$ %мас.); 5 - ХМ; 6 - композиция ОМ ($1 \cdot 10^{-3}$ %мас.) + ХМ; 7 - композиция ОМ ($1 \cdot 10^{-2}$ %мас.) + ХМ; 8 - композиция ОМ ($1 \cdot 10^{-1}$ %мас.) + ХМ

Литература

1. Борейко Н.П., Белокуров В.А., Зуев В.П., Серебряков Б.Р., Мустафин Х.В., Галиев Р.Г. Патент 2116995 РФ, 1998.

Работа выполнена в рамках проекта Передовая инженерная школа

ВОЗМОЖНОСТИ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ НА НАБУХАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ВУЛКАНИЗАТОВ

Накып А.М., Черезова Е.Н., Карасева Ю.С.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
 ул. К. Маркса, 68, Казань, Россия, 420015
 e-mail: cherezova59@mail.ru*

Изучено влияние частично карбоксилированной лигноцеллюлозы из соломы риса (КМЦ-Рис.) (содержание α -целлюлозы – 89 %, лигнина - 6,7 %), хитозана (ХТЗ) в сравнении с натрий-карбоксиметилцеллюлозой (Na-КМЦ) (степень замещение 0,9) на набухающую способность резины в водных средах различной минерализации и её основные физико-механические свойства. В качестве эластомерной матрицы использован бутадиен-нитрильный каучук. Базовая резиновая смесь без набухающего наполнителя подготовлена по стандартной рецептуре. Количество набухающего полимера составляло 150 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука.

Установлено, что в минерализованной модельной пластовой воде степень набухания резины, наполненной КМЦ-Рис., сравнима со степенью набухания резины, наполненной Na-КМЦ; условная прочность резины при растяжении повышается. При частичной замене Na-КМЦ на хитозан как в водных средах высокой минерализации, так и в водных средах с низкой минерализации ниже степень набухания резины снижается, однако прочностные характеристики растут (таблицы 1, 2).

Таблица 1. Степень набухания резины в модельных водных средах

Содержание ионов (г/ дм ³) в модельном водном растворе; плотность водного раствора	Состав набухающего наполнителя		
	Na-КМЦ	Na-КМЦ: ХТЗ (4:1)	КМЦ-Рис
	Степень набухания, % (25 сут)		
Cl ⁻ (176), Na ⁺ (94), Ca ⁺² (16), $\rho=1160$ г/дм ³	53,7	43,9	55,1
Cl ⁻ (110), Na ⁺ (59), Ca ⁺² (11), $\rho=1100$ г/дм ³	66,9	50,6	68,2
Cl ⁻ (139), Na ⁺ (70), Ca ⁺² (11), Mg ⁺² (3), $\rho=1157$ г/дм ³	70,5	54,7	74,6
Деионизированная вода, $\rho=1000$ г/дм ³	588,2	285,9	591,3

Таблица 2. Результаты физико-механических испытаний резины

Показатели физико-механических испытаний резины	Состав набухающего наполнителя		
	Na-КМЦ	Na-КМЦ: ХТЗ (4:1)	КМЦ-Рис
Условная прочность резины при растяжении, МПа	3,3	4,1	4,9
Относительно удлинение при растяжении, %	450	320	270

Работа выполнена в рамках проекта Передовая инженерная школа

ОЦЕНКА ТВЕРДОСТИ КЕРАМИКИ ИЗ КАРБИДА ЦИРКОНИЯ

Кочанов Г.П., Ковалев И.А., Рогова А.Н., Чернявский А.С., Солнцев К.А.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Россия,
119991 Москва, Ленинский пр., 49
e-mail: andreych_01@mail.ru*

Карбид циркония характеризуется тугоплавкостью, низким электрическим сопротивлением, твердостью, устойчивостью к износу¹. В промышленности материалы на его основе получают порошковыми методами, сложность которых определяет высокую стоимость конечных изделий. Упрощение технологии достигается использованием подхода окислительного конструирования, позволяющим производить изделия сложной формы с наименьшими энергозатратами².

Прямой карбидизацией циркониевого проката в атмосфере смеси этилена и аргона синтезировали керамику на основе стехиометрического карбида циркония. Металл нагревали с постоянной скоростью до 2100 °С и выдерживали при данной температуре 180 минут. Механические свойства карбидов исследовали методом измерительного наноиндентирования.

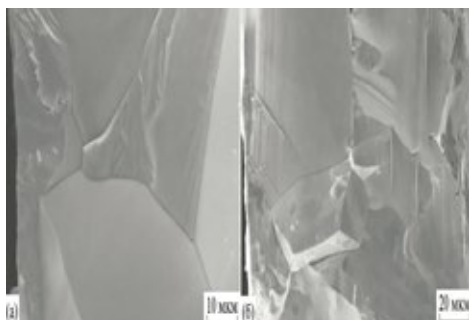


Рисунок 1. РЭМ-изображения морфологии поверхности поперечного скола карбида циркония

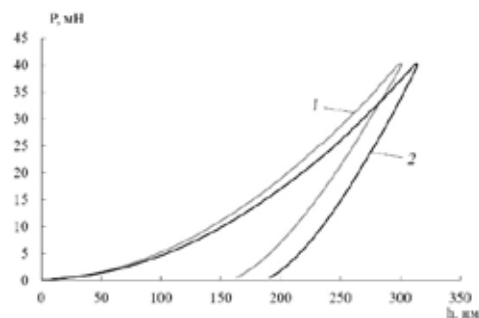


Рисунок 2. Диаграммы P-h, построенные при индентировании поперечного скола образца ZrC на расстоянии от поверхности 10 мкм (1) и 110 мкм (2).

Установлено, что различие величин нанотвердости в приповерхностном слое и в центре образцов указывает на двухстадийность процесса образования компактного карбида. Величина твердости в приповерхностном слое соответствует нанотвердости покрытий, получаемых из газовой фазы, а нанотвердость в объеме образца сопоставима со значением для керамики, полученной спеканием порошков.

Литература

1. Peterson G., Carr R., Marinero E. Zirconium Carbide for Hypersonic Applications, Opportunities and Challenges // Materials, 2023. Vol. 16. No. 18. P.6158.
2. Солнцев К. А., Шусторович Е. М., Буслаев Ю. А. Окислительное конструирование тонкостенной керамики // Доклады академии наук, 2001. Т. 378. № 4. С. 492–499.

ОСОБЕННОСТИ НИТРИДИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОВ ПОДГРУПП Ti и V

**Чернявский А.С., Ковалев И.А., Кочанов Г.П., Рогова А.Н.,
Огарков А.И., Солнцев К.А.**

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Россия,
119991 Москва, Ленинский пр., 49
e-mail: andreych_01@mail.ru*

Синтез термоэлектрических преобразователей на основе бинарных нитридов подгрупп титана и ванадия¹ окислительным конструированием² и исследование их термоэлектрических характеристик представляет значительный интерес и является перспективным направлением.

Азотирование металлов подгруппы Ti и V протекает через образование трех и двухслойных градиентных структур с последующим образованием керамики стехиометрического состава. Процесс нитридации биметаллического твердого раствора в области спая определяется химическим сродством металлов к азоту. Реакция титана с азотом приводит к распаду твердого раствора Ti-Zr и сепарации металлического циркония на границах зерен. Азотирование циркония начинается в процессе уменьшения количества титана в твердом растворе.

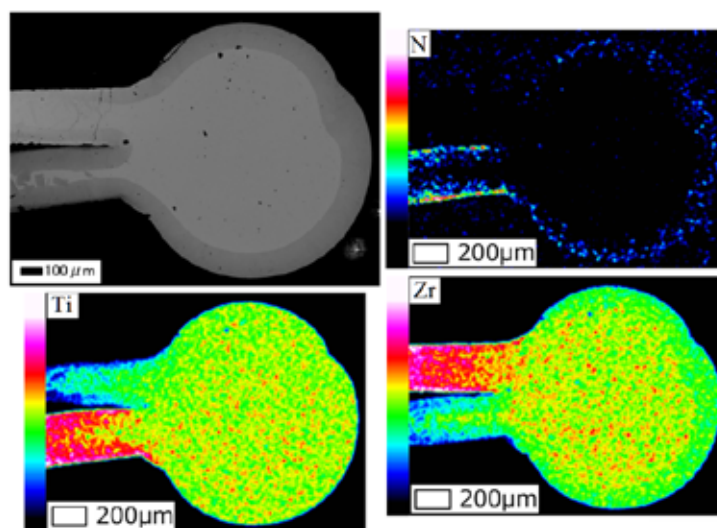


Рисунок 1. Оптическое изображение поверхности поперечного шлифа азотированного спая, $T=1900^{\circ}\text{C}$, 50 минут и карта распределения концентраций элементов по поверхности образца.

Литература

1. Ковалев И.А., Дробаха Г.С., Кочанов Г.П., Рогова А.Н., Ситников А.И., Половинкин А.А., Шевцов С.В., Дёмин К.Ю., Ашмарин А.А., Хвостов С.Н., Чернявский А.С., Солнцев К.А. Нитридизация металлической пары Ti-V и оценка термо-ЭДС синтезированного керамического образца // Неорг. материалы, 2023. Т. 59. № 12. С. 1–12.2. Солнцев К. А., Шусторович Е. М., Буслаев Ю. А. Окислительное конструирование тонкостенной керамики // Доклады академии наук, 2001. Т. 378. № 4. С. 492–499.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-13-00324.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ КОБАЛЬТ-НИКЕЛЕВЫХ ДИСПЕРСИОННО-УПРОЧНЕННЫХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ НИОБИЕМ, ТАНТАЛОМ И ХРОМОМ

Шаипов Р.Х., Керимов Э.Ю., Слюсаренко Е.М.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, химический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы д. 1, стр. 3,
e-mail: shaipov-ramil@mail.ru*

Стойкость к окислению на воздухе кобальтовых сплавов оказывается существенно ниже, чем у никелевых сплавов. Одним из путей повышения окислительной устойчивости является модифицирование состава поверхности материалов с целью уменьшения скорости реакции окисления.

Поверхность дисперсно-упрочненных кобальт-никелевых сплавов^{1,2}, легированных ниобием и танталом, насыщали парами хрома в вакууме при 1375 К в течение 48 часов (Рисунок 1а).

Исследование окисления этих сплавов на воздухе при 1200 К показало, что скорость окисления снижается за счёт формирования на поверхности слоя Cr_2O_3 (Рисунок 1б).

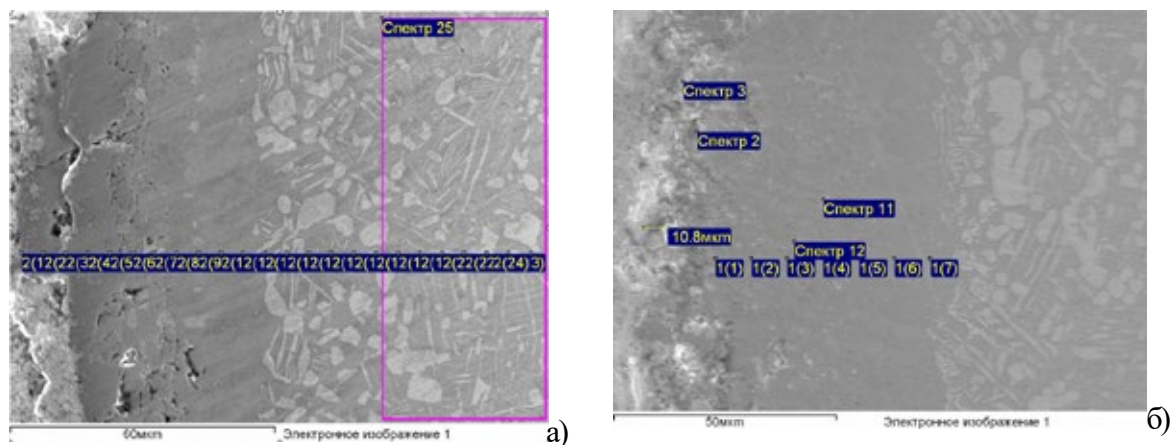


Рисунок 1. Микроструктура сплава ($\text{Co}_{54.4}\text{Ni}_{38.3}\text{Ta}_{7.3}$, ат. %), насыщенного хромом:
а) до окисления; б) после окисления на воздухе при 1200 К в течение 100 часов.

Литература

1. Shaipov R. K., Kerimov E. Y., Slyusarenko E. M. Isothermal sections of the Co-Nb-Ni phase diagram at 1200 and 1375 K // J. Alloys Comps. – 2018. – V. 742C. – P. 466–479.
2. Shaipov R. K., Kerimov E. Y., Slyusarenko E. M. Isothermal sections of the Co-Ni-Ta phase diagram at 1200 and 1375 K // J. Alloys Compd. – 2017. – V. 701. – P. 262–278.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ КОБАЛЬТА С НИОБИЕМ, ТАНТАЛОМ, МОЛИБДЕНОМ И ВОЛЬФРАМОМ ПРИ 1200 И 1375 К

Шаипов Р.Х., Керимов Э.Ю., Слюсаренко Е.М.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, химический факультет,
 119991, Москва, Ленинские горы д. 1, стр. 3,
 e-mail: shaipov-ramil@mail.ru

Кобальт и жаропрочные металлы 5 – 6 групп Периодической системы являются важнейшими компонентами современных суперсплавов, оптимизация составов которых нуждается в построении изотермических сечений при температурах получения – гомогенизации (1375 К) и дисперсионного твердения (1200 К).

Фазовые равновесия, установленные для систем кобальта с ниобием, танталом, молибденом и вольфрамом при 1375 и 1200 К, представлены в Таблице 1.

Установлено, что в трехкомпонентных системах $\text{Co-Me}_1\text{-Me}_2$ ($\text{Me} = \text{Nb, Ta, Mo и W}$) в равновесии с γ_{Co} -твердым раствором (структурный тип Cu) находится пять фаз: α' (структурный тип MgCd_3) при 1200 и 1375 К, α'' (структурный тип BaPb_3) при 1200 и 1375 К, ϵ_{Co} (структурный тип Mg) только при 1375 К, λ (политип: структурный тип MgCu_2 , структурный тип MgZn_2) только при 1375 К и λ' (структурный тип MgNi_2) только при 1375 К.

Для упрочнения кобальтовых сплавов можно использовать только фазы α' и α'' , равновесия с которыми γ_{Co} -твердый раствор образует как при 1375 К, так и при 1200 К.

Таблица 1. Трехфазные равновесия в трехкомпонентных системах Co с Nb, Ta, Mo и W.

Трехкомпо- нентная система	Условия термообработки	
	1375 К, 1000 часов	1200 К, 1500 часов
Co-Nb-Ta	$(\gamma_{\text{Co}} + \lambda + \lambda'_{\text{Nb}}), (\gamma_{\text{Co}} + \lambda + \lambda'_{\text{Ta}}), (\beta + \mu + \text{CoTa}_2)$	$(\alpha' + \alpha'' + \gamma_{\text{Co}}), (\alpha' + \alpha'' + \lambda), (\beta + \mu + \text{CoTa}_2)$
Co-Nb-Mo	$(\gamma_{\text{Co}} + \epsilon_{\text{Co}} + \lambda), (\gamma_{\text{Co}} + \lambda + \lambda'), (\epsilon_{\text{Co}} + \lambda + \mu)$	$(\alpha' + \lambda + \mu)$
Co-Nb-W	$(\alpha' + \gamma_{\text{Co}} + \lambda), (\alpha'_w + \gamma_{\text{Co}} + \lambda), (\alpha' + \lambda + \mu), (\gamma_{\text{Co}} + \lambda + \lambda'_{\text{Nb}})$	$(\alpha' + \lambda + \mu)$
Co-Ta-Mo	$(\alpha' + \gamma_{\text{Co}} + \lambda), (\gamma_{\text{Co}} + \epsilon_{\text{Co}} + \lambda), (\gamma_{\text{Co}} + \lambda + \lambda'), (\epsilon_{\text{Co}} + \lambda + \mu), (\beta + \mu + \text{CoTa}_2)$	$(\alpha' + \alpha'' + \gamma_{\text{Co}}), (\alpha' + \alpha'' + \lambda), (\alpha' + \lambda + \mu), (\beta + \mu + \text{CoTa}_2)$
Co-Ta-W	$(\alpha' + \alpha'' + \gamma_{\text{Co}}), (\alpha' + \alpha'' + \lambda), (\alpha' + \lambda + \mu), (\alpha'' + \gamma_{\text{Co}} + \lambda), (\gamma_{\text{Co}} + \lambda + \lambda'_{\text{Ta}}), (\beta + \mu + \text{CoTa}_2)$	$(\alpha' + \alpha'' + \gamma_{\text{Co}}), (\alpha' + \alpha'' + \lambda), (\alpha' + \lambda + \mu) \text{ и } (\beta + \mu + \text{CoTa}_2)$
Co-Mo-W	$(\alpha' + \gamma_{\text{Co}} + \epsilon_{\text{Co}}), (\alpha' + \epsilon_{\text{Co}} + \mu)$	-

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БИЯДЕРНОГО КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) НА ОСНОВЕ ТРИФТОРМЕТИЛСОДЕРЖАЩЕГО БИС(ПИРАЗОЛИЛ) ГИДРАЗОНА

**Шакирова О.Г.,^{а,б} Морозова Т.Д.,^б Бажин Д.Н.,^в Куратьева Н.В.,^а
Клюшова Л.С.,^г Лавров А.Н.,^а Лавренова Л.Г.^а**

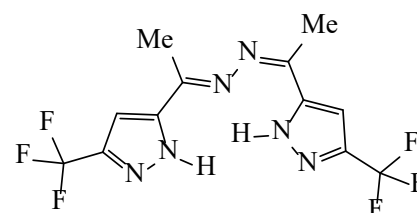
^аИнститут неорганической химии им. А.В. Николаева СО Российской Академии Наук,
630090, Новосибирск, проспект Акад. Лаврентьева, 3

^бКомсомольский-на Амуре государственный университет,
681013, Комсомольск-на-Амуре, проспект Ленина, 27,
e-mail: Shakirova_Olga@mail.ru

^вИнститут органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН,
620049, Екатеринбург, ул. Комсомольская, 20

^гИнститут молекулярной биологии и биофизики, ФИЦ ФТМ,
630060, Новосибирск, ул. Тимакова, 2/12

Синтезирован и исследован комплекс меди(II) с метил-5-(трифторметил)пиразол-3-ил-кетазином (H_2L) состава $[Cu_2L_2] \cdot C_2H_5OH$ (**1**). При перекристаллизации **1** из ДМСО получен монокристалл комплекса $[Cu_2L_2((CH_3)_2SO)]$ (**2**), пригодный для РСА (рис. 1).



H_2L

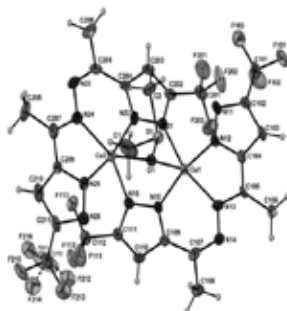


Рисунок 1. Молекулярная структура **2**

В **2** ионы меди(II) замещают оба протона в лиганде H_2L , полученный анион L^{2-} выступает в качестве тетрадентатного лиганда, координируясь к двум ионам Cu(II) атомами азота. Кислород ДМСО координируется к обоим ионам Cu(II).

Характер зависимости $\chi_r(T)$ комплекса **1** в интервале температур 1.77–300 К и магнитных полей $H = 0$ –10 кЭ свидетельствует о преобладании антиферромагнитных взаимодействий между ионами меди(II).

Исследование цитотоксических свойств на опухолевых клеточных линиях человека HepG2, MCF7, Hep2 показало, что комплекс **1** оказывает сильное дозозависимое цитотоксическое действие на клетки со значениями LC_{50} от 0.79 ± 0.01 до 2.53 ± 0.03 μM , что значительно превышает активность препаратов сравнения (цисплатин и карбоплатин) в аналогичных условиях эксперимента. Исследование на неопухолевых фибробластах легкого человека MRC5 выявило селективность действия **1** по отношению к опухолевым клеткам (индекс селективности > 2.5).

РАСТВОР ХИМИЧЕСКОГО МЕДНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Шмелькова П.О., Григорян Н.С., Балакирев А.В., Аснис Н.А.

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
125047, Москва, Миусская площадь, 9,
e-mail: pshmelkova@mail.ru*

Одной из основных стадий технологии производства печатных плат (ПП) является процесс химической металлизации, в результате которого формируется тонкий проводящий слой толщиной 0,3–1,0 мкм, обеспечивающий хорошее сцепление металла с диэлектриком¹.

Одним из обязательных компонентов раствора химического меднения является органический лиганд, в качестве которого, как правило, используют этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА) или её соли, например, трилон Б, а также соли винной кислоты, в частности, тартрат калия-натрия.

Введение в раствор химического меднения тартрата калия-натрия как хелатирующего агента для ионов меди и трилона Б в качестве стабилизирующего компонента, предположительно, позволит повысить стабильность раствора с сохранением качества медного покрытия и облегчить очистку сточных вод.

В качестве базового был выбран ранее разработанный раствор химического меднения отверстий ПП УМ-Х5С². Добавление трилона Б к раствору в количестве 1,62–4,86 г/л позволяет осаждать медные покрытия толщиной 0,87–1,70 мкм за 15 минут при температуре 35°C.

Установлено, что увеличение концентрации ЭДТА в растворе химического меднения заметно ускоряет процесс осаждения. Добавление 3,24 г/л трилона Б к базовому раствору значительно увеличивает шероховатость поверхности: среднеарифметический параметр возрастает с 0,59 до 0,79. Сплошность медного покрытия в отверстиях тест-купонов оценивается баллами D7-D10 согласно шкале оценки методом «звёздное небо»³. Стабильность базового раствора в присутствии трилона Б повышается примерно в 5 раз.

Литература

1. Федулова А.А., Котов Е.П., Явич Э.Р. Многослойные печатные платы. – М.: Сов.радио, 1977. – 248 с.
2. Солопчук М. С., Григорян Н. С., Аснис Н. А., Ваграмян Т. А., Шмелькова П. О. Патент 2792978 РФ, 2023.
3. Stenhauser E., Roseler S., Wiese S., Nguyen Tang Cam Lai, Stamp L. Patent 20140242264A1 US, 2014.

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ Fe^{2+} С КВЕРЦЕТИНОМ И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО УСТОЙЧИВОСТИ

Эргашова Ш.И., Исматов Д.М., Мухамадиев Н.К.

*Самаркандский государственный университет Узбекистан,
140104, Самарканд, Бульвар Университет, 15
e-mail: shahnoza.ergashova08@gmail.com*

Данная статья посвящена синтезу комплексного соединения Fe^{2+} с кверцетином и изучение его устойчивости. Синтез проводили при комнатной температуре смешиванием раствора 0,120 г кверцетина ($\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$) в 25 мл метаноле и 0,055 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 10 мл метаноле. Смесь непрерывно перемешивали на водяной бане с обратным холодильником при 60°C в течение 2 часов, а затем охлаждали.

Для изучения устойчивости комплексного соединения Fe^{2+} с кверцетином с использованием изомолярной серии проводили серию экспериментов, изменяя соотношение между ионом металла и лигандом при постоянной общей концентрации.

На основе полученных данных рассчитаны константы устойчивости комплексного соединения (β) (таблица).

Таблица β - константы устойчивости комплекса Fe(II) в различных средах

№	pH	273 nm	402 nm
1	2,0	0,00210	0,00208
2	4,0	0,00314	0,00261
3	6,0	0,00224	0,00227
4	7,0	0,00194	0,00204
5	9,0	0,00207	0,00277

Основываясь на данные таблицы можно отметить, что влияние среды раствора на устойчивость комплексов незначительно, а связи в образующихся комплексах являются преимущественно ковалентными и нековалентными, то есть супрамолекулярными системами.

ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ХРОМИТОВ ИТТРИЯ И ЛАНТАНА, ДОПИРОВАННЫХ ИОНАМИ СТРОНЦИЯ

Якимчук М.А., Елисеева Е.С., Кострюков В.Ф.

Воронежский государственный университет,
Университетская площадь, 1, 394018,
e-mail: yakimchuk.720.46@gmail.com

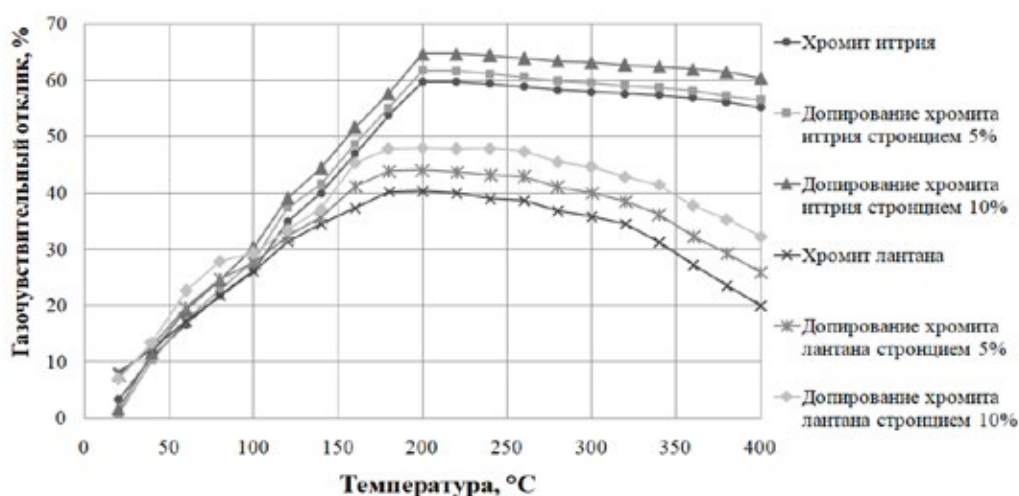
Целью данной работы являлся синтез хромита иттрия цитратным методом и хромита лантана золь-гель методом, допирование порошков ионами стронция, установление их фазового состава и исследование газочувствительных свойств.

Рассчитанное количество солей нитрата хрома и иттрия для получения хромита иттрия растворили в воде, нагрели, добавили раствор аммиака, а затем лимонную кислоту. Далее кипятили и выпаривали до образования пепла. Для получения хромита лантана золь приготовили растворением солей нитрата хрома и лантана в кипящей воде, охлаждали до комнатной температуры, добавили гидроксид аммония. Образовавшийся осадок фильтровали и высушивали. Полученные порошки отжигали в муфельной печи. Допирование ионами стронция проводилось путем замены солей нитратов иттрия и лантана на соль нитрата стронция в стехиометрическом соотношении.

Полученные порошки были исследованы методом рентгенофазового анализа (РФА). Было установлено, что все порошки являются однофазными и содержат только хромит иттрия или хромит лантана.

Для исследования газочувствительных свойств нанопорошки хромитов иттрия и лантана были диспергированы и нанесены на токопроводящий элемент. У полученных пленок измерили удельное поверхностное сопротивление на воздухе, а затем в присутствии газа CO, концентрация которого составляла 50 ppm. Таким образом, в исследованном температурном интервале газочувствительный отклик полученных образцов достигает максимума – 60-65% для хромитов иттрия и 40-47% для хромитов лантана.

Сенсорный сигнал



ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ - 5-(2-((2Z, 5E)-2-(ЦИАНОМЕТИЛЕН)-4-ОКСОТИАЗОЛИДИН-5-ИЛИДЕН)ГИДРАЗНИЛ)-2-ГИДРОКСИБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ (HL)

Янбарисова Я.Ф.^а, Полянская Н.А.^{а,б}, Ковальчукова О.В.^{а,б}

^аРоссийский университет дружбы народов,
117198, Москва, Миклухо-Маклая, 6,
e-mail: yyanbarisova@mail.ru

^бРоссийский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
119071, Москва, Малая Калужская, 1

Металлокомплексные красители являются преобладающим классом красителей для окрашивания шерсти, нейлона и шелка благодаря их превосходной стойкости к стирке и воздействию света по сравнению с неметаллическими. В качестве определения колористических свойств было проведено тест-крашение из этанольных растворов образцов обесцвеченных волос раствором HL и с добавлением солей металлов Ni^{2+} , Fe^{2+} и Zn^{2+} к исходному раствору HL при нейтральном значении pH (рис. 1).



Рисунок 1. Результаты тестового исследования колористических свойств HL и его металлокомплексов.

На основе программы GUSAR была рассчитана токсичность соединений при внутривенном и пероральном введении¹. Согласно расчетным значениям, HL и металлокомплексы на его основе относятся к группе нетоксичных или малотоксичных соединений. Полученные результаты были подтверждены *in vivo*.

Изучение токсического и местно-раздражающего действия проводилось на половозрелых мышах (самцах) при однократном внутрижелудочном введении изучаемого вещества в максимально возможной дозе/объеме, которая составляет 1500, 2650 и 3500 мг/кг.

Результаты токсикометрии, данные наблюдений за экспериментальными животными на протяжении 14 дней после однократного введения, а также данные некропсии позволяют отнести HL к IV классу малотоксичных веществ.

Литература

1. Institute of Biomedical Chemistry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.way2drug.com/gusar/acutoxpredict.html>



СЕКЦИЯ 3

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ПИРО-ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОЖЕЛЕЗИСТЫХ НИОБИЙ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД ЧУКТУКОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Агафонов Д.Г., Садыхов Г.Б.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49,
e-mail: agafonov-1802@mail.ru*

Чуктуконское месторождение (Красноярский край) является одним из самых богатых российских источников ниобия и редкоземельных металлов, потребление которых растет быстрыми темпами. Однако, из-за высокого содержания железа и необогатимости чуктуконских руд физическими способами стандартные технологии переработки становятся не эффективными¹.

С учетом всех особенностей чуктуконских руд в ИМЕТ РАН разрабатывается новая эффективная технология комплексной переработки сырья, включающая в себя как пиро-, так и гидрометаллургические процессы. На первой стадии при восстановительном обжиге (1300-1400°C) удаляется до 98% железа и фосфора в виде чугуна, а ниобий вместе с марганцем остаются в РЗМ-шлаке^{2,3}. На втором этапе при солянокислотном выщелачивании шлака РЗМ и марганец переходят в раствор, откуда в дальнейшем методом дробного осаждения карбонатом аммония извлекаются в виде селективных концентратов⁴. При этом остаток солянокислотного выщелачивания, в котором концентрируются ниобий и титан, обрабатывается разбавленным раствором NaOH для перевода аморфного кремнезема в раствор в виде Na_2SiO_3 . Затем марганцевая шпинель (неразлагаемая фаза шлака) отделяется методом мокрой магнитной сепарации от остатка, в последствии являющегося ниобий-титановым концентратом. Таким образом, разработанный способ позволяет получить концентраты ниобия, РЗМ и марганца, пригодные для дальнейшей переработки и получения из них готовой продукции.

Литература

1. Кузьмин В.И., Гудкова Н.В., Кузьмин Д.В. и др. *Химия в интересах устойчивого развития*, 2018, **26**, 157.
2. Садыхов Г.Б., Копьев Д.Ю., Агафонов Д.Г. и др. *Металлы*, 2020, **3**, 3.
3. Садыхов Г.Б., Агафонов Д.Г., Копьев Д.Ю. *Патент 2811512 РФ*, 2024.
4. Агафонов Д.Г., Садыхов Г.Б., Олюнина Т.В. *Металлы*, 2023, **6**, 3.

Работа выполнена по государственному заданию №075-00320-24-00.

ВЛИЯНИЕ ГАФНИЯ НА РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОРОДА В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ Ni-Co-Cr

Александров А.А., Анучкин С.Н., Каневский А.Г.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской Академии Наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: a.a.aleksandrov@gmail.com*

В современной технике широко используются жаропрочные никелевые сплавы на основе системы Ni-Co-Cr. Главным направлением применения этих сплавов являются энергетика, авиационный и морской транспорт. Одной из вредных примесей в этих сплавах является кислород, его присутствие приводит к снижению служебных свойств данных сплавов. При выплавке этих сплавов в качестве легирующего элемента используют гафний. Легирование им приводит к повышению рабочих характеристик сплавов.

Проведен термодинамический анализ растворов кислорода в расплавах Ni-Co-Cr, содержащих гафний. Рассчитаны зависимости растворимости кислорода в расплавах Ni-Co-Cr от содержания гафния при 1873 К (рис. 1).

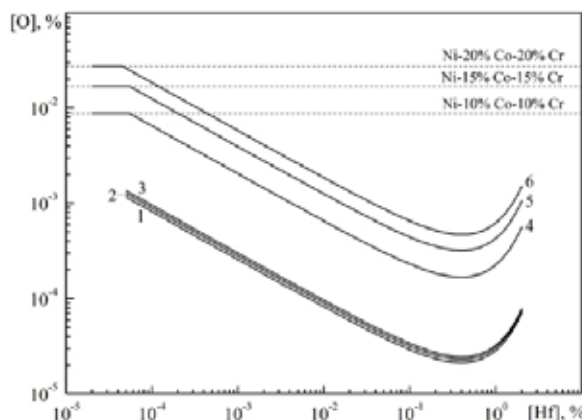


Рисунок 1. Зависимость концентрации кислорода от содержания гафния в расплавах Ni-10%Co (1), Ni-15%Co (2), Ni-20%Co (3), Ni-10%Co-10%Cr (4), Ni-15%Co-15%Cr (5) и Ni-20%Co-20%Cr (6) при 1873 К

Гафний при очень малых содержаниях практически не влияет на концентрацию кислорода в расплавах Ni-Co-Cr. Дальнейшее повышение содержания гафния выше $4,34 \cdot 10^{-5}$ – $5,42 \cdot 10^{-5}$ % (в зависимости от состава сплава) приводит к значительному снижению концентрации кислорода в расплавах, а затем, после прохождения точек минимума (0,397–0,407% Hf), к росту. Гафний обладает высокой раскислительной способностью в расплавах Ni-Co-Cr, однако она значительно ниже, чем в расплавах Ni-Co.

Работа выполнена по государственному заданию 075-00320-24-00.

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОРОДА В УГЛЕРОДСОДЕРЖАЮЩЕМ РАСПЛАВЕ Fe-70% Ni

Александров А.А., Каневский А.Г., Анучкин С.Н.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской Академии Наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: a.a.aleksandrov@gmail.com*

В современном приборостроении и машиностроении требуются сплавы с самыми разнообразными свойствами. К таким сплавам можно отнести прецизионные сплавы на основе системы Fe-Ni. Например, для изготовления сердечников магнитных усилителей, выпрямительных установок, импульсных и широкополосных трансформаторов требуются сплавы с высокими значениями проницаемости и приращений индукции при импульсном намагничивании, обладающие магнитной текстурой – прецизионные магнитно-мягкие сплавы. В частности, для этих целей подходит магнитно-мягкий сплав 68НМ, содержащий 67–69% никеля и 0,03% углерода.

Проведен термодинамический анализ растворов кислорода в содержащих углерод расплавах железа, Fe-70% Ni и никеля. Определены константы равновесия реакций взаимодействия углерода и кислорода, коэффициенты активности при бесконечном разбавлении и параметры взаимодействия в данных расплавах при 1873 К. Рассчитаны зависимости растворимости кислорода в изученных расплавах от содержания углерода. Разница между концентрацией кислорода в железе и никеле при одной и той же концентрации углерода составляет почти два порядка. Продуктами реакции раскисления углеродом являются газообразные оксиды – монооксид (CO) и диоксид (CO₂) углерода. В расплавах железа, Fe-70% Ni и никеля при концентрации углерода более 0,05% содержание CO₂ в газовой фазе незначительно (менее 3,5%). Понижение давления газовой фазы ($\Sigma p = p_{\text{CO}} + p_{\text{CO}_2}$) существенно повышает раскислительную способность углерода. Минимально достигаемые концентрации кислорода для сплавов одного состава снижаются на порядок при понижении в 10 раз общего давления газовой фазы.

Экспериментально исследована раскислительная способность углерода в расплаве Fe-70% Ni. Полученные в атмосфере аргона результаты, соотнесенные к определенному давлению Σp , показали, что, по всей видимости, граница раздела металл – газовая фаза не является идеальной. Над расплавом металла, вероятно, существует непромешиваемый слой газа, содержащий CO и CO₂ в количестве, определяемом содержанием в расплаве углерода и кислорода.

Работа выполнена по государственному заданию 075-00320-24-00.

ПОЛУЧЕНИЕ TiN-ПРОДУКТА ПРИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ НИТРИРУЮЩЕМ ОБЖИГЕ КВАРЦ-ИЛЬМЕНитОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Анисонян К.Г., Садыхов Г.Б., Копьёв Д.Ю., Олюнина Т.В., Панова М.Д.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: kanisonyan@imet.ac.ru*

Для повышения эффективности комплексной переработки Пижемских песчаников в ИМЕТ РАН проводятся исследования по разработке процессов, направленных на доизвлечение ценных компонентов из шламов, с которыми теряются титан, редкоземельные и другие ценные элементы. При магнитной сепарации шлама в магнитный продукт выделяется кварц-ильменитовый концентрат, содержащий 30-45% TiO_2 и 20-25% Fe_2O_3 . Титан находится в составе псевдорутила – продукта лейкоксенизации ильменита. Совместно с титансодержащими минералами в продукт сепарации переходит некоторая часть мелкодисперсного кварца и глинистых минералов. В связи с высокой дисперсностью материала его дальнейшая доводка известными способами практически невозможна.

Перспективным решением проблемы извлечения из шламов титана и других ценных компонентов может быть применение предварительного восстановительного нитрирующего обжига в результате которого образуется TiN. Затем извлечение титана из TiN можно осуществить при низкотемпературном хлорировании полученного продукта (200-500°C). При этом не происходит взаимодействия с хлором рудных компонентов, благодаря чему обеспечивается селективное извлечение титана в виде $TiCl_4$ из низкокачественного сырья.

В настоящей работе была изучена возможность нитрирования кварц-ильменитового продукта карботермическим способом в атмосфере азота. В результате проведенных исследований было установлено, что полный перевод TiO_2 в TiN достигается при температурах 1300-1350°C с добавкой восстановителя в 1,5 раза больше стехиометрически необходимого количества на восстановление TiO_2 и Fe_2O_3 . В этих условиях кроме TiN в продукте нитрирования присутствуют кварц, аморфная силикатная фаза, Fe и Fe_3C . Перед проведением хлорирования продукта нитрирующего обжига потребуются удаление из него железа гидрохимическими способами.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00320-24-00.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ОГНЕУПОРНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ Al_2O_3 РЕЛЬСОВОЙ СТАЛЬЮ

Анучкин С.Н., Александров А.А., Каневский А.Г.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской Академии Наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: AnuchkinSN@yandex.ru*

Огнеупорная керамика является основным материалом для изготовления разливочных стаканов, продувочных пробок и желобов для слива металла. Материал подвергается воздействию со стороны расплавленной стали, что приводит к износу футеровки, образованию микро- и макровключений, а, следовательно, к ухудшению качества стали. В последние десятилетия уделяется большое внимание отрицательному влиянию вредных примесей и неметаллических включений на качество получаемых сталей и сплавов. Это приводит к повышению требований к огнеупорным материалам, которые зависят от сортамента выплавляемых сталей и конкретных производственных условий. Поэтому исследования взаимодействия огнеупорной керамики с металлическим расплавом и явлений, происходящих на поверхности раздела расплав-огнеупор, продолжают оставаться актуальными.

Были исследованы смачиваемость и взаимодействие рельсовой стали (0,79% C, 0,89% Si, 0,55% Cr, 0,93% Mn, 0,0021% O) с керамикой продувочных пробок (91,77% Al_2O_3 ; 3,22% MgO; 2,67% Cr_2O_3 ; 0,8% CaO; 0,15% Fe_2O_3 ; 0,07% SiO_2) в зависимости от состава газовой фазы, температуры и времени контакта. Показано, что наибольшее изменение угла смачивания (θ) наблюдается во время изотермической выдержки после расплавления образца (со 145° до 125° в течение 30 мин). Дальнейшее изменение температурного режима и изотермические выдержки при высоких температурах не оказывают существенного влияния на значения θ . Анализ поперечных срезов металла и керамики (до и после опыта) показал, что по сравнению с исходной сталью, во всех образцах наблюдается уменьшение концентрации углерода (до 0,4 мас.%) и значительное увеличение содержания хрома в металле (до 1 мас.%). Также в металле после опыта наблюдали присутствие Al (до 0,2 мас.%). Это указывает на взаимодействие углерода стали с материалом керамики, восстановлением элементов из оксидов керамики и их переходом в расплав. Увеличение концентрации кислорода в два раза после опыта указывает на возможное увеличение количества неметаллических включений в результате взаимодействия металла с керамикой.

Работа выполнена по государственному заданию 075-00320-24-00.

ОБЪЁМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ ЖЕЛЕЗА, СОДЕРЖАЩИХ ФОСФОР

Филиппов К.С., Анучкин С.Н., Александров А.А.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской Академии Наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: ksfilipp45@gmail.com*

Влияние примеси фосфора в твёрдой и жидкой областях металлургических растворов обычно рассматривается относительно сложной задачи снижения его содержания в готовой продукции. Решение данной задачи состоит в поиске более рациональных технологий рафинирования металла от фосфора. Одной из причин проблем удаления фосфора из расплавов может быть отсутствие достаточно полных знаний о физико-химических и структурных свойствах систем Fe–P и содержащей активную примесь (кислород) Fe–P–O. При выборе направления поиска таких технологий исходили из важности исследований одной из последовательных стадий процесса рафинирования – перехода через границу раздела, зависящей от состояния поверхности и адсорбции реагирующих компонентов и продуктов реакции. Структурные и физико-химические свойства растворов на основе железа исследовали в двух концентрационных интервалах 0,01–0,05 и 0,1–0,25 масс. % фосфора по параметрам плотности и поверхностного натяжения методом большой капли. В режимах нагрева и охлаждения в интервале составов 0,01–0,05 масс. % P значения плотности выше, чем в растворителе железе, что характеризуется отрицательными отклонениями от закона Рауля и образованием более прочных связей между разноимёнными атомами. С увеличением содержания фосфора в железе до 0,1–0,25 масс. % на изотермах режимов нагрева и охлаждения усиливается тенденция к образованию положительных отклонений от закона Рауля. При формировании поверхностных явлений существенное влияние на свойства расплава приобретает адсорбционный фактор за счёт образования оксидной плёнки при низких остаточных содержаниях кислорода и её частичного распада при температуре нагрева до 1700 °C, что особенно заметно с повышением содержания фосфора до 0,1–0,25 масс. %. Количество оставшегося на поверхности вещества, не перешедшего в объём, ведёт к сокращению активной адсорбционной поверхности, что предполагает замедление процесса массопередачи.

Работа выполнена по государственному заданию 075-00320-24-00.

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СТАНЦИЕЙ

Бердикулова Д.Ф.

*Национальный исследовательский технологический университет МИСИС,
119049, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр 1
e-mail: berdikulovadinora1@gmail.com*

Вакуумная станция состоит из электронного вакуумметра ДВ2010ф, вакуумного пластинчато-роторного насоса RS28 и вакуумной камеры

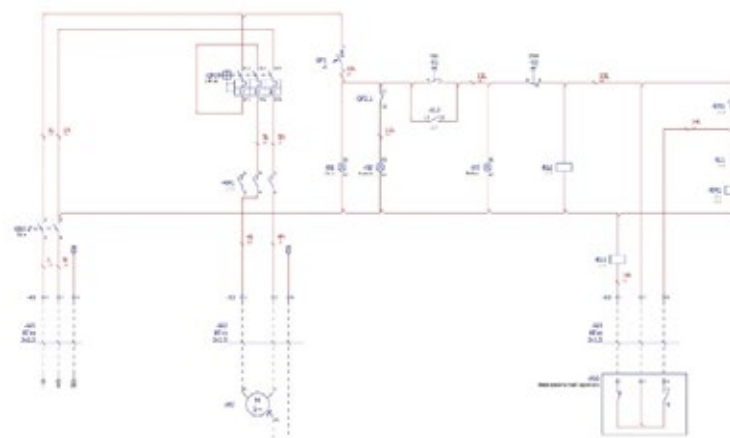


Рисунок 1. Электрическая схема

Вакуумная инфузия - это процесс, который широко применяется в металлургии для улучшения качества и свойств металлических материалов. Этот метод позволяет уменьшить количество включений газов и других дефектов в металле, что приводит к повышению его прочности, твердости и других характеристик. Давайте рассмотрим подробнее, как работает вакуумная инфузия и какие преимущества она предоставляет в металлургической отрасли. Вакуумная инфузия в металлургии основана на принципе удаления газов из расплавленного металла путем создания вакуума в специальной камере. Процесс начинается с разогрева металлического расплава до определенной температуры, при которой газы в нем начинают выделяться. Затем металл помещается в вакуумную камеру, где создается низкое давление, что позволяет газам выйти из металла и быть удаленными из системы.

Литература:

1. Электронный ресурс: Руководство пользователя > Owen Logic

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ

Виноградова С.С., Юсупова А.А.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015. г. Казань, К. Маркса, 68,
e-mail: vsvet2000@mail.ru*

Электрохимическая модификация поверхности в сочетании с низкотемпературным плазменным азотированием усиливает диффузию азота в поверхностный слой и является эффективным способом повышения износостойкости и коррозионной стойкости¹. Изменение состояние поверхности под действием наложенного переменного тока приводит к изменению свойств поверхностного слоя, который становится более восприимчивым к плазменному воздействию, что не только ускоряет процесс диффузии азота при пониженных температурах, но и позволяет увеличить толщину диффузионного покрытия с более высокими показателями коррозионной стойкости².

Исследование поверхности образца, обработанного в низкотемпературной плазме, с подачей переменной составляющей тока выглядит однородной. Ионная бомбардировка приводит к распылению микрошероховатостей и скрытых дефектов по границам зерен и сглаживанию микротрещин. Края заусенцев на ней распыляются, все неровности сглажены, мелких царапин нет. Осаждение карбидной фазы практически не происходит. Результаты испытаний на микротвердость показали, что образец, обработанный в низкотемпературной плазме с наложением переменного тока: микротвердость в слое на глубине до 2 мкм удвоилась от 3,8 до 7,6 ГПа; поверхностный слой стал более плотным по сравнению с поверхностный слой необработанного образца, так как при той же нагрузке индентор проник на меньшую глубину; наибольшая консолидация произошла в слое на глубине до 100 мкм.

Изучение морфологии и химического состава образца поверхностного слоя показало, что коррозионные процессы в контрольном образце происходят на границы зерен, тогда как в образце, обработанном в низкотемпературной плазме с наложением переменной составляющей, они протекали на границах зажившего дефекта и аморфной связи; как содержание основных элементов, так и их соотношение в пересчете уменьшения количества железа, хрома и увеличения количество углерода и особенно кислорода изменились.

Литература

1. Rius-Ayra, O.; Llorca-Isern, N. // Coatings. **2021**. 11. P. 260.
2. И.О. Исакова, С.С. Виноградова, Р.А. Кайдриков, Б.Л. Журавлев // Вестник Казан. технол. ун. –та. **2012**. Т.15. №18. С.83-85.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ КОБАЛЬТА ИЗ ПРОДУКЦИОННЫХ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ РУД

Гаврилов А.С., Ординарцев Д.П., Крашенинин А.Г.,
Алешин Д.С., Реутов Д.С.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии
Уральского отделения Российской академии наук, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена 101,
e-mail: gavrilov_208.90@mail.ru*

Развитие науки и переход к низкоуглеродистой экономике, наметившийся в последние десятилетия стимулировал рост мирового потребления кобальта. Сегодня кобальтовые месторождения практически исчерпаны. Кобальт получают в качестве сопутствующего элемента в процессе извлечения никеля и меди из медистых песчаников, сульфидных-медно-никелевых и окисленных никелевых руд.^{1,2} Ключевым этапом производства, оказывающим влияние на рентабельность процесса переработки руд, является разделение, меди, никеля и кобальта.²

В качестве способа селективного извлечения кобальта применено осаждение из продукционного раствора сернокислотного выщелачивания окисленных никелевых руд (ОНР) 2-нафтолом.³ Достигнуто 99% извлечение кобальта в осадок. После обжига при 750 °С получен огарок, содержащий 90% кобальта в пересчете на Co_3O_4 .

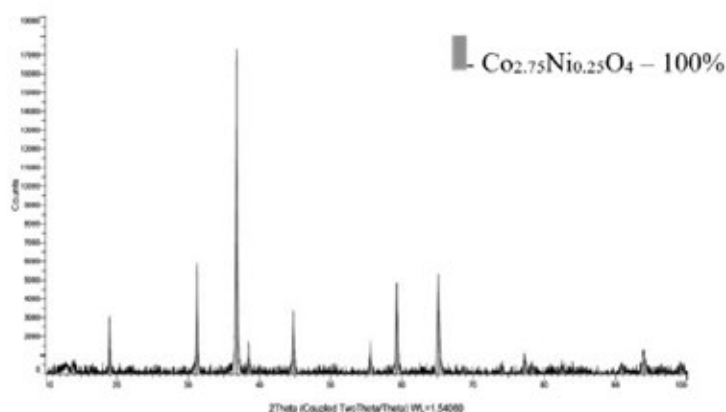


Рисунок 1. Кобальтовый огарок

Литература

1. Минеральное сырье от недр до рынка: в 3-х т.- Т.2. Цветные металлы. Алюминий, медь, никель олово, свинец, цинк. / Под ред. А.П. Ставского. М.: «Научный мир», 2011.- 496 с.
2. Информационно-технический справочник. Производство никеля и кобальта. - М. Бюро НДТ, 2019. - 195 с.
3. Пятницкий И.В. Аналитическая химия кобальта. / Пятницкий И.В.// М.: «Наука». 1965. 260 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЗАМАСЛЕННОЙ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ

Дзюба А.В., Сысоев В.И., Савинов А.С., Харченко А.С.,

Решетова И.В. Щелоков Н.С.

*ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 455000, г. Магнитогорск, Челябинская область, Россия,
e-mail: dzyuba.98@bk.ru*

Проблема утилизации образующихся на металлургическом предприятии железосодержащих мелкодисперсных отходов, в основном, решается путем их использования в качестве компонентов агломерационной шихты^{1,2}. Трудности вызывает рециклинг по этой схеме замасленной прокатной окалины, содержащей до 20-30% масел³. Существующие способы переработки (химический способ, брикетирование, термическая обработка) в настоящее время нерентабельны. Актуальной представляется разработка способа утилизации замасленной окалины прямой загрузкой в доменную печь⁴. Для этого необходимы дополнительные исследования физико-химических свойств замасленной окалины.

Эксперименты проводились в лабораториях кафедры М и ХТ «ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова». Теплопроводность замасленной окалины определили путём сопоставления результатов разностного решения задачи теплопроводности с экспериментальными данными по нагреву контейнерной упаковки объёмом 280 мл, наполненной замасленной окалиной массой 585 г, с фиксацией температуры по оси симметрии и в периферийных слоях контейнера. Нагрев осуществляли в муфельной печи до температуры 200 °С. Скорость нагрева составляла 4 °С/мин. Данная методика позволила определить теплопроводность образца, которая составила 9 Вт/м·°С.

Литература

1. Харченко А.С., Сибатуллин С.К., Сысоев В.И., Осолков С.В. Определение рациональных параметров агломерации титаномагнетитовых руд Суроямского месторождения. *Черные металлы*, 2022, **12**, 10-16.
2. Сысоев В.И., Магасумов Г.З., Дзюба А.В. [и др.] Влияние основности шихты, включающей новый флотационный концентрат Михайловского ГОК, на агломерационный процесс и качество агломерата. *Технологии металлургии, машиностроения и материалообработки*, 2022, **21**, 20-30.
3. Дмитриев А.Н., Шумаков Н.С., Леонтьев Л.И., Онорин О.П. Основы теории и технологии доменной плавки. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 545 с.
4. Рациональные технологические решения при производстве чугуна в доменных печах ПАО "ММК" Харченко А.С., Сибатуллин С.К., Павлов А.В., Полинов А.А. *Черные металлы*. 2021. № 12. С. 10-15.

ПОВЫШЕНИЕ СЕЛЕКТИВНОСТИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ РУД БУРУКТАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Заблоцкая Ю.В., Садыхов Г.Б., Тужилин А.С.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: Nboxclear@gmail.com*

На окисленные никелевые руды (ОНР) приходится около 60% всех запасов никеля в мире. Остальная часть представлена сульфидными медно-никелевыми, которые на данный момент и обеспечивают промышленное производство Ni. Основной сферой потребления никеля (75-80%) является производство нержавеющей и специальных сталей. По данным Международного форума по нержавеющей стали (ISSF) за 2021 год производство нержавеющей стали увеличилось на 16,9%, и в среднесрочной перспективе спрос на никель в этой области будет увеличиваться. Другим быстрорастущим направлением рынка Ni является использование его в батареях для электромобилей, системах хранения энергии в ветряных турбинах и солнечных панелях. В современном мире при непрерывном росте потребления ресурсов преобладающая часть "балансового сырья" никеля быстро истощается, при этом новых богатых запасов сульфидных никелевых руд не выявлено. Что расширяет сырьевую базу за счет вовлечения сравнительно бедных руд, а также освоения месторождений окисленных никелевых руд. При этом ОНР являются гипергенными и залегают вблизи поверхности земли, обуславливая невысокую стоимость добычи открытым способом и делая их перспективными.

На территории России среди крупных месторождений ОНР можно выделить Буруктальское (Оренбургская область), в котором сосредоточены значительные запасы никеля РФ (1377 тыс. т). В ИМЕТ РАН была разработана технологическая схема комплексной гидрометаллургической переработки железистых латеритных никелевых руд Буруктальского месторождения с селективным извлечением никеля и кобальта. Она включает восстановительный обжиг руды и сернокислотное выщелачивание огарка с переводом никеля и кобальта в раствор, и последующее осаждение их в виде смешанного гидроксидного продукта Ni/Co (МНР). Для интенсификации и повышения селективности выщелачивания процесс ведут в присутствии комплексообразующего аммиачного реагента $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00320-24-00.

ТЕРМОДИНАМИКА ИСПАРЕНИЯ СУЛЬФИДОВ

**Казенас Е.К.,^а Андреева Н.А.,^а Астахова Г.К.,^а Волченкова В.А.,^{а,б}
Овчинникова О.А.,^а Пенкина Т.Н.,^а Смирнова В.Б.,^а Фомина А.А.^а**

^а *Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49,
e-mail: ekazenas@imet.ac.ru*

^б *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии
наук, 119017, Москва, Старомонетный пер., 35*

Наличие надежных данных по термодинамике испарения химических соединений (в том числе и сульфидов), входящих в состав перерабатываемого сырья сложного генезиса, является необходимым компонентом для разработки физико-химических основ пирометаллургических процессов.

Приведенный нами термодинамический анализ процессов испарения сульфидов показал, что многие элементы таблицы Д.И. Менделеева образуют химические соединения с серой как в конденсированном, так и в паровом (газовом) состоянии. Было установлено, что молекулярный состав парогазовой фазы многих сульфидов и их смесей существенно сложнее и разнообразнее, чем это представлялось раньше. Кроме мономерных молекул в парах сульфидов были обнаружены разнообразные газообразные молекулы указанных соединений¹.

Впервые систематизированы экспериментальные результаты по термодинамике испарения и диссоциации сульфидов практически всех элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Представлен широкий спектр данных по давлению, составу пара, а также термодинамические характеристики газообразных сульфидов, полученные в результате исследования процессов испарения. Установлены температурные зависимости давления пара над системами Me-S. Приведены таблицы по энтальпии атомизации и образования газообразных сульфидов и составу пара над сульфидами химических элементов, расположенных по группам периодической системы Д.И. Менделеева.

Литература

1. Казенас Е.К. и др. Термодинамика испарения сульфидов. – М.: РАН. Готовится к печати

Работа выполнялась по государственному заданию № 075-00320-24-00.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Калистратов Д.А., Орехова Ю.Н., Наumenко В.В.

*ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», 398040, Липецк, площадь Metallургов, 2,
e-mail: kalistratov_da@nlmk.com*

При производстве непрерывнолитых заготовок довольно важным параметром, которого добиваются, является бездефектное внутреннее строение, образующееся при выплавке. Нарушенная макроструктура непрерывнолитого слитка, связанная с осевой ликвацией химических элементов, скопление различного рода неметаллических частиц – это одни из немногих дефектов, которые могут сохраняться в течении всех переделов и в готовой продукции.

В данной работе проанализировано влияние обработки в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) методом электромагнитного перемешивания (ЭМП) низкоуглеродистой стали 25ГЮ на изменение зон кристаллизации сляба, а также на формирование неметаллических включений.

Схема эксперимента заключалась в сравнении количественных и морфологических параметров неметаллических включений и макроструктуры исследуемого металла плавки, разлитой на УНРС на двух ручьях, на одном из которых включалось в работу оборудование ЭМП в зоне вторичного охлаждения. Оценка проводилась на металлографических шлифах по всей толщине сляба: макроструктура (размеры зон кристаллизации) с использованием стереомикроскопе Leica Sapo с ПО Thixomet после травления реактивом Стэда; загрязнённость неметаллическими частицами с использованием сканирующего электронного микроскопа Tescan Mira 3 с энергодисперсионной приставкой OXFORD с ПО Aztec 5.0 (ASTM E2142).

В результате исследований выявлено:

- центральная зона равноосных кристаллов непрерывнолитого слитка увеличилась до 80 %; в зоне столбчатых кристаллов замечено уменьшение размеров осей 1 и 2 порядка дендритной структуры;
- общая доля неметаллических включений снижена на треть, оксисульфиды на 33 %, сульфиды на 17 %, оксиды на 30 %; размер включений по всей толщине сляба увеличился на 16 %, в центральной равноосной зоне на 18 %;
- структура сложносоставных включений, к примеру, оксисульфидов изменилась: содержание Al в НМВ по всей толщине сляба уменьшилось на 14 %, в равноосной зоне на 26 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕНЕЗИСА ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА ЕГО ЭНЕРГОСОДЕРЖАНИЕ

Богатырева Е.В., Карташева А.И., Ермилов А.Г.

НИТУ МИСИС, 119049, Москва, Ленинский проспект 4, стр.1
e-mail: bogatyreva.ev@misis.ru, anastasia162@yandex.ru

Диоксид церия - компонент твердооксидных топливных элементов, кислородных датчиков, автомобильных катализаторов, полиритов и др.

В работе с применением методики оценки энергетического состояния кристаллической решетки (ЭСР)¹ исследовано влияние генезиса CeO_2 на его энергосодержание (ΔE_Σ): $\Delta E_\Sigma = \Delta E_d + \Delta E_s + \Delta E_e$, где вклад энергии ΔE_d связан с отклонением параметров кристаллической решетки синтезированного CeO_2 от равновесного, а ΔE_s и ΔE_e с размером областей когерентного рассеяния и микродеформаций, соответственно (таблица 1).

№	Осаждение				Термо- обработка осадка t, °C / τ, ч	ΔE _d	ΔE _s
	Система	[Ce], М/ [среда]	Осадитель/ [P], М	Режимы		кДж/моль	
1 ²	Ce(NO ₃) ₃ –H ₂ O	0,08	NH ₄ OH/ 3	Z= 20000 %	400/2	7,94	21,12
					600/2	3,97	11,37
					800/2	0,00	2,11
2 ²	(NH ₄) ₂ Ce(NO ₃) ₆ – Ce(NO ₃) ₃ – изопропанол– H ₂ O	0,08/1:1		Z= 20000% [Ce ⁴⁺ /Ce ³⁺]=0:1	60/2	63,68	49,29
				[Ce ⁴⁺ /Ce ³⁺]=1:3		75,66	50,99
				[Ce ⁴⁺ /Ce ³⁺]=1:1		87,66	50,99
				[Ce ⁴⁺ /Ce ³⁺]=3:1		99,67	52,81
				[Ce ⁴⁺ /Ce ³⁺]=1:0		107,68	52,81
3	Ce(NO ₃) ₃ –H ₂ O	0,36	(NH ₄) ₂ CO ₃ / 2,25	Z= 55 %	300/4+900/ 0,5	11,91	3,50

Таблица 1. Режимы получения CeO_2 и результаты расчета энергосодержания
Примечание к табл.1: [P] –концентрация осадителя; Z – мольный избыток осадителя

Из таблицы 1 видно, что ΔE_Σ CeO_2 *серии 2* в 3,9-76,1 раз выше, чем в *сериях 1 и 3*. Особенность CeO_2 *серии 1* – преобладание величины ΔE_s над ΔE_d , а *серии 3* – максимальное соотношение $\Delta E_d / \Delta E_s$ равное 3,4.

Расчет энергосодержания необходим для оценки реакционной способности CeO_2 и определения областей его перспективного применения.

Литература

- Богатырева Е.В. Эффективность применения механоактивации [Текст]: моногр./ Е.В. Богатырева. – М.: Изд.Дом НИТУ «МИ-СиС», 2017.- 334с.
- Определение содержания Ce(III, IV) в нанодисперсном диоксиде церия химическими методами / А. О. Стоянов, В. К. Иванов, А. Б. Щербаков [и др.] // Журнал неорганической химии. – 2014. – Т. 59, № 2. – С. 139. – DOI 10.7868/S0044457X14020196.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ ИЗ ОКСИДОВ И НИТРИДА НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ Fe-Cr-Mn-Mo-СПЛАВА

Коновалов М.С., Ладьянов В.И., Мокрушина М.И., Овчаренко П.Г.

*Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, 426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной 34,
e-mail: maksim.kov@mail.ru*

В настоящее время весьма перспективными являются материалы на металлической основе, приповерхностные слои которых в результате обработки являются износостойкими металломатричными композитами ¹. Однако, детали из таких материалов могут достаточно быстро разрушаться в процессе работы из-за небольшой толщины функционального слоя. Изготовление детали целиком из металломатричных композитов позволит избежать указанную проблему. В связи с этим, в настоящей работе методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза изготовлены композиты на основе Fe-Cr-Mn-Mo-сплава с различным содержанием неметаллических включений. В зависимости от концентрации неметаллической фазы данные включения представляли собой структурированные конгломераты (СК) или группировки из них. В центральной части СК были сосредоточены оксиды магния (преимущественно) и алюминия, а по периферии включений – нитрид алюминия. Сравнительные испытания на абразивное изнашивание полученных композитов проводили в условиях сухого трения образцов по поверхности закрепленного абразива – электрокорундовой шкурки Р400 и Р80 с размером абразивных частиц 28 – 40 мкм и 200 – 250 мкм, соответственно. В результате было показано, что увеличение содержания СК от 1,09 до 1,73 мас. % способствует повышению износостойкости композитов при испытании на всех абразивах. Однако, при последующем повышении концентрации включений в композитах вплоть до 3,38 мас. % при использовании шкурки Р80 износостойкость снижалась, а при применении шкурки Р400 – продолжала повышаться. Выявленные зависимости объяснены с учетом обнаруженного изменения структуры включений при увеличении в композитах доли неметаллической фазы. В частности, с учетом обнаруженной склонности СК к объединению в крупные группировки из единичных СК при превышении содержания неметаллической фазы 1,73 мас. %.

Литература

1. Wu B., Ibrahim M.Z., Raja S. et al. *Journal of Materials Research and Technology*, 2022, **20**, 1940. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.07.172>

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЛАВА СИСТЕМЫ Fe-Cr-Mo-N-C, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СВС

Коновалов М.С., Ладьянов В.И., Мокрушина М.И.

*Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, 426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной 34,
 e-mail: maksim.kov@mail.ru*

Одним из основных способов предупреждения и предотвращения точечной коррозии металлических деталей является рациональный выбор сплава для их изготовления. Произвести предварительную оценку потенциальной стойкости к точечной коррозии сплава на основе железа возможно посредством расчета индекса *MARC* ¹. Данный индекс вычисляется на основе химического состава сплава:

$$MARC = \%Cr + 3,3 \cdot \%Mo + 20 \cdot \%N + 20 \cdot \%C - 0,5 \cdot \%Mn - 0,25 \cdot \%Ni$$

где %Cr, %Mo, %N, %C, %Mn, %Ni – содержание химических элементов в сплаве (масс. %).

В соотношении для индекса *MARC* углерод, азот и молибден рассматриваются как положительно влияющие факторы на коррозионную стойкость, а никель и марганец – как отрицательный. Однако, углерод может снижать коррозионную стойкость из-за образования карбидов. Одним из наиболее рациональных способов получения высокоазотистого сплава системы Fe-Cr-Mo-N-C является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) ². Таким образом, в настоящей работе исследовали влияние концентрации углерода на структуру, твердость и стойкость к точечной коррозии сплавов, произведенных методом СВС под давлением азота. Химический состав сплавов (масс. %): хрома 21,0 – 23,5; молибдена 2,0 – 2,3; азота 1,15 – 1,20 и углерода 0,09 – 0,30 при значении индекса *MARC* более 50. В результате проведенной работы было установлено, что в литом состоянии сплавы с содержанием 0,09 и 0,30 % углерода имеют микроструктуру из смеси феррито-нитридной структуры и аустенита. После закалки от 1250 °С образцы становятся полностью аустенитными. При этом их твердость составляет 22 – 24 *HRC* (0,09 % углерода) и 28 – 30 *HRC* (0,30 % углерода). Испытания на стойкость к точечной коррозии по ГОСТ 9.912-89 показали, что образцы с содержанием как 0,09, так и 0,30 % углерода являются стойкими к точечной коррозии.

Литература

1. Speidel M.O. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 2006, **37** (10), 875. <https://doi.org/10.1002/mawe.200600068>
2. Ладьянов В.И., Дорофеев Г.А., Кузьминых Е.В., Карев В.А., Лубнин А.Н. *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*, 2019, **62** (2), 154. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2019-2-154-162>

ПОЛУЧЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИН С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ СЛОЕМ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ

**Копытский В.О.,^а Малахов А.Ю.,^а Денисов И.В.,^а Шахрай Д.В.,^б
Боярченко О.Д.,^а Ниезбеков Н.Н.,^а Серопян С.А.,^а Волченко Е.И.^а**

^а *Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
им. А.Г. Мерджанова Российской академии наук, 142432, Черноголовка, Академика Осипьяна 8,
e-mail: kvo@ism.ac.ru*

^б *Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии,
142432, Черноголовка, проспект акад. Семенова, 1*

Однородные материалы не всегда отвечают растущим требованиям разных отраслей промышленности. Поэтому, часто используют многослойные материалы, сочетающие свойства исходных материалов. Одним из оптимальных способов получения таких материалов является сварка взрывом. Например, сварка взрывом используется для получения многослойного материала на основе алюминиевого сплава и стали. Вследствие резкого различия в свойствах, такие материалы получают с использованием промежуточных прослоек из разных металлов и сплавов.

В данной работе сваркой взрывом были получены три трехслойных образца с разным промежуточным слоем, из следующих компонентов: основной слой – АМгб, промежуточный слой – титан/молибден/ванадий, и метаемый слой – 12Х18Н10Т. В качестве взрывчатого вещества использовалась смесь аммиачной селитры с дизельным топливом. Зазоры между слоями во всех экспериментах были равны 2 мм.

Металлографические исследования образцов позволили оценить сплошность соединения и определить вид полученных границ соединения. Во всех трех образцах между промежуточным и основным слоем граница имела прямолинейный профиль, а между метаемым и промежуточным слоем – волнообразный. В образцах с титаном и молибденом на границах соединения были обнаружены области динамической рекристаллизации в участках вихревых зон и полос локализованного сдвига, которые образовались вследствие интенсивной пластической деформации границы соединения. В образце с ванадиевой прослойкой обнаружена механическая смесь частиц ванадия в матрице из АМгб толщиной 40 мкм, что свидетельствует о высокой степени перемешивания материала. Таким образом, проведенное исследование подтверждает перспективность использования выбранных промежуточных слоев для получения трехслойных пластин с прочным соединением.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-19-00446.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МИКРОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ВОЛЬФРАМА (IV) ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Кузнецова О.Г., Левин А.М., Анохин А.С., Левчук О.М.,
Больших А.О, Леонтьев В.Г.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской Академии Наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: olyakolya@mail.ru*

Проведен сравнительный анализ электрохимических методов переработки металлического вольфрама под действием постоянного и переменного синусоидального тока промышленной частоты 50 Гц в растворах карбоната аммония ($0,5 \div 1,0$ М), позволяющих получать паравольфрамат аммония путем упаривания электролита¹. Плотность тока варьировали в интервале от 0,3 до 2,0 А/см², температуру электролита - от 20 до 50°С. Показано, что применение постоянного тока обеспечивает высокоскоростное растворение вольфрама (~ 2300 мг/см²·ч) с выходом по току ~ 100 %, однако при переходе к переменному току скорость растворения вольфрама снижается в 2 раза, выход по току падает до ~ 80 % (при сопоставимых параметрах проведения процесса).

Установлено, что преимуществом применения переменного тока в растворах карбоната аммония является возможность электрохимического синтеза микродисперсного порошка на основе WO₂ из металлического вольфрама при плотности тока более 0,5 А/см² и температуре электролита 20°С. Получаемый порошок обладает развитой структурой поверхности с преимущественным размером частиц $3 \div 10$ мкм.

Выявлен режим электрохимической переработки техногенных отходов металлического вольфрама под действием переменного тока, позволяющий достигнуть степень извлечения вольфрама в микродисперсный порошок ~ 40 %. Порошок может быть подвергнут дополнительному измельчению с целью дальнейшего получения микродисперсного порошка металлического вольфрама методом водородного восстановления².

Литература

1. Кузнецова О.Г., Левин А.М., Леонтьев В.Г., Севостьянов М.А., Больших А.О., Левчук О.М. *Металлы*, 2024, **2**, 3.
2. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Металлургия редких металлов. - М.: *Металлургия*, 1973. - 608с.

Работа выполнена по Государственному Заданию № 075-00320-24-00.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ВЫПЛАВКИ ПОЛУПРОДУКТА В ДСП НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРОДА В СТАЛИ

Подкур С.В., Котельников Г.И.

*Кафедра металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов,
Национальный исследовательский технологический университет МИСИС,
119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1,
e-mail: sergeypodkur@gmail.com*

Влияние влажных материалов и воздуха, контактирующих со сталью в процессе её выплавки, на содержание водорода в получаемом металле известно металлургам давно.¹⁻³ В данном исследовании эти факторы рассмотрены в комплексе с воздействием особенностей технологии выплавки полупродукта в современной дуговой электросталеплавильной печи.

Предварительная термодинамическая проработка вопроса образования продуктов взаимодействия влаги с металлом в высокотемпературной зоне электрических дуг показала возможность образования различных молекулярных соединений, которые должны приводить к усиленному потоку водорода в полупродукт.

Статистический анализ данных промышленных плавов, проведенных в условии реального металлургического производства, показал, что увеличение влажности атмосферного воздуха и длительности работы электрических дуг в ДСП приводит к росту содержания водорода в стали на этапе промежуточного ковша машины непрерывного литья заготовок.

Литература

1. Морозов А.Н. Водород и азот в стали / А. Н. Морозов. – М.: Металлургия, 1968. – 280 с.
2. Чуйко Н.М. Теория и технология электроплавки стали / Н.М. Чуйко, А.Н. Чуйко. – Киев; Донецк: Головное издательство, 1983. – 248 с.
3. Касаткин Г.Н. Водород в конструкционных сталях / Г.Н. Касаткин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 336 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ Al-Ni-Co-Cu-Zr В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ И ЖИДКОМ СОСТОЯНИЯХ

**Русанов Б.А.,^а Сидоров В.Е.,^а Сон Л.Д.,^б Карфидов Э.А.,^в Русанова А.И.,^б
Сабирзянов А.А.,^а Букреева Ю.К.,^а Перевышин В.А.,^а Ладьянов В.И.^г**

^а Уральский государственный педагогический университет, 620991, Екатеринбург, пр. Космонавтов 26,
e-mail: rusanov@uspu.ru

^б Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена 101

^в Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, 620066, Екатеринбург, ул. Академическая 20

^г Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, 426067, Ижевск, ул. Татьяны Барамзиной 34

Высокоэнтروпийные сплавы (ВЭС) активно исследуются в последние годы, благодаря возможности получения на их основе материалов, обладающих высокими значениями механических свойств и коррозионной стойкости. В настоящей работе приведены основные результаты изучения физико-химических свойств – плотности, электрического сопротивления, магнитной восприимчивости и коррозионной стойкости ВЭСов AlNiCoCuZr.

Плотность сплавов изучена методом проникающего гамма-излучения, электрическое сопротивление – бесконтактным методом во вращающемся магнитном поле, магнитная восприимчивость – методом Фарадея. Все опыты проведены в интервале температур 300 – 1800 К. Относительная погрешность измерений не превосходит 3%. Коррозионная стойкость исследована после 1500 часов выдержки в 5% растворе NaCl, а также посредством снятия циклических вольтамперных зависимостей.

Установлено, что ВЭСы AlNiCoCuZr характеризуются нетипичными зависимостями электромагнитных свойств¹. Исследованные составы имеют высокие значения коррозионной стойкости.

Экспериментальные данные о структурно-чувствительных и коррозионных свойствах сплавов AlNiCoCuZr могут быть использованы для оптимизации процессов получения готовых изделий на их основе.

Литература

1. Rusanov B.A., Petrova S.A., Bykov V.A., Bukreeva J.K., Sterkhov E.V., Sidorov V.E., Rusanova A.I., Son L.D. Intermetallics, 2023, **161**, 107975

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-22-00029.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФИЗИРУЮЩИХСЯ РАСПЛАВОВ Al-ПМ-РЗМ

**Русанов Б.А.,^а Сидоров В.Е.,^а Русанова А.И.,^б Сабирзянов А.А.,^а
Сон Л.Д.,^б Перевышин В.А.,^а Ладьянов В.И.,^в Бельтюков А.Л.^в**

^а Уральский государственный педагогический университет, 620991, Екатеринбург, пр. Космонавтов 26,
e-mail: rusanov@uspu.ru

^б Институт металлургии УрО РАН, 620016,
Екатеринбург, ул. Амундсена 101

^в Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
426067, Ижевск, ул. Татьяны Барамзиной 34

Сплавы алюминия с переходными (ПМ) и редкоземельными металлами (РЗМ) обладают уникальными механическими и антикоррозионными свойствами в аморфном и нанокристаллическом состояниях. Основная проблема здесь заключается в получении качественных аморфных и нанокристаллических образцов, а это невозможно без специальной подготовки расплавов к быстрой закалке.

В настоящей работе выплавлены образцы сплавов $Al_{86}Ni_{8-x}Co_xR_6$ ($x = 2-4$; $R = Ce, Sm, Tb$). Определена их атомная структура (с помощью дифракции рентгеновских лучей), микроструктура и морфология поверхности (с помощью оптической и электронной микроскопии). Установлены характеристические температуры (солидус, ликвидус) и величины тепловых реакций при нагреве до 1600 К и последующем охлаждении. В режиме нагрева и последующего охлаждения изучены температурные зависимости плотности, вязкости, электросопротивления и магнитной восприимчивости данных сплавов. На политермах плотности и вязкости обнаружен гистерезис свойств (несовпадение кривых нагрева и охлаждения) при температурах ниже 1350 – 1300 К, тогда как температурные зависимости электросопротивления и магнитной восприимчивости, полученные в ходе нагрева и охлаждения, совпадают.

Для получения качественных аморфных лент предложены режимы термообработки расплавов перед закалкой. Аморфные сплавы получены в виде лент методом спиннингования в защитной атмосфере аргона. Установлено, что на первой стадии кристаллизации изучаемых аморфных лент выделяются наночастицы алюминия, а на второй стадии происходит образование интерметаллидов $Al_{19}Ni(Co)_5R_3$ и $Al_{23}Ni(Co)_6R_4$. Эти соединения возникают на границах наночастиц алюминия и затормаживают их дальнейший рост, что и приводит к стабилизации нано-кристаллического состояния.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-23-00177.

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАНАДИЯ В РОССИИ И АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО РАЗВИТИЯ

Садыхов Г.Б.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: Sadykhov@imet.ac.ru*

Производство ванадия в России было организовано в годы индустриализации СССР. Первые работы начаты на Керченском МЗ с использованием бедных по V фосфористых железных руд. В 1932 г. построен опытный цех, а в 1937 г. было получено около 16 т. V.

Одновременно проводились работы по доменной плавке титаномаг-нетитов с получением V-чугуна. Уже в 1936 г. на ЧусМЗ начал работать цех феррованадия. Для обжига шлаков была принята сильвинитная технология. Это позволило полностью освободить страну от его импорта. В 1939 г. доменная плавка кусинских титаномагнетитов проверена на ЧусМЗ, а затем была внедрена в промышленность. V-чугун перерабатывали в мартеновских печах. В марте 1941 г. промышленные испытания продолжались на Енакиевском МЗ в Донбассе. Чугун перерабатывали в бессемеровском цехе с получением V-шлака и стали, что позволило доработать технологию для сооружаемого в то время бессемеровского цеха ЧусМЗ. В 1942 г. на ЧусМЗ приступили к сооружению большой доменной печи. К началу 1945 г. выплавка V-чугуна по сравнению с 1940 г. выросла в 3 раза. После войны на ЧусМЗ непрерывно совершенствовалась технология производства V. С 1963 г. завод начал получать титаномагнетитовый концентрат из Гусевогорского месторождения. В шлаке выросло содержание V и уменьшилось содержание Si и Cr. В 1977 г. ЧусМЗ перешел на содовую технологию обжига шлаков. В 1960-1970 гг. на НТМК была освоена выплавка V-чугуна из концентрата Гусевогорского месторождения. В 1974 г. на Новотульском МЗ была реализована известковая технология извлечения V из конвертерных шлаков. В результате СССР стал крупным производителем V.

В 1997-2001 гг. в ИМЕТ РАН совместно с Ванадий-Тула проводились масштабные исследования по совершенствованию известковой технологии. В результате были существенно улучшены технико-экономические показатели производства. В настоящее время Компания «Евраз» в Тульской области строит новый завод для производства V по известковой технологии.

В ИМЕТ РАН продолжаются исследования по актуальным направлениям извлечения V из различных видов сырья.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00320-24-00.

ЛЕТУЧЕСТЬ КОМПОНЕНТОВ РАСПЛАВЛЕННЫХ СМЕСЕЙ MCl_4 – $MeCl$ ($M = U, Th, Hf, Zr, Ti$; $Me = Cs \div Li$)

Салюлев А.Б., Кудяков В.Я.

*Институт высокотемпературной электрохимии Уральского Отделения Российской Академии Наук,
620066, Екатеринбург, ул. Академическая, 20,
e-mail: salyulev@mail.ru*

На основании экспериментальных данных, полученных преимущественно сотрудниками Института (ИВТЭ УрО РАН), обсуждены закономерности изменения состава насыщенных паров и летучести компонентов расплавленных смесей тетрахлоридов урана и некоторых других металлов ($ThCl_4$, $HfCl_4$, $ZrCl_4$, $TiCl_4$) с хлоридами щелочных металлов в зависимости температуры, концентрации и катионного состава расплавов I.

Четырехвалентные уран, торий, гафний, цирконий и титан в расплавленных хлоридах щелочных металлов выступают в качестве мощных комплексообразователей, поэтому их растворение сопровождается существенными перегруппировками связей частиц, приводящих к образованию прочных комплексных анионов. Комплексообразование проявляется в резком понижении давления насыщенных паров тетрахлорида соответствующего металла. Прочность образуемых в расплавах комплексных хлоридных анионов многовалентных металлов существенно возрастает при уменьшении их концентрации, замене соли-растворителя в ряду от $LiCl$ к $CsCl$ и температуры. В результате – величины летучести UCl_4 , $ThCl_4$, $HfCl_4$, $ZrCl_4$, $TiCl_4$ и состав паров над их растворами в ионных расплавах варьируются в очень широких пределах. При этом значительно более легколетучие в индивидуальном состоянии, по сравнению с UCl_4 и $ThCl_4$, тетрахлориды гафния, циркония и титана (особенно $TiCl_4$) имеют и более высокие летучести и содержания в насыщенных парах над растворами в расплавленных хлоридах щелочных металлов.

Найденные температурные, концентрационные и композиционные зависимости состава насыщенных паров и летучестей компонентов расплавленных смесей могут быть использованы в качестве справочного материала при организации различных пирометаллургических и пирохимических (например, электролитических) процессов, базирующихся на солевых расплавах, в частности, для получения чистых металлов и сплавов, регенерации отработанного ядерного топлива и других целей.

Литература

1. Salyulev A.B., Kudakov V.Ya. *Russian Metallurgy (Metally)*, 2023, **2021**, 986.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ

Акбердин А.А.,^а Ким А.С.,^а Султангазиев Р.Б.,^б Аубакиров Д.Р.,^б Орлов А.С.^а

^а Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Казахстан,
г. Караганда, ул. Ермекова 63, e-mail: boron_213@mail.ru

^б НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
Казахстан, г. Караганда, пр. Н. Назарбаева 56

Основным методом построения диаграмм состояния является экспериментальный¹. Но применяются и расчётные, базирующиеся на изучении зависимости свободной энергии системы от температуры, давления, концентрации всех компонентов во всех фазах².

В настоящей работе ставится и решается другая задача. Она предусматривает математическое описание существующих диаграмм состояния для поиска вида и количества образующихся фаз.

В качестве объекта исследования выбрана диаграмма Fe-Fe₃C, графически представленная на рисунке.

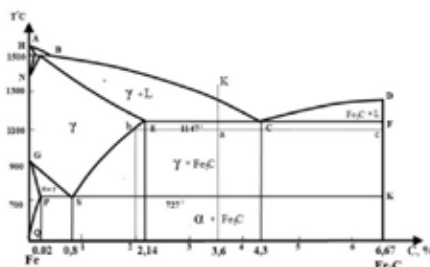


Рисунок. Диаграмма состояния системы Fe-Fe₃C

На основе уравнений, описывающих линии ликвидуса и солидуса во всех областях диаграммы создана математическая модель и компьютерная программа для расчёта фазового состава металла в системе Fe-Fe₃C. При вводе в компьютер содержания углерода и температуры программа автоматически определяет область нахождения металла, проводит расчёт и выводит фазовый состав в массовых процентах. Этот подход может быть использован для разработки математических моделей и программ и для других систем. Метод протестирован с использованием известного способа отрезков (рычага) и дает более точные значения количества фаз.

Литература

1. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургиздат, 1986. – 648 с.
2. Кауфман Л., Бернштейн Х. Расчёт диаграмм состояния с помощью ЭВМ. – М.: Мир, 1972. – 333 с.

ДИАГРАММА ФАЗОВОГО СОСТАВА AlSiMn

Байсанов С., Толоконникова В.В., Нарикбаева Г.И., Корсукова И.Я.

*Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева,
100009, Казахстан, г. Караганда, ул. Ермакова, 63,
e-mail: tolokon-splav@mail.ru*

Одним из путей достижения повышения качества сталей является вовлечение для их производства комплексных сплавов на основе алюминия, кремния, марганца, хрома и т.д.¹

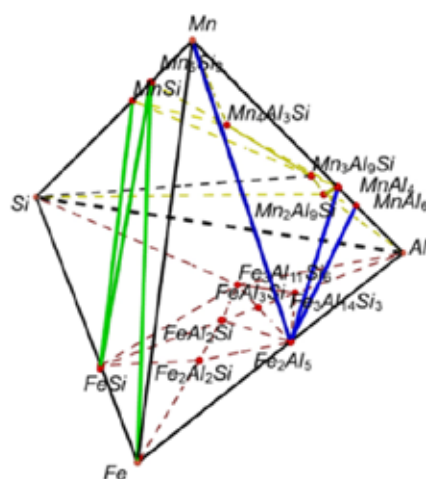


Рисунок 1. Диаграмма фазового строения системы Fe-Si-Al-Mn

Составы сплава AlSiMn (Fe – 15-20%; Si – 40-50%; Al – 10-25%; Mn – 10-30%) моделируется тетраэдром FeSi-Fe₃Al₁₁Si₆-Si-MnSi. Высоко-° по алюминию AlSiMn включает в себя фазы, (в %): FeSi = 1,755; Fe₃Al₁₁Si₆ = 53,175; Si = 29,92; MnSi = 15,15. Состав низко-° по алюминию AlSiMn включает в себя фазы, (в %): FeSi = 21,59; Fe₃Al₁₁Si₆ = 21,27; Si = 11,69; MnSi = 45,45^{2,3}.

Литература

1. Baisanov S. // Proceedings of the thirteenth international ferroalloys congress «Efficient Technologies in Ferroalloy Industry» INFACON XIII. – Almaty, 2013. – Vol. II. – P. 60-620.
2. Патент на изобретение РК 33719. Шихта для выплавки комплексного хромистого сплава алюмосиликохром в руднотермических печах / Байсанов С., Шабанов Е., Байсанов А., Мусин А., Махамбетов Е., Оспанов Н., опубл. 28.06.2019, Бюл. №26. – 5 с.
3. Патент на изобретение РК № 32266 Алюмосиликомарганцевый сплав / С.О. Байсанов, М.А. Набиев, А. С. Байсанов, Е. К. Мухамбеталиев, М.Ж. Толымбеков; опубл. 31.07.2017, бюл. №14. – 6 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК по гранту ИРН № AP23487925.

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МИКРОТВЁДСТЬ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА

Цуцкиридзе В.Н., Петрова В. Ф., Кузнецова А.А.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28
e-mail: tsutskiridze.vika@mail.ru*

Трубные заготовки из аустенитных коррозионностойких сталей широко используются в машиностроении, атомной, нефтеперерабатывающей и химической промышленности. Процесс производства полуфабрикатов и конечной продукции из этих сталей включает этап горячей деформации прокаткой и ковкой.

Целью исследования являлась оценка влияния степени деформации на микроструктуру и микротвёрдость аустенита коррозионностойкой стали.

Объектом исследования являлись образцы, вырезанные из трубной заготовки, полученной послековки и прокатки из стали 08X18H10T. Непрерывнолитая заготовка диаметром 184 мм подвергалась прокатке до диаметра 160 мм (образец №1, $\varepsilon = 13\%$). Другая заготовка с диаметром 360 мм подвергалась ковке до диаметра 190 мм (образец №2, $\varepsilon = 45\%$).

Микроструктуру вырезанных образцов выявляли электролитическим травлением полированных образцов в 10% водном растворе щавелевой кислоты с использованием оптического микроскопа LeicaDMi8, МИМ-8 и Versa-3D при увеличениях 250 и 1000 крат соответственно.

Микротвёрдость измеряли на микротвердомере ЛОМО ПМТ – 3 с нагрузкой 50 грамм.

Микроструктура образцов - аустенит и карбиды. Существует тенденция уменьшения размера аустенитного зерна от центра к поверхности как кованой, так и горячекатаной заготовки, но в кованой заготовке наблюдается разнотвёрдость.

Средний показатель микротвёрдости в поверхностной части кованой заготовки составляет 255 HV, в центральной 219 HV. В горячекатаной заготовке в поверхности 176 HV, в центре 174 HV.

Таким образом, наличие разнотвёрдости в кованой заготовке и более высокие значения микротвёрдости косвенно подтверждает, не прошедшую в полной мере при ковке, рекристаллизацию.



СЕКЦИЯ 4

**РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ,
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
И ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ В ЭКОНОМИКЕ
ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА**

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ЛЕЙКОКСЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Копьёв Д.Ю., Анисонян К.Г., Олюнина Т.В., Садыхов Г.Б.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119334, Москва, Ленинский пр-т, 49,
e-mail: dkopyev@imet.ac.ru*

В России металлический титан производится на предприятии «ВСМПО-АВИСМА» по хлорному способу, а пигментный диоксид титана - на предприятии «Крымский титан» сернокислотным способом. В качестве сырья используются импортные ильменитовые концентраты. Для решения проблемы сырьевой зависимости в ИМЕТ РАН проводятся исследования, направленные на переработку лейкоксенового концентрата Ярегского месторождения с получением пористого аносовита, пригодного для производства титана и его пигментного диоксида.

Лейкоксеновый концентрат содержит около 50% TiO_2 и 40% SiO_2 . Часть кварца присутствует в виде самостоятельных зёрен. Образующийся в результате восстановления железистый аносовит и кварц имеют контрастные магнитные и электрические свойства, что делает возможным удаление зёрен кварца с помощью магнитной (МС) или электростатической сепарации (ЭС). Сепарацию проводили на лейкоксеновых концентратах, восстановленных при 1400°C в присутствии 5% восстановителя (технического углерода). Перед сепарацией восстановленный концентрат делили на несколько классов крупности на ситах.

В результате исследований было установлено, что как при МС, так и при ЭС удастся отделить кварцевые зёрна от зёрен восстановленного лейкоксена. Однако лучшая селективность была достигнута при ЭС. Причиной этого является наличие незначительного количества частиц восстановленного железа на зёрнах кварца из-за образования легкоплавких эвтектик в системе FeO-SiO_2 при восстановлении. При этом зёрна кварца получают объёмные магнитные свойства и локальную поверхностную проводимость как у титансодержащих зёрен. Такие зёрна кварца обладают постоянными магнитными свойствами и их отделение затруднено даже при применении нескольких перечисток МС. Однако проводящие свойства поверхности кварцевых зёрен в различных точках отличаются. Поэтому, если при первой ЭС кварцевое зерно соприкоснулось с барабаном проводящей частью поверхности и попало в концентрат, то при последующих перечистках такие зёрна могут соприкасаться с барабаном непроводящей поверхностью и выделяться в хвосты.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00320-24-00.

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫМ БЕНТОНИТОМ

Атаманова О.В., Тихомирова Е.И.

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, Политехническая, 77,
e-mail: O_V_Atamanova@mail.ru

В настоящее время для очистки производственных сточных вод используются разные технологии. Одной из наиболее перспективных признана адсорбционная очистка воды¹. В качестве сорбционного материала целесообразно применение модифицированных бентонитов².

По результатам исследований бентонита, модифицированного углеродными нанотрубками (УНТ), получены изотермы адсорбции ионов Fe^{2+} и о-фенилендиамина (о-ФДА).

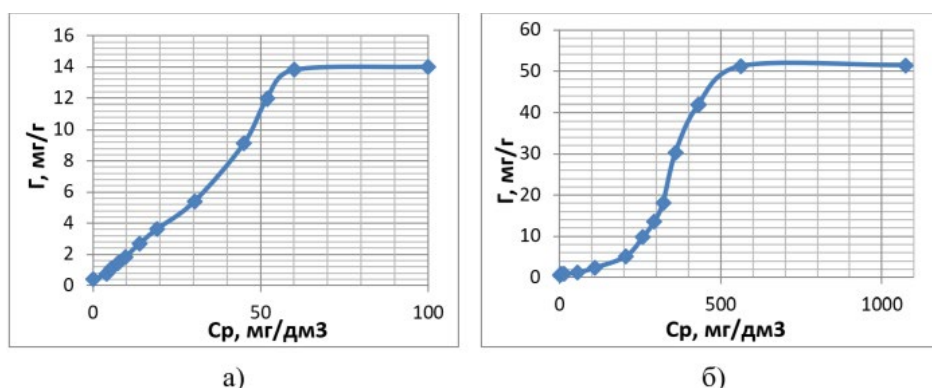


Рисунок 1. Изотермы адсорбции ионов Fe^{2+} (а) и о-ФДА (б) на бентоните, модифицированном УНТ в статических условиях

Установлены характеристики адсорбции ионов Fe^{2+} и о-ФДА бентонитом, модифицированным УНТ в статических условиях.

Таблица 1. Характеристики адсорбции ионов Fe^{2+} и о-ФДА

Вещество	Статическая обменная емкость, COE, мг/г	Коэффициент межфазного распределения, K_d , дм ³ /мг	Степень адсорбционного извлечения, S, %
Ионы Fe^{2+}	14,056±0,336	0,140 ± 0,013	90,09 ± 4,48
о-ФДА	51,310±0,815	0,050±0,004	74,14±1,757

Литература

1. Atamanova, O.V., Tikhomirova, E.I., Kassymbekov, Z.K., Podoksenov, A.A. *Water and Ecology*, 2020. **1** (81). Pp. 3-12.
2. Atamanova, O., Tikhomirova, E.I., Podoksenov, A.A., Glubokaya, A.S., Simonova, Z.A. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022. **1061**(1), 012027.

ПОДГОТОВКА ШЛАМОВ ШАХТНЫХ ПЕЧЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ ПЕРЕДЕЛУ

**Берсенов И.С., Берсенов Е.С., Бардавелидзе Г.Г.,
Леонов А.И., Полуяхтов Р.А.**

*ООО «Научно-производственное внедренческое предприятие ТОРЭКС»,
620902, Российская Федерация, Свердловская область, г. Екатеринбург,
пос. Полеводство, ул. Старожилов, 72,
e-mail: i.bersenev@torex-npvp.ru*

Очистка колошниковых газов печей «Мидрекс» и «Хил» осуществляется в скрубберах-промывателях, а продукты очистки представлены шламами. Подвергая их рециклингу, возможно приблизить существующее производство к модели экономики замкнутого цикла. Содержание железа в шламах составляет 61...82%, что делает их ценным сырьем. С учетом текущего образования шламов и депонированных объемов, возможна ежегодная отгрузка подобного материала в количестве 100-150 тыс.т. в течение 20 лет и более. Шламы состоят преимущественно из мелких фракций, имеют высокое значение удельной поверхности и находятся в виде пульпы. Для вовлечения их в металлургический передел необходимо обеспечить их обезвоживание и транспортабельность (в том числе в зимний период).

Исследования показали, что обезвоживание шламов до уровня массовой доли воды 8% возможно за счет использования сгустителей и пресс-фильтров. При сгущении шламов рекомендуется использование коагулянтов (например, полиоксихлорид алюминия марки «Аква-РАС 30»), что позволяет сократить диаметр сгустителя в 2-3 раза. Обезвоживание шламов предлагается проводить в пресс-фильтрах. Фильтрация в вакуум-фильтрах неэффективна даже при интенсификации за счет анионного ПАВ типа «Ferry» и/или подогрева паром. Профилактирование обезвоженных шламов известью до уровня влажности 6,0... 6,5% (дозировка извести 4%) позволяет исключить их смерзание в условиях отрицательных значений температуры окружающего воздуха. Однако, массовая доля железа в них снижается, а себестоимость (за счет добавки дорогостоящей извести) – растет. При сушке шлама при температуре 200°C влажность шлам снижается до 4,5% за ≈17,3 минуты, при температуре 400°C за ≈12,2 минуты; при температуре 600°C за ≈8 минут; при температуре 800°C за ≈7 минут. Удельный расход природного газа на сушку составит 5,3...6,5 нм³/т.

С точки зрения производства оптимальным вариантом подготовки шламов является схема «сгущение-фильтрация-сушка». Она обеспечивает максимальную гибкость производства и позволяет сохранить высокие металлургические свойства шлама.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДЕЗАКТИВИРОВАННЫХ ПЛАТИНОРЕНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Блохин А.А., Анохин Р.Р., Мурашкин Ю.В.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
198003, Санкт-Петербург, Московский пр., 26,
e-mail: blokhin@list.ru*

Производство высококачественных бензинов основано на процессе каталитического риформинга с использованием биметаллических катализаторов, представляющих собой гранулированный активный оксид алюминия с распределенными по его поверхности платиной и рением. Отработавшие свой ресурс катализаторы выводят из процесса. Эти катализаторы содержат платину и рений в количествах 0,25–0,4 масс. % по каждому компоненту, что существенно превышает содержание этих металлов в рудном сырье, традиционно используемом для их получения.

Среди различных принципиальных способов переработки отработанных платинорениевых катализаторов предпочтение было отдано варианту, основанному на последовательном извлечении вначале рения, затем платины. На примере отработанного катализатора КР-108 исследовано выщелачивание рения разбавленными растворами H_2SO_4 , HCl , $NaCl$, $NaClO$, H_2O_2 , $NaHCO_3$. Установлено, что при использовании всех этих растворов, кроме раствора $NaHCO_3$, наряду с рением в растворы переходит от 2,4 до 7,8 % содержащейся в катализаторе платины. Лишь при обработке катализатора 0,1 М раствором $NaHCO_3$ платина практически полностью остается в твердой фазе (не менее чем на 99 %), в то время как рений на 98–99 % переходит в фазу раствора. Доказано, что добиться полного перевода платины в раствор путем обработки катализатора 6 М раствором HCl при добавлении в качестве окислителя H_2O_2 можно только при полном растворении носителя – Al_2O_3 , предпочтительно в две стадии в режиме противотока. Предложено извлекать $Re(VII)$ из раствора после его выщелачивания путем подкисления раствора до pH 1,5–2,0 и сорбции на ренийселективном анионите Purolite A170 с последующей десорбцией раствором аммиака и выделением из десорбата в виде NH_4ReO_4 , а платину из раствора после полного разложения катализатора цементацией на алюминиевой стружке. Разработана принципиальная технологическая схема процесса, предусматривающая последовательное извлечение рения и платины и утилизацию основы катализаторов – Al_2O_3 , в виде раствора $AlCl_3$ или в виде твердой соли $AlCl_3 \cdot 6H_2O$.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ, проект №21-79-30029.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗЛОЖЕНИЯ ФЕРРИТА ЦИНКА В ХОДЕ СУЛЬФАТИЗИРУЮЩЕГО ОБЖИГА

Мамяченков С.В., Лобанов В.Г., Блудова Д.И.,
 Притчин А.А., Михайловских А.Д.

ФГАОУ ВО «УрФУ им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, 620002, ул. Мира, 19,
 e-mail: s.v.mamiachenkov@urfu.ru, lobanov-vl@yandex.ru, dana.bludova@urfu.ru

Сложность переработки цинксодержащих металлургических отходов зачастую объясняется наличием в них феррита цинка, $ZnFe_2O_4$. Поэтому ключевой задачей при переработке подобных отходов и промпродуктов является разрушение $ZnFe_2O_4$. Для оценки вероятности протекания этого процесса были проведены термодинамические расчеты¹ разложения феррита цинка в ходе сульфатизирующего обжига, результаты которых представлены в таблице 1.

№	Реакция	ΔG , кДж/моль при t, °C		
		300	600	900
1	$3ZnFe_2O_4 + Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O = 3ZnSO_4 + 4Fe_2O_3 + 9H_2O \uparrow$	-246,46	-430,97	-564,11
2	$ZnFe_2O_4 + Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O = ZnO + 2Fe_2O_3 + 3SO_3 \uparrow + 9H_2O \uparrow$	99,38	-249,91	-525,64
3	$ZnFe_2O_4 + SO_3 \uparrow = ZnSO_4 + Fe_2O_3$	-109,15	-52,48	-3,83
4	$ZnFe_2O_4 + SO_2 \uparrow + 0,5O_2 \uparrow = ZnSO_4 + Fe_2O_3$	-154,06	-69,26	7,12
5	$ZnFe_2O_4 + S + 1,5O_2 \uparrow = ZnSO_4 + Fe_2O_3$	-454,83	-367,02	-286,35
6	$ZnFe_2O_4 + H_2SO_4 = ZnSO_4 + Fe_2O_3 + H_2O \uparrow$	-92,34	-106,19	-121,77

Таблица 1. Изменение свободной энергии для основных реакций сульфатизации
 при разложении феррита цинка

Если оценивать величину изменения свободной энергии Гиббса, наиболее вероятна декомпозиция феррита цинка при твердофазном взаимодействии смеси гидратированного сульфата железа (III) и избытка $ZnFe_2O_4$ по реакции (1). Когда в реакцию (2) вступают стехиометрическое количество сульфата железа и франклинита, то сульфатизации не происходит. При температурах до 600 °C по реакциям (3-4) происходит разложение франклинита в случае его контакта с газообразными SO_3 , и SO_2 (при условии доступа кислорода). Согласно расчетам, теоретически возможна сульфатизация цинка элементной серой (реакция (5)), для чего потребуется наличие кислорода в системе, или парами серной кислоты (реакция (6)) в интервале температур от 300 до 900 °C.

Литература

1. Rumble, J.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics: A Ready-reference Book of Chemical and Physical Data. CRC Press, 2022.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Блудова Д.И., Мамяченков С.В.

ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19,
e-mail: dana.bludova@urfu.ru, s.v.tamiachenkov@urfu.ru

Техногенные отходы, несмотря на сложность их переработки, обладают потенциалом источника вторичных цветных металлов¹. В частности, пыль от переплава оцинкованного стального лома, помимо металлов содержит органические соединения². В представленном лабораторном исследовании цинк извлекали из пыли хлорированием галогенсодержащими отходами. Обжиг смеси при 950 °С привел к испарению около 80 масс.% цинка в окислительной атмосфере и более 95 масс.% цинка в нейтральной атмосфере.

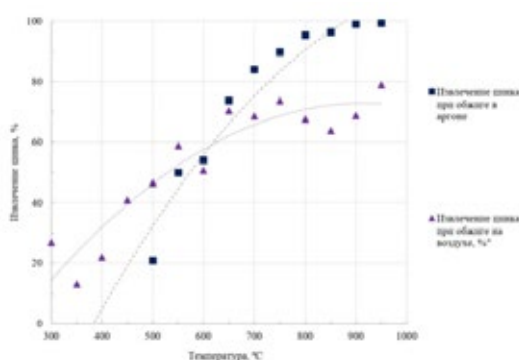


Рисунок 1. Зависимость извлечения цинка в газовую фазу при хлорировании пыли в окислительной и нейтральной атмосфере от температуры обжига (продолжительность процесса 60 мин, соотношение $Zn/HCl = 0,62$)

Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия огарка после обжига в нейтральной атмосфере, показала, что сухой остаток материала не содержит цинка.

O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Всего
30,80	2,75	0,70	0,30	1,50	0,75	12,50	1,20	5,60	0,30	2,60	41,00	100

Таблица 1. Результат элементного анализа образца кека после отмывки огарка, полученного обжигом при 950 °С в нейтральной атмосфере, масс.%

Литература

1. Wang, S.J.; He, P.J.; Lu, W.T.; Shao, L.M.; Zhang, H. *Fuel*. 2017, 194, 257–265.
2. Kurashima K., Matsuda K., et al. *Waste Management*. 2019, 87, 204–217.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМУЛЬСИОННОГО СТЕКЛОМАТА

**Бондарь А.А.,^{а,б} Ширялин И.М.,^{а,б,в} Лагусева Е.И.,^в
Долуда В.Ю.,^в Иванова А.И.^г**

^а ООО «ЛПМ», 170039, Тверь, ул. Паши Савельевой, 45

^б ООО «КСК», 127055, Москва, 4-й Лесной пер., 4

e-mail: a.bondar@kscgroup.ru

^в Тверской государственный технический университет, 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22

^г Центр коллективного пользования Тверского государственного университета,
170100, Тверь, ул. Желябова, 33

Повышение качества и безопасности продукции зависит от природы сырья, используемого в процессе производства¹.

Стекловолокно – наиболее часто используемый материал, при производстве изделий из композитов. Волокнистый стеклянный наполнитель придает прочность и жесткость стеклопластику.

Свойства стекловолокна определяются строением и составом основного компонента – стекла. В настоящее время существует несколько гипотез строения стекла, но наиболее распространёнными из них являются кристаллитная гипотеза и теория сетчатого строения стекла. Состав стекла нельзя выразить определенной формулой, так как стекло – сплав оксидов. Кроме того, химический состав стекла для производства стекловолокна непостоянен и может варьироваться от условий варки и производителя.

Для раскрытия в полной мере потенциала физико-механических свойств стеклокомпозита, улучшения поверхностного сцепления между матрицей и волокном, с целью предотвращения образования трещин, возникающих в результате передачи напряжений от полимерной матрицы к стеклянному волокну последнее, покрывается замасливателем.

В данной работе проведены исследования по выявлению химического состава эмульсионного замасливателя и компонентного состава стекла, его влияния на структуру, и возможные изменения физико-механических свойств стекломата, применяемого широко в машиностроении для производства изделий на основе полиэфирных стеклокомпозитов с целью определения оптимальных температур для проведения процесса вторичной переработки стеклопластика.

Литература

1. Ширялин И.М., Бондарь А.А., Лагусева Е.И. Возможность эксплуатации стеклонаполненных конструкционных изделий в условиях работы с агрессивными жидкими средами // Инновации и моделирование в строительном материаловедении и строительстве. Материалы VI Всероссийской науч.-практич. конференц. Тверь: ТвГТУ, 2023. С. 112-116.

РЕГЕНЕРАЦИЯ КИСЛОГО ТРАВИЛЬНОГО РАСТВОРА ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Быковский Н.А., Пучкова Л.Н., Фанакова Н.Н.

*Институт химических технологий и инжиниринга ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке,
4531198, Башкортостан, г. Стерлитамак, пр. Октября, 2,
e-mail: nbikovsky@list.ru*

Одним из перспективных растворов, применяемых при изготовлении печатных плат, является раствор хлорной меди, содержащий CuCl_2 65-140 г/л (в пересчете на Cu), HCl 90-160 г/л и H_2O_2 25-30 г/л¹⁻³. В исходном растворе, используемом АО «Уфимское приборостроительное производственное объединение» для изготовления печатных плат использует раствор, содержащий 80 г/л CuCl_2 (в пересчете на Cu), 100 г/л HCl и 30 г/л H_2O_2 . В процессе обработки печатных плат содержание меди в растворе возрастает. При достижении содержания меди более 140 г/л раствор является отработанным. Вместе с этим в нем содержится около 65 г/л HCl и около 14 г/л H_2O_2 .

Очистка медьсодержащих сточных вод их обработкой щелочными реагентами с получением осадка гидроксида меди приводит к потерям меди⁴.

В проделанной работе исследован процесс электрохимической переработки медьсодержащих стоков, образующихся на стадии травления печатных плат в электролизере с катионообменной мембраной. Показано, что в результате электрохимической переработки данных стоков происходит получение металлической меди, уменьшение концентрации меди в сточных водах до 40 г/л и концентрирование соляной кислоты до 180 г/л. В результате, после необходимой корректировки, полученный раствор можно вернуть в производство, тем самым создавая замкнутый цикл и уменьшая нагрузку на окружающую среду.

Литература

1. Зорин Р.А., Алешина В.Х., Григорян Н.С. *Успехи в химии и химической технологии*, 2020, XXXIV, №3, 38.
2. Коновалов М. В., Соколов Л. В., Колмачихина О. Б. *Молодой ученый*, 2020. № 47 (337), 4, URL: <https://moluch.ru/archive/337/75417/> (дата обращения: 02.06.2023).
3. Быковский Н.А., Кантор Е.А., Гигина О.С. *Теоретическая и прикладная экология*, 2009, №4, 55.
4. Кондратьев А.С., Смаков М.Р., Дехтярь Е.Ф. *Патент 2572327 РФ*, 2016.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ТРАВИЛЬНОГО РАСТВОРА ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Фанаков В.С., Кантор Е.А., Быковский Н.А.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
450064, Башкортостан, Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: nbikovsky@list.ru*

Титан и его сплавы нашли широкое применение в авиации, ракетостроении, машиностроении, судостроении, химическом машиностроении, медицине и т.п.

Изготовлению изделий из титана, в частности нанесению на его поверхность модифицирующих покрытий препятствует прочная оксидная пленка. Удаление этой пленки производится различными методами. Широкое распространение получил метод обработки поверхности титана кислотами¹. Это приводит к образованию отработанного кислого травильного раствора (ОКТР) являющегося отходом производства. Существующие методы переработки ОКТР приводят к получению осадков гидроокиси титана и веществ, содержащих фториды. В результате возникает проблема утилизации этих осадков²⁻⁴.

В представленной работе приведены результаты исследований по переработке ОКТР с получением гидроксида титана и смеси кислот, пригодных для приготовления травильного раствора, используемого в производстве изделий из титана.

Показано, что обработкой ОКТР щелочью до pH 7,6-7,8 из него извлекается практически 100% титана в виде гидроокиси. Фильтрат, полученный после отделения гидроксида титана и содержащий фториды и хлориды натрия, подвергался электрохимической переработке в мембранном электролизере. Это позволило получать гидроксид натрия с концентрацией до 370 г/л и смесь плавиковой и соляной кислот с концентрацией HF до 66 г/л и HCl до 63 г/л.

Образующиеся при этом гидроксид титана после прокалки может использоваться в качестве наполнителя в лакокрасочной промышленности. Получаемая при электрохимической переработке фильтрата, смесь кислот может также применяться для приготовления растворов травления.

Литература

1. Усова В.В., Плотникова Т.П., Кушакевич С.А. Травление титана и его сплавов. – М.: Металлургия, 1984. – 128с.
2. Трубин А.Н., Гриль Г.И. Патент 2176288 РФ, 2001.
3. Joseph A. Megy. Патент 4943419 США, 1990.
4. Быковский Н.А., Низов В.А., Фанакова Н.Н. Патент 2596564 РФ, 2016.

ВЫДЕЛЕНИЕ НИКЕЛЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЕМЕТАЛЛИЗАЦИИ НЕФТИ

**Волков А.И.,^а Стулов П.Е.,^а Чаркин А.Ф.,^а
Фофанов А.А.,^б Кузнецов А.Ю.^б**

*^аЦентральный научно-исследовательский институт чёрной металлургии им. И.П. Бардина,
105005, Москва, ул. Радио, 23/9,
e-mail: rhenium@list.ru*

^бФирма «Балауса», 120700, Казахстан, Кызылординская область

Катализаторы, предназначенные для деметаллизации нефти, состоят из соединений молибдена и алюминия. В процессе переработки нефти содержащиеся в ней порфирины разрушаются, в результате чего катализаторы обогащаются никелем и ванадием. На предприятии ТОО Фирма «Балауса» организована переработка отработанных катализаторов. В ходе переработки получают метаванадат аммония и молибдат кальция. Из метаванадата аммония получают пентаоксид ванадия, а из молибдата кальция – ферромолибден. Нерастворимый остаток содержит в основном соединения никеля (до 40% NiO) и алюминия.

В рамках настоящей работы проведены исследования технологии получения ферроникеля из остатка отработанного катализатора после выщелачивания из него ванадия и молибдена. Для этого проведена серия восстановительных плавов в печи Таммана и на двухэлектродной дуговой печи Лаборатории ферросплавного производства ЦНИИчермет им. И.П. Бардина. В ходе исследований подбирали оптимальный состав шихты и условия плавки. Проведены плавки с использованием угля и ферросилиция марки ФС75 в качестве восстановителя. Используя диаграммы состояния оксидных систем выбран оптимальный состав шлака.

В ходе экспериментов в полученных образцах ферроникеля обнаружено повышенное содержание серы и фосфора. Поэтому рекомендовано доработать гидрометаллургическую стадию технологии с отделением вредных примесей. Содержание никеля в ферроникеле превышало 30%. Перед загрузкой в печь рекомендовано провести рассев нерастворимого остатка выщелачивания отработанного катализатора, а его мелкую фракцию предварительно спрессовать (получить брикеты).

Разработанная аппаратурная схема извлечения никеля из нерастворимого остатка выщелачивания отработанного катализатора деметаллизации нефти включает в себя отделение подготовки исходного сырья, цех подготовки и обжига известняка, плавильное отделение, отделение разделки ферросплавов и шлаков.

К КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ОБОГАЩЕНИЯ (ЗОЛА ТЭЦ, ШЛАКОХВОСТЫ, ОГАРКИ)

Волков А.И., Чаркин А.Ф., Стулов П.Е., Краснянская И.А.

*Центральный научно-исследовательский институт чёрной металлургии им. И.П. Бардина,
105005, Москва, ул. Радио, 23/9,
e-mail: rhenium@list.ru*

В настоящее время накоплено большое количество отходов производства и обогащения (например, золы ТЭЦ, пиритные огарки, шлакохвосты и т.д.). Так, на Алмалыкском ГМК при флотации медеплавильных шлаков ежегодно образуется 580 - 650 тыс. т шлакохвостов (33-34% SiO_2 , 32-38% Fe, 1-2% CaO, 1% MgO, 0.3-0.5% Cu, 0.8-1.0 Zn, 0.3 Pb). В Уральском регионе накоплено около 110 млн. т лежалых медных шлаков, в т.ч. 26 млн. т у Медногорского МСК (27-34% SiO_2 , 34-42% Fe, 5,4-6,7% CaO, 1,6-2,4% Al_2O_3 , 0.4-1.6% Cu, 1.7-1.9 Zn, 1,7-2,5 S). В России в отвалах накоплено более 2,5 млрд. т золошлаковых отходов ТЭС с ежегодным приростом окол 25 млн. т (50-64% SiO_2 , 18-30% Al_2O_3 , 4-15% Fe_2O_3 , 2-10% CaO, 0,5-3,0% MgO). Все эти материалы в основном состоят из соединений кремния, алюминия и железа, в их составе также присутствуют Mg, Ca, Cu, Ni, Zn, Au, Ag, As, S, P.

Как правило, упоминаемые в публикациях и отчётах о НИР способы переработки золошлаков, шлакохвостов, пиритных огарков направлены на получение цветных металлов (Au, Ag, Cu, Zn). Подобные технологии позволяют извлечь небольшое количество ценных компонентов, но не переработать отвалы полностью. В рамках настоящей работы предлагается решение проблемы утилизации отходов путём получения из них железо- и кремнийсодержащей продукции (железного концентрата, чугуна, стали, ферросилиция, ферросиликоалюминия). Помимо предварительного извлечения цветных металлов необходимо изучать возможность выделения железа, использование силикатного остатка для производства строительных материалов и изделий, твердофазное восстановление и т.д.

Нами проведена НИР и предпроектные технико-экономические расчёты по переработке отвала пиритных огарков Приаргунского ПГХО, которые показали возможность их рентабельной переработки с получением товарной продукции. Предварительные расчёты показали, что из 2,4 т золы ТЭС и 1 т коксика можно получить 1 т ферросиликоалюминия. Шлакохвосты медного производства после предварительной обработки можно рассматривать как сырьё для получения чугуна и ферросилиция. Таким образом отходы производства и обогащения можно рассматривать как техногенное сырьё для получения товарной продукции.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронич С.С., Роева Н.Н., Хлопаев А.Г., Воронич Н.С., Зайцев Д.А.

*ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»,
125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.11,
e-mail: s-v80@mail.ru*

Регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха осуществляются на территории всей Московской области в 57 городских округах посредством 374 постов наблюдения в круглосуточном режиме по 11 загрязняющим веществам (далее – ЗВ): оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, сероводород, аммиак, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM₁₀, 2,5, озон, метан.

В 2022 году среднегодовые концентрации этих ЗВ не превышали установленных гигиенических нормативов и составляли: оксида углерода – 0,2 ПДК_{сс}, диоксид азота – 0,4 ПДК_{сс}, взвешенных частиц PM₁₀ – 0,2 ПДК_{сс}, PM_{2,5} – 0,2 ПДК_{сс}, диоксид серы – 0,2 ПДК_{сс}, озона – 0,2 ПДК_{сс}, аммиака – 0,05 ПДК_{сс}, сероводорода – на уровне 0,001 мг/м³. По сравнению с 2021 годом значения показателей в целом снизились на 33% по взвешенным частицам PM_{2,5}, на 31% по взвешенным частицам PM₁₀, на 44% по диоксиду азота, на 77,5% по диоксиду серы, на 75% по сероводороду и на 46% по аммиаку. Концентрации оксида углерода увеличились незначительно. По комплексному показателю индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается как низкий (ИЗА – 2,6).

Основной источник поступления ЗВ во всех городах Московской области – транспорт. Он обуславливает высокую пространственную и временную неоднородность концентраций ЗВ: максимальные значения наблюдались вблизи автотрасс, минимальные – на жилых и природных территориях. Кроме транспорта, на формирование повышенных концентраций ЗВ, влияли неблагоприятные метеоусловия, наблюдающиеся в летние месяцы.

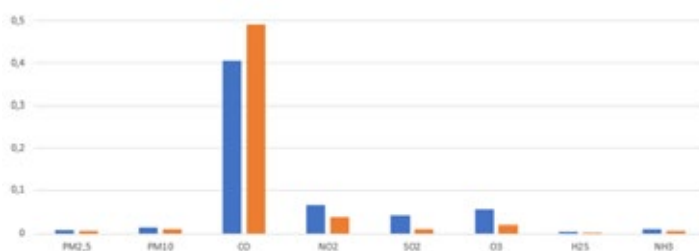


Рисунок 1. Среднегодовые концентрации ЗВ на территории Московской области за период 2021 и 2022 гг.

АЗОТНОКИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЗОЛОТОСУЛЬФИДНОГО УГЛИСТОГО КОНЦЕНТРАТА В ПРИСУТСТВИИ ПАВ

Головкин Д.И., Луговицкая Т. Н., Энтин Я. В., Рогожников Д. А.

Научная лаборатория перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19; dmitry.golovkin@urfu.ru.

Ежегодно в мировой золотодобыче возрастает интерес к вовлечению в переработку труднообогатимых, упорных видов сырья. Прежде всего это связано с истощением запасов легко перерабатываемых первичных руд. Повышение доли бедных, многокомпонентных, упорных руд, для которых применение традиционных технологий в основном нерентабельно или вовсе невозможно, обуславливает необходимость разработки новых более эффективных способов переработки сырья, обеспечивающих высокие показатели извлечения целевых компонентов, и в то же время снижение себестоимости производства и негативного влияния на окружающую среду.

В данной работе проведены исследования азотнокислотного выщелачивания (АВ) углистого золотосульфидного концентрата в присутствии поверхностно-активного вещества (ПАВ). В качестве ПАВ использовали лигносульфонат натрия технический (ЛС). В таблице 1 представлен химический состав исследуемого концентрата.

Элемент	S	Fe	As	Si	Al	K	C _{общ}	C _{орг}	Au, г/т	Прочие
Масс. %	19,7	18,9	4,6	14,2	7,9	3,8	1,09	0,50	26,9	30

Таблица 1 - Химический состав золотосульфидного концентрата

АВ проводили в течение 1 часа при $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, Ж:Т = 5:1, концентрации $\text{HNO}_3 = 315\text{ г/л}$, ЛС = 0,5 г/л. В процессе АВ наблюдается практически полное окисление пирита (98,4 %) и арсенопирита (98,2 %), при этом органический углерод окисляется и пассивируется при воздействии азотной кислоты и ЛС; золото концентрируется в кеке. Далее нерастворенный остаток подвергали цианированию при стандартных условиях. Кек цианирования передавали на пробирный анализ на золото. Степень извлечения золота составила 90,3 %.

Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию процесса с целью повышения степени извлечения золота.

Исследования выполнены в рамках Госзадания РФ по Гранту № 075-03-2024-009/1 (FEUZ-2024-0010).

ПОЛУЧЕНИЕ КАРБОНАТА ЛИТИЯ ИЗ СПОДУМЕНА

Кулумбегов Р.В., Делицын Л.М., Беляев И.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Объединенный институт высоких температур РАН
125412, Москва, Ижорская ул., д. 13. к. 2.
e-mail: delitzin@ihed.ras.ru

Россия, обладающая значительными запасами литиевого сырья, не имеет собственных предприятий по его добыче и переработке^{1,2}. Основным промышленным методом переработки сподумена с получением соединений лития является сернокислотный метод. К его недостаткам можно отнести высокий расход 93%-ной кислоты для извлечения более 80% лития и требования к аппаратуре из-за агрессивной среды протекания процесса. Ведется поиск альтернативных методов извлечения лития из сподумена^{3,4}. Спекание β -сподумена с органическими солями натрия является перспективным методом извлечения лития. Замещение лития на натрий в сподумене происходит за счет реакции ионного обмена, которую в упрощенном виде можно представить в виде уравнения:

$\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{LiAlSi}_2\text{O}_6 \rightarrow \text{NaAlSi}_2\text{O}_6 + \text{CH}_3\text{COOLi} + 3\text{H}_2\text{O}$ Образующийся водорастворимый CH_3COOLi выщелачивается водой с последующей обработкой раствора содой. В результате выпадает Li_2CO_3 (табл.1).

Таблица 1. Содержанием основных примесей в Li_2CO_3

№	Содержание, % мас								
	Li	Na	Mg	Al	Si	Ca	Fe	Sr	пр.
1	96,5	1,9	0,1	0,03	0,06	1,25	0,02	0,01	0,12
2	95,9	2,7	0,1	0,03	0,06	1,04	0,01	0,01	0,04
3	96,7	1,9	0,1	0,03	0,06	1,00	0,02	0,01	0,15

Литература

1. Юсупов Т.С., Исупов В.П. и др. Исследование вещественного состава и разделимости минералов техногенного сырья // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2014. № 6. С. 144-150.
2. Владимиров А.Г., Ляхов Н.З. и др. Литиевые месторождения сподуменных пегматитов Сибири // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2012. № 20. С. 3-20.
3. Delitsyn L. M., Kulumbegov R. V., Sinel'shchikov V. A., Popel' O. S., Sul'man M. G. Segregation Melting in the $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ - Na_2SO_4 - NaF System as a Method for the Preparation of Lithium Fluoride // *Inorg. Mater.* 2022. V. 58. № 10. P. 1065-1074. doi 10.1134/S0020168522100065.
4. Alexander C. Resenteraa, Marcelo R. Esquivel, Mario H. Rodriguez. Low-temperature Lithium Extraction from α -Spodumene with NH_4HF_2 : Modeling and Optimization by Least Squares and Artificial Neural Networks // *Chemical Engineering Research and Design*. 2021. V. 167. P. 73-83. doi 10.1016/j.cherd.2020.12.023.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ ИЗ КИСЛЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ СОРБЦИИ В РЕАКТОРЕ

Джима С.В., Бродский В.А., Гордионик И.А., Плиско Д.И.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева факультет ТНВуВМ,
125047, Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1
e-mail: solwegen555@gmail.com*

Сорбционное извлечение металлов зависит от концентрации солей в растворе. На данную способность влияет ионная сила соли в растворе сточных вод. Более высокая эффективность сорбции отмечена в растворах NaCl и Na₂SO₄. Сорбционное извлечение ионов меди выше во всех электролитах. Остаточная концентрация группы Cu²⁺ составляет 0.032мг/л в растворе NaCl, 0.45мг/л в растворе Na₂SO₄ и 0.12мг/л в растворе NaCl + Na₂SO₄.

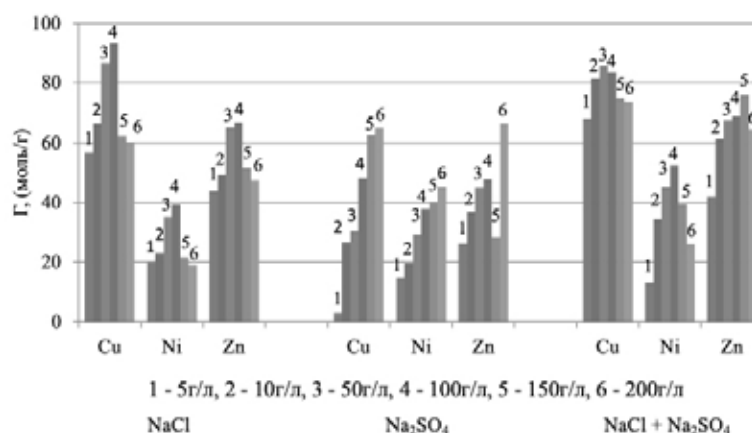


Рисунок 1. Зависимость сорбции ионов металлов Г, (моль/г) от природы электролита.
pH = 2.5; время = 2 ч; БАУ-А = 10 г/л

На основании экспериментальных данных, представленных на рисунке 1, можно сделать следующий вывод: сорбционная активность Г (моль/л) металла зависит от концентрации, а также от типа раствора электролита. Более высокая сорбционная активность Г обнаружена в растворе электролитов NaCl и смеси NaCl и Na₂SO₄ в интервале концентраций 50-150 г/л.

Литература

1. Каванд М., Кагазчи Т., Сулеймани М. Оптимизация параметров конкурентной адсорбции ионов тяжелых металлов (Pb⁺², Ni⁺², Cd⁺²) на активированном угле. Корейский журнал химического машиностроения, -2014 г., 31 (4), Стр. 692 - 700.

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ В РАССОЛ С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ

Дубровина К.Р., Шакиров Т.Р.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса 68,
e-mail: kseniadubrovina98@gmail.com*

Пластовые воды являются неизменным спутником нефтяных и газовых месторождений. Огромные объемы сточных вод с высокими концентрациями токсичных веществ способны оказывать негативное влияние на окружающую среду. Поэтому очистка пластовых вод является актуальной задачей¹. Очищенные пластовые воды являются новым источником минерального сырья, способным заменить традиционные виды сырья при производстве кальцинированной соды.

Целью работы являлся поиск способа очистки пластовой воды нефтяных месторождений от нефтепродуктов и солей кальция и магния для производства кальцинированной соды.

На основе изученного ионного состава пластовой воды было установлено, что ее можно отнести к рассолам и использовать для получения технической кальцинированной соды.

Таблица 1. Состав пластовой воды ПАО «Татнефть» им. В.Д.Шашина

№ п/п	Определяемый компонент	Содержание, мг/дм ³
1	Натрий	91866
2	Магний	3555
3	Кальций	16828
4	Хлорид	151670
5	Нефтепродукты	1,05

Было предложено проводить предварительную очистку рассола от следов нефтепродуктов и железа пропусканием через слой адсорбентов – цеолит-уголь-цеолит.

Для очистки пластовой воды от примесей солей кальция и магния был выбран содово-каустический метод².

Была предложена блок-схема очистки пластовой воды нефтяных месторождений в рассол с целью дальнейшего использования для производства кальцинированной соды.

Литература

1. Бурдынь Т.А. Химия нефти, газа и пластовых вод. – М.: Недра, 1978. - 277 с.
2. Фурман А.А. Приготовление и очистка рассола. – М.: Химия, 1966. - 232 с.

НИТРОВАНИЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ В СРЕДЕ ВОДА-ДИМЕТИЛСУЛЬ- ФОКСИД И В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Ёкубжанов М.Р., Вешняков В.А., Хабаров Ю.Г.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
163002, Архангельск, набережная Северной Двины, 17,
e-mail: viacheslav.veshnyakov@mail.ru*

Все большее внимание уделяется исследованию лигнинов и их использованию в связи с перспективой перехода в некоторых приложениях от нефтяного сырья в пользу возобновляемых ресурсов¹. Ранее было показано, что при нитровании гидролизного лигнина (ГЛ) и лигнина Класона азотной кислотой при нагревании с диметилсульфоксидом (ДМСО) происходит их полная деполимеризация до водорастворимых продуктов².

В этой работе показано, что при обработке обессмоленного ГЛ при 100 °С смесью ДМСО-азотная кислота состава 4:1 по объему и гидромодулю 10, весь лигнин переходил в щелочной раствор уже через 2 мин, оставался только целлюлозный остаток (около 20 %). Аналогичный результат получился при замене ДМСО на воду. Однако в этом случае растворимые в щелочной среде продукты имели меньшее поглощение, что говорит о более сильной их деградации в водной среде, чем в смеси с ДМСО (рисунок 1).

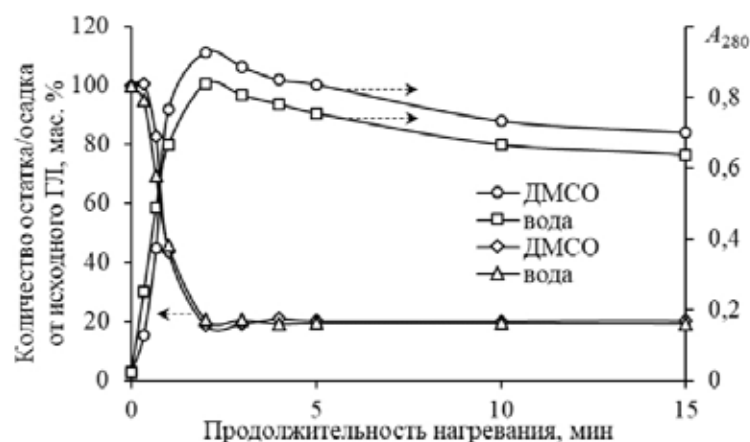


Рисунок 1. Зависимость количества остатка/осадка ГЛ от его исходного количества и оптической плотности при 280 нм перешедших в щелочной раствор продуктов реакции от продолжительности нагревания при 100 °С ГЛ с азотной кислотой в воде и с ДМСО

Литература

1. Calvo-Flores F.G., Dobado J.A. *ChemSusChem*, 2010, **3**, 1227.
2. Хабаров Ю.Г., Лахманов Д.Е. *Известия ВУЗов. Лесной журнал*, 2014, 173.

Исследование выполнено за счет средств Программы развития САФУ на 2021-2035 гг., договор Д-386.2024.

К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ ТИТАНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПОПУТНОГО СИНТЕЗА ИГОЛЬЧАТОГО ВОЛЛАСТОНИТА

Заблоцкая Ю.В., Садыхов Г.Б., Тужилин А.С.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: Nboxclear@gmail.com*

В республике Коми на Тимане находятся крупнейшие титановые месторождения - Ярегское и Пижемское. Общей их отличительной особенностью является сложный полиминеральный состав и высокое содержание кремнезема (до 40% в обогащенных концентратах) Переработка такого высококремнистого сырья связана со значительными трудностями. И для вовлечения такого титанового сырья необходимо создание инновационной технологии переработки, которые обеспечивали максимальное извлечение ценных компонентов и производство из единицы объема рудного вещества наибольшего многообразия продуктов при меньшей нагрузке на окружающую среду. В ИМЕТ РАН был предложен новый способ по гидрометаллургическому обогащению кремнисто-титановых концентратов с использованием известкового молока при участии NaOH. В результате получают искусственный рутил и игольчатый волластонит, предусматривая безотходное использование кремнезема для попутного синтеза силикатной продукции.

Наиболее перспективным и управляемым способом получения синтетического волластонита является дегидратация гидросиликатов кальция (CSH), полученных при гидротермальной обработке кальций- и кремний-содержащих компонентов. При этом в зависимости от структурных особенностей исходного кремнезема и его крупности изменяются условия синтеза CSH и габитус синтезируемого волластонита.

В кремнисто-титановых концентратах практически весь кварц представлен в тонкодисперсном состоянии, располагающимся внутри титановых зерен, которые представлены в виде тонкой сетки рутила толщиной около микрона. Стоит отметить, что в процессе геологического формирования песчаников поры зерен заполнялись ультрадисперсным кварцем, образовавшимся из приносимого гидротермальными растворами растворенного кремнезема. Что обуславливает возможность получение волластонита игольчатого габитуса при гидротермальном обогащении концентратов, не требующее многочасовые выдержки и повышенных температур.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00320-24-00.

МЕТОДОЛОГИЯ ИНЖИНИРИНГА ХИМИКО-БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫХ СИСТЕМ

**Калиниченко В.П.,^{а,б} Мешалкин В.П.,^в Барышев М.Г.,^б Минкина Т.М.,^г
Малиева В.Ю.,^г Кобцева М.А.,^г Ларина Э.В.,^г Макаренков Д.А.^д**

*^аИнститут плодородия почв юга России,
346493, ул. Кривошлыкова, 2, Персиановка, Россия*

*^бВсероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
143050, ул. Институт, 5, Большие Вяземы, Россия*

*^вРоссийский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125480, ул. Вилиса Лациса, 21, Москва, Россия*

*^гЮжный федеральный университет,
344006, ул. Б. Садовая, 105/42, Ростов-на-Дону, Россия*

*^дНИЦ Курчатовский институт,
123182, Академика Курчатова площадь, 1, Москва, Россия*

Иерархия стандартной химико-технологической системы обуславливает собственный отход технологии и химико-техногенную нагрузку на экосферу. Разработано научно-техническое направление «Теория инжиниринга химико-биолого-почвенных систем», которое позволяет реализовать полностью безотходную технологию основного химического продукта; дисперсный рециклинг побочного продукта внутри синтезируемого внутреннего слоя почвы мелко-агрегатной архитектуры для приоритетного развития растений; хозяйственное использование получаемой на синтезированной почве биологической продукции на продовольствие, фураж, сырье.

Объекты инжиниринга химико-биолого-почвенных систем: химико-технологическая система производства основного продукта; устройство для улучшения геофизических и геохимических свойств почвы путём синтеза структуры и архитектуры её иллювиального слоя для биолого-почвенного рециклинга сыпучего или гранулированного побочного продукта; устройство импульсного внутрипочвенного секвентально-дискретного рециклинга жидкого побочного продукта и/или увлажнения почвы и питания растений; производство экологически чистого биологического продукта.

Новая многомерная химико-биолого-почвенная система включает подсистемы: производство основного химико-технического продукта; подготовка побочного продукта к рециклингу; биолого-почвенный рециклинг побочного продукта.

Система предусматривает применение операторов: основного продукта, подготовки побочного продукта, механического внутрипочвенного фрезерования слоя 20-50 см с внесением отхода; импульсного секвентально-дискретного внутрипочвенного увлажнения; производства сельскохозяйственной продукции в севообороте. Социально-экономическая значимость инжиниринга новой многомерной химико-биолого-почвенной системы состоит в повышении ресурсо-энерго-эффективности производства химического продукта, безопасном для экосферы рециклинге побочного продукта, производстве экологически чистого продовольствия, фуража, сырья и обеспечении занятости населения в наукоемкой сфере производства.

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»).

АВТОКЛАВНАЯ ОЧИСТКА МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ОТ МЫШЬЯКА

Каримов К.А., Третьяк М.А., Дизер О.А., Рогожников Д.А.

*Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19*

В настоящее время вследствие интенсивной разработки месторождений цветных металлов в значительной степени отработаны запасы богатых и легкообогатимых руд, наблюдается общая тенденция снижения содержания металлов в добываемых рудах. Все чаще имеет место вовлечение в переработку труднообогатимого, тонковкрапленного, низкокачественного, полиметаллического и техногенного сырья содержащего мышьяк^{1,2}.

Исследовали влияние продолжительности окисления и температуры выщелачивания на степень вскрытия халькопирита, теннантита с целью максимально растворить мышьяк, железо и цинк. Условия и результаты экспериментов представлены в таблице 1. После окисления проводили стадию гидротермального осаждения меди при 225 °С на не окислившимся сульфидах.

№	t, °С	$\tau_{\text{окисл}},$ мин	Вы- ход кека, %	Cu _{кон-я} , г/дм ³	Содержание, %					Извлечение, %			
					S	Fe	Cu	As	Zn	Fe	Cu	As	Zn
1	223,2	20,0	57,1	1,0	45,4	20,7	29,9	1,2	0,4	55,7	2,2	76,4	95,3
2	186,9	20,0	85,8	0,3	42,2	27,3	20,2	3,0	1,4	14,8	0,6	11,2	74,7
3	220,0	30,0	28,0	10,0	42,2	19,7	25,2	0,6	0,3	79,9	59,6	94,5	98,5

Таблица 1. Условия и результаты экспериментов

В результате удалось достичь степени извлечения мышьяка в раствор на 76 % в то же время переход меди в раствор составил лишь 2.2 %, при температуре 223 °С, продолжительности окисления 20 мин

Литература:

1. Хопунов Э.А. Современные направления переработки минерального сырья / Э.А. Хопунов // НАУ. – 2015. № 4-7 (9). – С. 89-92.
2. Шнеерсон Я. М. Тенденции развития автоклавной гидрометаллургии цветных металлов / Я.М. Шнеерсон, С.С. Набойченко // Цветные металлы. – 2011. - №3. – С. 15-20.

Исследование выполнено в рамках Госзадания РФ по Гранту № 075-03-2024-009/1 (FEUZ-2024-0010).

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЛОВ АО «КОЛЬСКАЯ ГМК»

**Касиков А.Г.^а, Тюкавкина В.В.^а, Тимощик О.А.^а, Щелокова Е.А.^а,
Плотников И.П.^б, Сухов А.И.^б**

^а «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева», 184209, Апатиты, Академгородок 26 а
e-mail: cobaltag@yandex. ru

^б ООО «Норникель Спутник», 123112, Москва 1-й Красногвард. проезд. д.15.

Одним из проблемных видов отходов медно-никелевого производства являются технологические илы, которые образуются при известковании сточных вод комбината «Североникель» Кольской ГМК. Проведение известкования обеспечивает образование нерастворимых соединений никеля и меди и переводу их в ил. Анализ илов, отобранных из технологического отстойника, показал, что они представлены преимущественно карбонатом кальция. Концентрация никеля в илах зависит от глубины залегания в отстойнике и может достигать 22 %¹.

Наиболее простым способом возврата никеля в производство является направление их на пирометаллургическую переработку, однако из-за закрытия плавильных мощностей на комбинате «Печенганикель» проведение этой операции в настоящее время стало возможным только в Заполярном филиале ГМК «Норильский Никель». Для обеспечения транспортировки илов в Норильск в ИХТРЭМС КНЦ РАН были проведены исследования по их брикетированию. В работе использовали текущие илы Кольской ГМК, содержащие в масс. %: Ni-6.42, Cu-1.2, Co-0.21, Ca-22.7, SiO₂-12.5. Установлено, что для получения кондиционных брикетов оптимальная влажность технологических илов должна составлять 10-15 мас.%, при таких условиях прочность брикетов через 4 часа после прессования составляет 3.70-4.24 МПа. Показано, что для повышения прочности брикетов в состав рекомендуется введение извести или цемента, а после изготовления их следует выдерживать при температуре 20±2 оС или подсушивать до остаточной влажности 3-4 мас.%, что позволит увеличить прочность при сжатии до 8.24-9.85 МПа.

Альтернативным способом утилизации илов является их гидрометаллургическая переработка. В результате сернокислотного выщелачивания из илов были получены растворы, содержащие 16 г/л Ni, а затем технический карбонат никеля, пригодный для использования в основном производстве Кольской ГМК.

Литература

1. Касиков А.Г., Сорокин В.А., Нерадовский Ю.Н. // *Мат. межд. совещания «Плаксинские чтения»*. 2015, С.460.

ОЦЕНКА КРИСТАЛЛИЗУЕМОСТИ ШЛАКОВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВМЕСТНОЙ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ И СУЛЬФИДНЫХ МЕДНЫХ РУД

**Клюшников А.М., Гуляева Р.И., Сергеева С.В.,
Агафонов С.Н., Черепанова Л.А.**

*Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург,
ул. Амундсена, 101, e-mail: amk8@mail.ru*

Для обоснования возможности получения стеклокерамики из стёкол на основе шлаков совместной плавки окисленных никелевых и сульфидных медных руд выполнена оценка кристаллизационной способности модельных образцов (размер частиц – менее 0,1 мм), близких по составу и структуре к реальным прототипам. Методами дифференциальной сканирующей калориметрии (скорость нагрева – 5–20 °С/мин) и рентгено-фазового анализа установлено, что в инертной атмосфере холодная кристаллизация сопровождается получением продуктов, кристаллическая часть (46,6–71,6 % масс.) которых представлена ассоциациями пироксенов и анортита. Первичной кристаллизующейся фазой является пироксен. Переход от безжелезистого образца к железистому ведёт к изменению состава пироксена от энстатита к пижониту, сдвигу интервала выделения указанных ассоциаций от 826–1018 до 728–874 °С и дополнительному (966–1068 °С) образованию диоксида кремния. Кинетический анализ (методы Озавы–Флинна–Уолла и многовариантной нелинейной регрессии) показал последовательную объёмную нуклеацию пироксенов и анортита с образованием двух- и одномерных зародышей по цепному механизму, переходящую в контролируемый диффузией двух- и трёх-мерный рост их кристаллов. Энергия активации нуклеации энстатита (670,7 кДж/моль) значительно выше, чем для пижонита (417,9 кДж/моль); для роста кристаллов (444 и 533,9 кДж/моль соответственно) отмечено обратное соотношение. Пироксены способствуют гетерогенной нуклеации анортита. Активационный порог выделения последнего в безжелезистом образце (220 кДж/моль) в три раза выше, чем в железистом (76 кДж/моль). Формирование в объёме стекла двух- и одномерных зародышей диоксида кремния синхронизировано с их двухмерным ростом в условиях диффузионного торможения. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий получения стеклокерамики из различных видов минерального и техногенного сырья.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН (№ госрегистрации темы: 122020100404-2).

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ИНДИЯ И ОЛОВА ИЗ ОТСЛУЖИВШИХ ДИСПЛЕЕВ

Колмачихина Э.Б., Колмачихина О.Б., Голибзода З.М., Янкина Я.А.

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19,
 e-mail: e.b.khazieva@urfu.ru*

Оксид индия-олова (90 % In_2O_3 , 10 % SnO_2 , indium-tin oxide, ИТО) обладает уникальными свойствами: электропроводность, оптическая прозрачность и химическая устойчивость. Благодаря этим свойствам ИТО нашел широкое применение в электронных устройствах (экраны, мониторы, сенсорные панели и др.). Индий является редким рассеянным элементом, который не имеет собственных месторождений. Содержание индия в стеклянных подложках дисплеев сопоставимо с его содержанием в цинковых концентратах, получаемых из сульфидных руд. Поэтому отслужившие мониторы являются перспективным вторичным источником индия.

В данной работе исследованы физико-химические особенности растворения ИТО с поверхности стеклянных подложек отслуживших дисплеев в растворах серной кислоты. Выщелачивание проводили в термостатируемом реакторе при температуре 298-353 К, концентрации серной кислоты 0,05-0,5 М, соотношении жидкого и твердого Ж : Т = 10 : 1 см³/г.

Концентрация ионов H^+ оказывала существенное влияние на скорость растворения ИТО. При низких концентрациях серной кислоты (0,05-0,1 М) извлечение индия и олова за 60 мин выщелачивания достигало 42-75 % и 5-15 % соответственно. Повышение концентрации кислоты до 0,2-0,5 М приводило к практически полному извлечению индия (98 %) и увеличению извлечения олова до 25-53 % за 60 мин выщелачивания.

Повышение температуры выщелачивания с 298 до 353 К позволило увеличить извлечение индия с 13,6 до 96,5 % за 60 мин. Максимальное извлечение олова достигало 15 % при 333 К. Дальнейшее увеличение температуры до 353 К приводило к стремительному снижению концентрации ионов олова в растворе после 10 мин выщелачивания, что, вероятнее всего, связано с гидролизом олова.

Таким образом, в данной работе была установлена высокая эффективность сернокислотного выщелачивания оксида индия-олова, позволяющая извлекать 98 % индия за 60 мин при 333 К.

Исследование выполнено в рамках Госзадания РФ по Гранту № 075-03-2024-009/1 (FEUZ-2024-0010).

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Колчина Г.Ю.,^а Логинова М.Е.,^б Мовсумзаде Э.М.^в

^аФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
450076, Уфа, улица Заки Валиди 32, e-mail: kolchina.GYu@mail.ru

^бАО НПФ «Геофизика», 450097, Уфа, улица Комсомольская 2/1,
e-mail: ufamel@yandex.ru

^вФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
450064, Уфа, улица Космонавтов 1, e-mail: eldarrrm@yaghoo.com

Благодаря широким возможностям практических свойств не теряют своей актуальности новые продукты органического синтеза¹⁻³. В настоящее время арсенал использования препаратов, синтезированных на основе арилоксиуксусных кислот, весьма широк. Наличие феноксиацетатных фрагментов обуславливает фитогормональные и гербицидные свойства. Выявлена зависимость антимикробной активности алкилтиоэтиленгликолевых эфиров феноксиуксусной кислоты от рассчитанных значений энергии граничных молекулярных орбиталей. Получены уравнения, описывающие влияние значений граничных орбиталей на действие рассмотренных веществ.

$$\text{АМА} = 2.4423 \cdot 10^{-8} \cdot xI^9 - 1.0758 \cdot x2^4 + 0.069864 \cdot xI^2 \cdot x2 \quad (1)$$

$$\text{АМА} = 0.00038994 \cdot xI^5 + 0.39208 \cdot xI^5 - 0.012798 \cdot xI^3 \cdot x2 \quad (2)$$

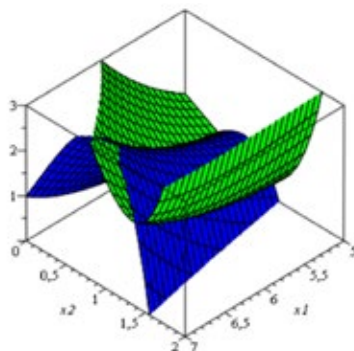


Рисунок 1. График зависимостей бактерицидных (1) ($R^2=0.93$) и фунгицидных (2) ($R^2=0.98$) свойств от энергий граничных орбиталей

Уравнения использованы для прогнозирования антимикробных свойств S-содержащих этиленгликолевых эфиров феноксиуксусной кислоты.

Литература

1. Tukhvatullin R.F., Kolchina G.Yu., etc. *ChemChemTech*, 2018, **61**, 4-5, 84-92.
2. Логинова М.Е., Колчина Г.Ю. и др. *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология*, 2024, **67**, 1, 89-96.
3. Логинова М.Е., Колчина Г.Ю. и др. *Российский химический журнал*, 2023, **67**, 3, 51-56.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАТАЛИЗАТОРА КАТОДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РАБОЧЕГО РЕСУРСА ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Кольцова Э.М., Василенко В.А., Женса А.В.

*РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125480, Москва, Миусская пл., 9,
e-mail: koltsova.e.m@muctr.ru*

Представлена математическая модель деградации активной поверхности платинового катализатора в составе водородно-воздушного (кислородного) топливного элемента с протонпроводящим полимерным электролитом. Модель учитывает основные механизмы деградации платинового катализатора¹: электрохимическое растворение наночастиц платины, рост частиц за счет созревания по Оствальду, миграцию частиц по углеродному носителю, коалесценцию мелких частиц, диффузию ионов платины в иономере и их уход в мембрану. Математическая модель представляет собой систему интегро-дифференциальных уравнений, решаемых методом конечных разностей.

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial \varphi \eta_1}{\partial l} + \frac{\partial \varphi \eta_2}{\partial l} = D_{Pt} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \int_0^{l^{2/3}} K(\mu, \sqrt[3]{l^3 - \mu^3}) \varphi(\mu) \varphi(\sqrt[3]{l^3 - \mu^3}) d\mu - \varphi(l) \int_0^l K(\mu, l) \varphi(\mu) d\mu, \quad (1)$$

$$\frac{\partial c_{Pt^{2+}}}{\partial t} + v \frac{\partial c_{Pt^{2+}}}{\partial x} = D_{Pt^{2+}} \frac{\partial^2 c_{Pt^{2+}}}{\partial x^2} - 4\pi \frac{\rho_{Pt}}{M_{Pt}} \int_0^l \varphi(\eta_1 + \eta_2) l^2 dl. \quad (2)$$

Рассчитанные значения площади активной поверхности катализатора согласуются с экспериментальными данными.

Изучено влияние отдельных механизмов на деградацию в целом. Выявлены: вклад механизма коалесценции в общий процесс деградации катализатора является преобладающим. Спрогнозирован рабочий ресурс топливного элемента, предложены способы его увеличения.

Литература

1. Shao-Horn Y., Sheng W.C., Chen S., Ferreira P.J., Holby E.F., Morgan D. *Top Catal*, 2007, **46**, 285.

Работа выполнена в рамках программы развития РХТУ им. Д.И. Менделеева «Приоритет-2030».

ПОЛУЧЕНИЕ МЕНТОЛА ИЗ ОТХОДОВ ЦИТРУСОВЫХ

Корешкова Д.А.^{а,б}, Симакова И.Л.^б

^а НГТУ, 630073, пр-кт К.Маркса 20, Новосибирск, Россия,
e-mail: 24.koreshkova.diana.02@mail.ru

^б ИК СО РАН, 630090, пр. Ак. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия

Объем производства цитрусовых оценивается в более чем 100 млн.т/год, что приводит к ежегодному образованию около 10 млн. т отходов¹. Существуют способы вовлечения в переработку пульпы, жмыха, косточек, однако большая часть отходов, имеющая высокую концентрацию эфирных масел, остается невостребованной. В настоящее время рециклинг отходов, обеспечивающий устойчивость экономики, вызывает большой интерес.

Целью данной работы является разработка эффективного непрерывного метода превращения компонента цитрусовых отходов (цитраля) в ценный коммерческий продукт (ментол) в присутствии Ni катализатора.

Синтез ментола из цитраля включает последовательное превращение: цитраль → цитронеллаль → изопулегол → ментол. На начальной и конечной стадиях необходимо присутствие нанодисперсных металлических частиц для осуществления гидрирования, а на промежуточной - кислотные центры Льюиса для циклизации цитронеллала в изопулегол. В ходе работы разработан бифункциональный катализатор Ni, нанесенный на цеолит H-Beta-38, с добавлением различных связующих для приготовления механически прочных экструдатов и проведения реакции в проточном режиме. Были синтезированы Ni катализаторы на глинистом материале - бентоните (а) и цеолите (б), а также их смеси (бентонит – 30 %) (в) и исследованы в гидрировании цитраля при различных T, PH₂ и растворителях. Показано, что на Ni/бентонит реакция циклизации не протекает, превращение цитраля происходит по пути гидрирования в 3,7-диметилэтанол-1. Согласно данным ИК с пиридином бентонит демонстрирует более низкую концентрацию кислотных центров, чем Beta цеолит (19 и 31 μмоль/г, соответственно), что обусловило, смену маршрута превращения цитраля. При этом добавление бентонита до 30 вес. %, обладающего более высокой мезопористостью, позволяет сформировать развитую поверхность с большим количеством мезопор, что обеспечивает более селективное превращение цитраля в ментол².

Литература

1. Zema D.A., Calabro P.S., Folino A., Tamburino V., Zappia G., Zimbone S.M. *Waste Management*, 2018, **80**, 252.
2. Simakova I.L., Vajglová Z., Martínez-Klimov M., Eränen K., Peurla M., Mäki-Arvela P., Murzin D.Yu. *Organic Process Research & Development*, 2023, **27**, 295.

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКВИДАЦИИ ОБЪЕКТОВ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ДЛЯ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ РУДНИКОВ

Зобнин Б.Б., Королёв О.А

*Уральский государственный горный университет,
 620144 Екатеринбург, Куйбышева 30,
 e-mail: zobninbb@mail.ru,
 ИМЕТ УрО РАН*

В настоящее время в нашей стране сложилась парадоксальная ситуация, когда при острой нехватке минеральных ресурсов, особенно это касается цветных и редких металлов, огромные объёмы непогашенных запасов медно-цинковых руд, относящихся к шахтам, переведённых на мокрую консервацию, оказываются брошенными. Технология, предлагаемая авторами, позволяет снять противоречие между необходимостью ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде (ОНВОС) для медно-колчеданных рудников, находящихся на мокрой консервации, и наличием непогашенных запасов. При этом используются реально идущие на этих рудниках процессы подземного выщелачивания и последующая кавитационная обработка изливающихся кислых рудничных вод (КРВ).

Предлагаемая технология основана на управляемом преобразовании фазового состава КРВ на постэксплуатационном этапе жизненного цикла рудника, позволяющем с минимальными удельными затратами получить очищенную воду и осадок, являющийся товарным продуктом.

Предлагаемая технологическая схема отработки месторождений медно-колчеданных руд на постэксплуатационном этапе жизненного цикла включает в себя подземное выщелачивание непогашенных запасов руды, а также кавитационную очистку и нейтрализацию изливающихся из законсервированных шахт КРВ с извлечением осадка, направляемого на дальнейшую переработку.¹

Происходит «автоподкисление» изливающихся растворов за счёт окисления пиритов, что исключает расход серной кислоты. Образовавшийся железный купорос в присутствии серной кислоты легко окисляется воздухом в сульфат окиси железа.

Полученный после кавитации осадок, представляет собой наноразмерные оксиды металлов, имеет пористую структуру гидрогеля и сорбирует на своей поверхности ионы тяжелых металлов.² В процессе кавитации раствора железа (II) с одновременным окислением реакционной смеси кислородом воздуха на поверхности гидроксидов тяжелых металлов образуются смешанные оксиды ионов тяжёлых металлов и железа – ферритов с общей формулой $Me_n Fe_{3-n} O_4$.

Литература

1. Зобнин Б.Б. Проблемы построения технологии замкнутого цикла для медно-колчеданных шахт, находящихся на мокрой консервации/ Зобнин Б.Б., Кочетков В.В. //Управление техносферой: электрон. журнал, 2023.
2. Зобнин, Б.Б. Стендовые испытания безреагентной очистки кислых рудничных вод/Б.Б. Зобнин, Д.С. Шокуров, О.А. Королёв//Труды V-го Конгресса с международным участием Техноген-2021, с.340-343.

Работа поддержана грантом РНФ 24-17-20033.

ОТ ЛАБОРАТОРНОГО СТОЛА ДО МАСШТАБИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОГЕЛЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ. ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

Котельникова Н.Е.

*Институт высокомолекулярных соединений Российской Академии Наук,
199004, Санкт-Петербург, Большой проспект 31,
e-mail:kotel@mail.ru*

Целью трансфера технологий (масштабирования) является воспроизведение лабораторного процесса в полупромышленных или промышленных условиях, определенных при разработке продукции в лаборатории.

В настоящее время гидрогели, полученные на основе биополимеров рассматриваются как трехмерные (3D) материалы, обладающие способностью поглощать большое количество воды или растворителей, которые сохраняют стабильность их размеров. Биополимер целлюлоза определяет основную структуру многих растений. Гидрогели на основе целлюлозы приобрели большую популярность в биомедицине, фармацевтической промышленности и сельском хозяйстве. Гидрогели получают в 4 основных этапа, каждый из которых состоит из подэтапов. Изначально целлюлозу растворяют в растворителях, а затем происходит гелеобразование растворенной системы путем физического (физическое гелеобразование) или химического связывания (химическое гелеобразование).

Единственной компанией в мире, производящей гидрогели целлюлозы под названием GrowDex® hydrogels, является UPM Biomedical (Финляндия). В нашем случае для использования лабораторного опыта при масштабировании необходимо учесть различия в поведении образцов целлюлозы при растворении и гелеобразовании. Использовали порошковые образцы, полученные из сульфитной целлюлозы лиственных и хвойных пород, льняного волокна и бумажной макулатуры.

Первая попытка масштабирования лабораторного процесса получения гидрогелей была предпринята с учетом основных этапов процесса. Однако схема имела ряд слабых мест. Чтобы преодолеть их, необходимо использовать дополнительные устройства, такие как реконструкция смесителя, который должен быть адаптирован для каждого образца, добавление фильтр-пресса в камеру фильтрации и насосного устройства с различной производительностью. Эти усовершенствования требуют больших экономических затрат, но могут быть реализованы при поддержке проектирования, тщательного расчета, финансовой и технической помощи. Таким образом, масштабирование процесса производства целлюлозных гидрогелей имеет серьезные «плюсы» и не менее важные «минусы». Какие из них перевешивают, вопрос дальнейших исследований и времени.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ФЕРМЫ

Крюк В.А., Михайлова Е.С., Просеков А.Ю.

*Кемеровский Государственный Университет,
650000, Кемерово улица Красная 6
e-mail: vika.kryuk.95@mail.ru*

Вертикальные фермы представляют собой современную автоматизированную интеллектуальную систему, для выращивания растений методом гидропонии. Основные преимущества:

- возможность круглогодичного выращивания растений, вне зависимости от природных условий;
- применение искусственного интеллекта и машинного зрения с целью создания оптимальных схем минерального питания, освещения, поддержания требуемых режимов температуры и влажности воздуха;
- снижение водопотребления на 95 % относительно традиционных агропроизводств;
- замкнутый цикл воздухообмена в помещениях выращивания, позволяющий исключить возникновение вредителей и фитопатологий, снижение использования пестицидов, гербицидов и инсектицидов;
- емкость производства (возможность размещения в черте городов).



Рисунок 1. Вертикальная ферма

В настоящее время, Кемеровский государственный университет разрабатывает технологию выращивания хвойных растений с закрытой корневой системой в вертикальных теплицах для компенсационного лесовосстановления и рекультивации техногенно-нарушенных территорий.

ВЫРАЩИВАНИЕ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТЕПЛИЦАХ

Крюк В.А., Михайлова Е.С., Просеков А.Ю.

*Кемеровский Государственный Университет,
650000, Кемерово улица Красная 6
e-mail: vika.kryuk.95@mail.ru*

Для проведения работ по компенсационному лесовосстановлению и рекультивации техногенно-нарушенных территорий необходимо большое количество посадочного материала хвойных растений с закрытой корневой системой (ЗКС). Одной из перспективных технологий выращивания сеянцев с ЗКС являются вертикальные теплицы.

В Кемеровском государственном университете были проведены сравнительные исследования по выращиванию сеянцев с ЗКС сосны обыкновенной в классических и вертикальных теплицах. Анализ полученных результатов показал, что в условиях гидропоники сеянцы характеризуются более интенсивным ростом и более развитой корневой системой (таблица 1). Для оптимизации затрат на электроэнергию, нагрузки на климат и снижения первоначальных затрат при реализации, - предпочтительно использовать показатели интенсивности света на уровне 180 мкМоль/сек/м² (таблица 2).

	Срок выращивания, дней от стратификации (от всходов)	Высота сеянца, среднее значение, см	Ошибка среднего значения, ± см
Классические теплицы	60 (46)	2,3	0,1
Вертикальные теплицы	60 (46)	2,7	0,1

Таблица 1. Биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной

Свет, мкМоль/сек/м ²	Срок выращивания, дней от стратификации (от всходов)	Высота сеянца, среднее значение, см	Ошибка среднего значения, ± см
250	53(41)	2,3	0,1
180	53(41)	2,0	0,1

Таблица 2. Влияние интенсивности освещения на высоту сеянцев сосны обыкновенной

Использование современных технологий позволит увеличить выход стандартных сеянцев с ЗКС с единицы площади, за счет интенсификации выращивания посадочного материала в полностью контролируемых условиях.

СОРБЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ПЕНОПОЛИУРЕТАНА В ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ

Куен Т.К., Зенитова Л.А.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия
e-mail: quynhanhmoitruong@gmail.com*

В работе исследовалась возможность применения сорбционного материала ППУэл–30–ХК на основе эластичного пенополиуретана и измельченного хитозана, растворимого в кислоте в количестве 30% общей массы для удаления нефтеразливов, который обладает поглощающей способностью до 14,0 г/г¹. Экологичность разработанного сорбционного материала подтверждается возможностью его многократного (до 24 раз) применения после отжима поглощённого продукта без существенного изменения нефтеемкости, что позволяет снизить затраты на его использование, уменьшить количество отходов при ликвидации разливов, а также регенерировать большую часть сорбированного продукта². Сорбционный материал может производиться как в стационарных условиях, так и в условиях чрезвычайных ситуаций. На оба варианта разработаны технологические схемы³.

Литература

1. Куен Т.К.А., Зенитова Л.А. Хитозан содержащие пенополиуретаны в качестве поглотителей нефтеразливов .-Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология, 2019, 2. – . 7с.
2. Куен Т.К.А., Зенитова Л.А. Сорбционная способность комбинированного сорбента на основе пенополиуретана и хитозана по отношению к нефти, разлитой на водной поверхности. – Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология, 2019,4. – 36с.
3. Куен Т.К.А., Зенитова Л.А., Даутова А.Н. Технология удаления нефтяных разливов с помощью сорбционного материала на основе хитозана и пенополиуретана. – Известия Самарского научного центра РАН, 2023, 6. – 165с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММЫ РАСТВОРИМОСТИ $\text{KCl-MgCl}_2\text{-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Лановецкий С.В.,^а Косвинцев О.К.,^а Гилева А.А.,^а
Лис А.В.,^б Чертовских Е.О.^б

^аПермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29,
e-mail: lsv98@mail.ru

^бООО «ИНК», 664007, Иркутск, проспект Большой Литейный, 4

В последнее время проблема переработки гидроминерального сырья приобретает большое значение. Для извлечения из подземных пластовых вод таких соединений как KCl , MgCl_2 , CaCl_2 могут быть применены галургические методы, основанные на выпаривании растворов и кристаллизации солей. Теоретическое обоснование и прогнозирование параметров стадии кристаллизации строится на рассмотрении диаграмм растворимости, которые позволяют определить составы равновесных фаз.¹

На рисунке 1 приведена безводная проекция диаграммы растворимости системы $\text{KCl-MgCl}_2\text{-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$, построенная по справочным данным.²

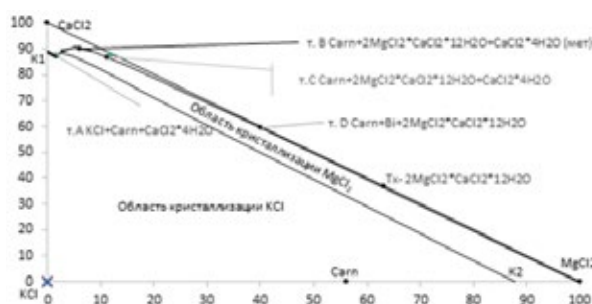


Рисунок 1. Диаграмма растворимости $\text{KCl-MgCl}_2\text{-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$.

Пользуясь общими принципами чтения представленной диаграммы растворимости, в работе описаны процессы, происходящие при переработке гидроминерального сырья заданного химического состава и подобраны оптимальные условия для извлечения химических продуктов требуемого качества.

Литература

1. Ruberlan Gomes da Silva [et al.]. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, 2018, **15(3)**, 350.
2. Здановский А.Б. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Т2. Четырехкомпонентные и более сложные системы. — Л.: Ленгосхимиздат, 1954. — 596 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ

Лановецкий С.В., Нисина О.Е., Косвинцев О.К.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29,
e-mail: lsv98@mail.ru*

В процессе переработки калийных руд образуется достаточно большое количество так называемых галитовых отходов, представляющих собой весьма богатый концентрат хлорида натрия с содержанием основного вещества не менее 93%. Возможность дальнейшей переработки галитового концентрата с получением целевых продуктов осложняется содержанием примесей сульфата кальция, которые оказывают негативное воздействие как на технологическое оборудование, так и на качество получаемых неорганических продуктов и соединений. Анализ галитовых отходов, представленных в виде образцов карьерной соли и галитового отвала, показал ряд определенных отличий в локализации и модификации сульфата кальция, вызванных условиями хранения отходов¹. Так, длительное хранение карьерной соли на открытых площадках способствует процессу гидратации сульфата кальция и формированию его двуводной модификации, а постоянное воздействие температуры окружающей среды и атмосферных осадков приводит к окклюзионному захвату агрегированными кристаллами галита малорастворимых частиц сульфата кальция, что затрудняет их удаление в процессе гидромеханической очистки и реагентной обработки. Проведенные исследования по влиянию физического воздействия на обрабатываемую водную суспензию галита в виде ультразвукового излучения показали возможность избавиться от большей доли примесей сульфата кальция без проведения дополнительной реагентной обработки растворов. Найдены оптимальные технологические параметры длительности и интенсивности ультразвукового и гидромеханического воздействия на обрабатываемую среду. Доказана высокая эффективность использования ультразвуковой обработки, как инструмента по очистке галитовых отвалов от примесей сульфата кальция². Предложена технология приготовления рассолов хлорида натрия и технической соли с остаточным содержанием примесей сульфата кальция менее 0,5% мас.

Литература

1. Нисина О.Е., Лановецкий С.В., Косвинцев О.К., Куликов М.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*, 2022, **65(4)**, 101.
2. Нисина О.Е., Лановецкий С.В., Косвинцев О.К. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*, 2018, **61(12)**, 122.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА В ПРОТИВОТОЧНЫХ АППАРАТАХ С ИНТЕНСИФИКАТОРАМИ ПРОЦЕССА НАГРЕВА СРЕД С ПОВЫШЕННОЙ ВЯЗКОСТЬЮ

Лаптев А.Г., Лаптева Е.А., Ключкова В.А.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

г. Казань, Республика Татарстан, 420066, Красносельска, 51В

E-mail: tvt_kgeu@mail.ru

В докладе рассказываются пластинчатые теплообменники, а также типа «труба в трубе», где происходит нагрев сред с повышенной вязкостью (мазут, масла и др.) через разделяющую стенку греющим водяным паром или горячей водой. Причем в канале, где движется вязкая среда расположены поверхностные (выступы, накатки и др.) или объемные (мелкие нерегулярные элементы) интенсификаторы теплообмена. Поверхностные интенсификаторы обеспечивают переход от ламинарного режима движения к турбулентному при числах Рейнольдса $Re > 500-1000$, а объемные при $Re > 50$. За счет турбулизации вязкой среды происходит значительное повышение коэффициентов теплоотдачи (в 5–20 раз) и, соответственно, теплопередачи, что дает возможность значительно снизить массогабаритные характеристики теплообменных аппаратов.

Для расчета эффективности теплообмена в аппаратах с интенсификаторами разработана математическая модель расчета теплового коэффициента полезного действия. Математическая модель основана на гидродинамической структуре потока, где нагревая среду условно делится на ряд последовательных ячеек полного перемешивания. Число ячеек зависит от значения модифицированного числа Пекле (критерий Боденштейна), который характеризует обратное перемешивание теплоносителя. В результате решения уравнений ячеечной модели в явном виде получено выражение для расчета тепловой эффективности процесса в каналах с интенсификаторами, где основными параметрами является тепловое число единиц переноса и число ячеек полного перемешивания¹. Получены графические зависимости тепловой эффективности нагрева индустриального масла в теплообменнике с объемными интенсификаторами. Установлено влияние обратного перемешивания нагреваемого масла на эффективность теплообмена. Показано сравнение с режимом ламинарного течения, т.е. без интенсификаторов. Разработанная математическая модель может применяться при проектировании или модернизации теплообменных аппаратов.

Литература

1. Лаптев А. Г., Башаров М. М., Лаптева Е. А. Математические модели и методы расчетов тепломассообменных и сепарационных процессов в двухфазных – Казань : КГЭУ; Старый Оскол : ТНТ, 2021. – 288 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ДЕСОРБЦИЮ КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫХ ГАЗОВ ИЗ ВОДЫ В НАСАДОЧНЫХ АППАРАТАХ

Лаптев А.Г., Лаптева Е.А., Ключкова В.А.

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, Республика Татарстан, 420066, Красносельска, 51В
E-mail: tvt_kgeu@mail.ru*

В докладе рассказывается процессы десорбции растворенных коррозионно-активных газов (CO_2 и O_2) из воды воздухом в аппаратах насадочного типа. Например, десорбция CO_2 из воды происходит атмосферным воздухом, который в зависимости от времени года и условий эксплуатации десорберов (декарбонизаторов) может иметь различные температуру и влагосодержание. Обычно в традиционных расчетах декарбонизаторов расчет эффективности массопередачи осуществляется по начальным температурам воды и воздуха и без учета влажности.

Вода поступает на декарбонизацию с начальной температурой 40-70°C. Содержание CO_2 в воде может быть в интервале 100-400 мг/кг, а требуемая концентрация после декарбонизации менее 4 мг/кг.

Для численного моделирования профиля концентрации CO_2 в воде и температур воды и воздуха по высоте насадочного слоя в противоточном декарбонизаторе в данной работе использована система дифференциальных уравнений массо- и теплообмена с частными производными, где взаимодействий фаз (воздуха и пленки воды на хаотичной насадке) учитываем в виде локальных межфазных источников массы и теплоты¹. При заданных условиях на входе воды и воздуха из численного решения находятся концентрация CO_2 в воде и воздухе на выходе, а также температуры воды и воздуха. С учетом полученных температурных профилей в процессе решения уточняются теплофизические свойства воды и воздуха (в основном это плотность, вязкость, теплоемкость и коэффициенты теплопроводности и молекулярной диффузии).

В результате математического моделирования установлено, что не учет температурных профилей воды и воздуха дает погрешность в определении высоты насадки до 10-12%. Например, при начальной температуре воды 60 °C и воздуха 20 °C в процессе тепломассообмена в слое хаотичной насадки температура воды снижаем до 50 °C, а воздуха повышаем до 58 °C при плотности орошения водой 70 м³/ (м²час) и скорости воздуха 0,75 м/с.

Литература

1. Лаптев А. Г., Башаров М. М., Лаптева Е. А. Математические модели и методы расчетов тепломассообменных и сепарационных процессов в двухфазных – Казань : КГЭУ; Старый Оскол : ТНТ, 2021. – 288 с.

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСЕЙ В ПРЯМОТОЧНЫХ ЦИКЛОНАХ

Флисюк О.М., Марцулевич Н.А., Лихачев И.Г.

*Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, 26,
e-mail: ig.lihachev@gmail.com*

При очистке больших объемов промышленных газовых выбросов прямоточные циклоны обладают целым рядом преимуществ перед другими типами пылеуловителей. Хотя циклоны этого типа давно являются объектом изучения, единого мнения об их эффективности до сих пор нет. Ряд авторов считает, что степень очистки газа в таких аппаратах принципиально не может быть высокой, другие исследователи придерживаются противоположного мнения. При этом и те, и другие согласны в том, что эффективность удаления частиц пыли из газового потока целиком определяется характером движения газовзвеси в разделительной камере циклона.

В настоящей работе проведено детальное изучение особенностей гидродинамики турбулентного потока запыленного газа в прямоточном циклоне с целью установления основных закономерностей течения, определяющих эффективность очистки. Анализ течения проводился на основе решения общих уравнений гидродинамики двухфазной среды с помощью пакета программ *FlowVision*. Результаты решения позволяют сделать целый ряд важных в практическом отношении выводов.

Непосредственно на входе в разделительную камеру течение формируется лопастями завихрителя. В этой зоне оно носит характер закрученных струй. Поэтому удаление частиц пыли из газа определяется двумя механизмами: центробежной силой и направленным движением потока газовзвеси к стенке циклона. Соотношение этих механизмов для частиц разного размера меняется. Так, для мелких частиц порядка 5 мкм основным является, очевидно, второй механизм. Используя лопасти завихрителя различной формы, можно целенаправленно влиять на вклад каждого из указанных физических механизмов на эффективность очистки.

Результаты расчета позволяют также оценить оптимальный размер разделительной камеры циклона. Подавляющая доля частиц выводится из потока сразу после завихрителя. Длина этой области не превышает 50-70 мм. Далее вниз по потоку за счет вторичного уноса и турбулентного перемешивания в радиальном направлении часть частиц возвращается в газ. Заметное влияние на работу циклона оказывает природа частиц пыли, определяющая их взаимодействие со стенкой. При неупругом соударении с твердой поверхностью происходит существенное торможение частиц, их накопление в пристеночной области и снижение степени очистки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №. 21-79-30029

ГИБРИДНАЯ БАРО-ЭЛЕКТРОМЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Коржов А.Н., ^a Ло́за С.А., ^a Ковальчук Н.О., ^a Коржова М.А.^b

^a Кубанский государственный университет 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
e-mail: shtrih_ooo@mail.ru

^b Кубанский государственный технологический университет 350072
г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

В настоящее время большой интерес в технологиях альтернативного получения электроэнергии. Гибридная система осмоса с противодавлением (PRO) - это новая технология, использует потенциал между разницей солености воды для получения энергии [1]. В обратном осмосе (RO) и PRO [2-3] поступает в мембранный модуль с мембраной для удаления соли, а затем выходит через устройство рекуперации энергии

Целью данной работы являлось получение электрической энергии, используя гибридную технологию на основе морского обратного осмоса и обратного электродиализа (RED).

Для процесса обратного электродиализа был выбран мембранный блок с ионообменными мембранами и промышленная установка морской обратный осмос (производительность по пермеату 1-1,5 м³/ч). Исходным раствором для опреснения морским обратным осмосом был выбран имитат морской воды с концентрацией 15 г/л NaCl. В процессе исследования установки обратного осмоса был получен пермеат с содержанием хлорида натрия 40 мг/л и концентрат NaCl концентрация которого равна 20 г/л. В дальнейшем концентрированный раствор используется для извлечения электроэнергии при смешивании двух растворов различной концентрации в RED.

Гибридная баро-электроmemбранная технологическая схема позволяет получение очищенной воды по низкой цене, одновременно выступая в качестве альтернативного источника получения электроэнергии.

Литература

1. A.P. Straub, N.Y. Yip, M. Elimelech, Raising the bar: increased hydraulic pressure allows unprecedented high power densities in pressure-retarded osmosis, Environ. Sci. Technol. Lett. 1 (1) (2014) 55–59.
2. C.F. Wan, T.S. Chung, Energy recovery by pressure retarded osmosis (PRO) in SWRO-PRO integrated processes, Applied Energy 162 (2016) 687–698.
3. D. V. Davidov, E. N. Nosova, S. A. Loza, A. R. Achoh, A. N. Korzhov, S. S. Melnikov Using a microheterogeneous model to assess the applicability of ion-exchange membranes in the process of reverse electrodialysis // Chimica Techno Acta. – 2021. – V. 8(2). – № 20218205

Работа выполнена при поддержке: проект Минобрнауки РФ № FZEN-2023-0006. 0001.

ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Малявин А.С., Костылева В.М., Иванова В.А.

*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
115054, г. Москва, Стремянный пер., д. 38.
e-mail: a.malyavin@eipc.center*

Требования законодательства по оснащении стационарных источников выбросов объектов I категории системами автоматического контроля (САК), а также сложности с установкой и обслуживанием данных систем потребовало от предприятий поиска наиболее оптимальных решений:

- унификация используемых САК в пределах одного предприятия/холдинга;
- использование современных, наиболее универсальных методов анализа;
- оптимизация количества источников и параметров, которые необходимо контролировать в автоматическом режиме.

Одним из перспективных направлений развития автоматического контроля выбросов является использование методов математического моделирования показателей технологического процесса с определением параметров выбросов загрязняющих веществ (так называемые предиктивные системы контроля выбросов - ПСКВ)¹. При выборе объектов для внедрения ПСКВ необходимо учитывать следующие требования: высокая степень оснащенности АСУ ТП и наличие исторических данных параметров процесса (источник данных для моделирования); учет технологических особенностей процесса (для внедрения ПСКВ необходимо выбирать процесс со стабильными технологическими показателями, качеством сырья, материалов и продукции); конструктивные особенности источника выброса (наличие технической возможности оснащения инструментальной САК источника выброса, на которой планируется внедрять ПСКВ – используется для дообучения модели в режиме реального времени); возможность организации работ по сбору и анализу данных в режиме реального времени.

Литература

1. Грачев В.А., Скобелев Д.О., Попов А.Ю. Развитие предиктивных систем контроля выбросов загрязняющих веществ // Экология и промышленность России. 2020. № 10. С. 43-49.

ФЛОТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ АППАРАТЕ

Марцулевич Н.А., Казаков А.В. Терентьева О.А.

*Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект 26,
e-mail: tohm1950@mail.ru*

Одной из важнейших задач обеспечения экологической безопасности производственных циклов на нефтеперерабатывающих предприятиях является очистка промышленных стоков от нефтесодержащих соединений. Решение этой задачи одновременно создает возможность повторного использования очищенной воды в технологических процессах. При этом основной особенностью процесса очистки является большой объем стоков.

В таких условиях наиболее эффективным методом удаления нефтепродуктов из сточной воды может служить процесс флотации, который на практике достаточно просто может быть организован в аппаратах больших габаритов. Однако при создании инженерных методов расчета промышленных процессов неизбежно возникает проблема масштабного перехода, не позволяющая прямо перенести результаты лабораторных и пилотных исследований на аппараты промышленных размеров. Поэтому особую ценность приобретают результаты, полученные при эксплуатации реальных флотационных установок. Они позволяют скорректировать модельные представления о процессе с учетом характера движения рабочих сред в аппарате большого диаметра, что дает возможность разработать методы расчета промышленных аппаратов, минуя стадии лабораторных исследований.

В настоящей работе данные многолетней эксплуатации флотационной установки на Киришском НПЗ были использованы для моделирования процесса очистки нефтесодержащих стоков во флотаторе диаметром 14,6 м. При этом было показано, что математическая модель процесса может быть сведена к одномерному уравнению конвективной диффузии, в котором масштабный эффект учитывается с помощью эффективного коэффициента перемешивания $D_{эф}$, явным образом зависящего от поперечной неоднородности распределения гидродинамических величин. Сопоставление расчетных и фактических значений степени очистки сточной воды подтвердило адекватность модельных представлений реальному процессу, что дает основания использовать их при разработке инженерных методов расчета промышленных технологических процессов и соответствующего оборудования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №. 21-79-30029

КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНА: ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА

Акатов А.А.,^{а,б} Уголков В.Л.,^а Осипов А.В.,^а Мезенцева Л.П.^а

^аИнститут химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской Академии Наук,
199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова 2,
e-mail: andrey_akatov@technolog.edu.ru

^бСанкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский пр. 26

Работа посвящена разработке физико-химических принципов получения керамических матриц из композитов на основе циркона с добавками оксидов циркония и гафния, и изучению их физико-химических свойств.

В результате работы по оригинальной методике синтезированы высокодисперсные порошки-прекурсоры, спеканием которых получены плотные химически стойкие керамические композиции $(1-x)\text{ZrSiO}_4-x\text{ZrO}_2$ и $(1-x)\text{ZrSiO}_4-x\text{HfO}_2$.

Керамические образцы демонстрировали низкую пористость и высокую химическую стойкость в дистиллированной воде (рис.)¹.

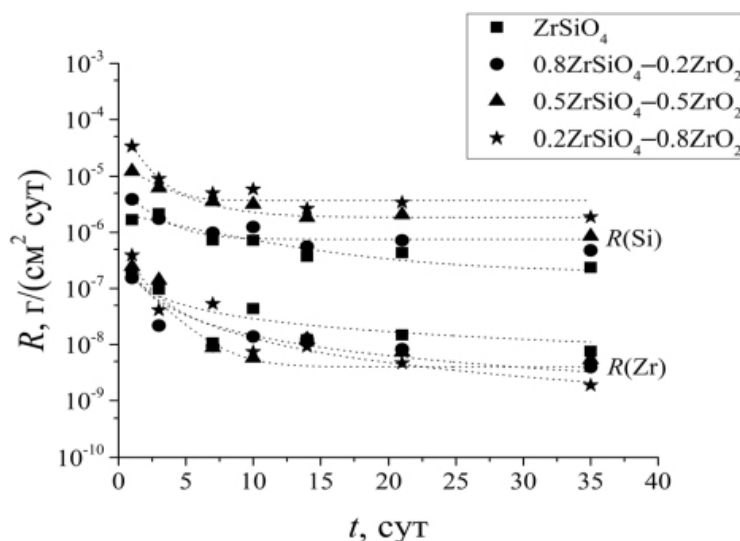


Рисунок 1. Зависимости скорости выщелачивания R кремния и циркония из керамических матриц ZrSiO_4 , $0.8\text{ZrSiO}_4-0.2\text{ZrO}_2$, $0.5\text{ZrSiO}_4-0.5\text{ZrO}_2$ и $0.2\text{ZrSiO}_4-0.8\text{ZrO}_2$ от времени выдержки t в дистиллированной воде.

Литература

1. Уголков В.Л., Ковальчук Н.А., Осипов А.В., Мезенцева Л.П., Акатов А.А. Керамические композиты на основе циркона и оксида циркония. // Новые огнеупоры. 2023. № 9. С. 28–33.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-23-00378.

БИОДЕГРАДАЦИЯ КРАСНОГО ФОСФОРА ШТАММОМ *ASPERGILLUS NIGER* F-4815D

Миндубаев А.З.,^a Бабынин Э.В.,^c Галимова А.Р.,^d
Гоголашвили Э.Л.,^b Бадеева Е.К.,^b Минзанова С.Т.^b

^aКазанский национальный исследовательский технологический университет.

^bИнститут органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН.

^cТатарский НИИХП ФИЦ КазНЦ РАН.

^d Казанский национальный исследовательский технический университет им. Туполева - КАИ.
 e-mail: mindubaev-az@yandex.ru

В более ранних исследованиях показана способность грибов черных аспергиллов *Aspergillus niger* окислять до безвредных фосфат-ионов вещество первого класса опасности белый фосфор. Красный фосфор намного менее токсичен, но более термодинамически стабилен, и это затрудняет его ферментативный метаболизм. Тем не менее, более поздние исследования показали, что красный фосфор служит источником биогенного элемента для тех же самых грибов, которые обезвреживают белый фосфор. Впрочем, описания экспериментов носили, в основном, качественный характер. Количественная оценка биodeградации имеет важнейшее значение, и в представленной работе показаны первые количественные данные по биodeградации красного фосфора *A. niger* F-4815D. Эти данные свидетельствуют о достоверном увеличении скорости окисления красного фосфора, выраженном через накопление фосфат-ионов - конечного продукта окисления, под воздействием метаболизма растущего в культуральной среде аспергилла. По сравнению с контролем – стерильной средой, содержащей красный фосфор, скорость возрастает в 1.25 раз. Разница незначительная, но достоверная и проявляющаяся в каждом повторе эксперимента. Можно предполагать, что эта разница была бы еще выше. Но исследуемый красный фосфор оказался изначально загрязненным фосфорной кислотой. Вероятно, окислялся в процессе хранения. Поскольку аспергилл изначально рос в среде, обогащенной фосфатами, активность процесса биodeградации красного фосфора была снижена по сравнению с теоретически возможной. Тем не менее, представленная работа – первое задокументированное исследование, подтверждающее биodeградацию красного фосфора.

Литература

1. Миндубаев А.З., Галимова А.Р., Кузнецова О.Н., Ахбарова Л.И., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Биотрансформация красного фосфора в фосфаты при помощи *Aspergillus niger*. Вестник технологического университета, 2023, 26, 10, 41-45. DOI: 10.55421/1998-7072_2023_26_10_41

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТВАЛОВ ХОВУ-АКСЫ

Копылов Н.И.,^а [Молдурушку М.О.](#)^б

^а*Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук,
630090, Новосибирск, Кутателадзе 18,*

^б*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов
Сибирского отделения Российской Академии Наук,
667007, Кызыл, Интернациональная 117 а,
e-mail: ritageotom@mail.ru*

Шламовые отвалы Хову-Аксы, технологические отходы комбината «Тувакобальт» были накоплены в течение 20 лет его работы. Они существенно отличаются от отвалов других предприятий цветной металлургии как по химическому, минеральному составу, так и по более высокому содержанию в них мышьяка (до 6 % мас.). За время хранения содержимое отвалов претерпело значительные изменения и по своему составу является карбонатно-силикатным с повышенным содержанием кальция и железа. Вторичные минералы, продукты гипергенеза представлены в основном арсенатами группы вивианита. Отвалы представляют серьезную экологическую опасность для региона.

В результате большого объема исследований была разработана комплексная технология обезвреживания и переработки отвальных шламов, включающая низкотемпературный обжиг шихты (смеси шлама с кальцинированной содой), водное выщелачивание огарка с переводом мышьяка в раствор и кислотное осаждение мышьяка из раствора в форме трисульфида (аурипигмента). При этом степень извлечения мышьяка в раствор составляла 92 %, а степень осаждения мышьяка из раствора – 99,5 %. Полученный осадок сульфида мышьяка представляется компактным малорастворимым продуктом, который может быть использован в противоположающихся покрытиях корпусов морских судов и сооружений, а также при деревообработке и сельском хозяйстве¹.

Кек водной деарсенизации огарка в последующих исследованиях был использован в качестве возможного вторсырья в составе исходной шихты для производства керамической продукции. Результаты проведенных опытов показали возможность использования кека в качестве плавня, важной составляющей в составе шихты при производстве керамических материалов.

Литература

1. Копылов Н.И. Проблемы мышьяксодержащих отвалов. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2012. – 132 с.

МОДИФИКАЦИЯ ОТХОДОВ ЖЁСТКОГО ПВХ СОПОЛИМЕРОМ САН

Мызников Е.В., Сидяков С.А., Ордина Е.В.

Новомосковский институт (филиал) ФГБОУ
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
301665, Новомосковск, Тульская область, ул. Дружбы, 8
e-mail: egor.myznikov@yandex.ru

Отходы жёсткого ПВХ формируются на месте проведения ремонта жилых и производственных зданий (сайдинг). Нетрудно отобрать длинномерные изделия и штучные изделия (тара) по месту переработки твёрдых бытовых отходов. Известным методом их вторичной переработки в изделия является экструзия.

Предпринята попытка их переработки литьём под давлением.

Объекты исследования получали по схеме: дроблённый сайдинг (10 кг) + дибутилфталат (1,5 кг) = ПВХЖ → + САН (гранулы) → смешение → гранулирование → показатель текучести расплава (ПТР 190 °С, 98 Н, 6 мин) → литьё под давлением стандартных образцов (ТПА ДХ 3224) → предел текучести при растяжении, прочность и удлинение при разрыве (σ_1 , σ_2 и ε , 20 мм/мин), условная прочность при изгибе (σ_3 , 10 мм/мин до величины изгиба 6 мм), теплостойкость по Вика (T_B , 50 °С/час) и другие показатели (таблица).

Таблица 1. Свойства смесей ПВХЖ + САН

Показатель	ПВХЖ	Содержание САН, %					САН
		10	15	20	25	30	
ПТР, г/10мин	0,3	0,5	0,9	1,5	2,3	4,5	10,2
σ_1 , МПа	40,2	42,9	44,4	47,0	46,5	48,1	нет
σ_2 , МПа	18,3	32,1	29,4	28,9	28,5	30,1	65
ε_{pp} , %	29	26	24	28	21	30	3
σ_3 , МПа	45	45	47	44	45	46	70
T_B , °С	55	60	63	66	68	69	100
ЧП*	33	11	10	6	4	3	1
*ЧП – число перегибов стандартных образцов до излома (360°)							

Представляет интерес композиция, содержащая 15 % САН. Гранулирование композиции возможно резкой гранул на головке экструдера с воздушным охлаждением, но лучше стренговый способ. Оптимальная температура литья под давлением 170 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации в рамках научного проекта «Лаборатория «умных» материалов и технологий», проект № FSSM-2024-0005.

О СКОРОСТИ И ОЧЕРЕДНОСТИ БИООКИСЛЕНИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ СТОЧНЫХ ВОД КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Неволина И.В.,^а Сабирова Т.М.^б

^аАО «Восточный научно-исследовательский углехимический институт»,
620990, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 14
e-mail: ilonanevolina@mail.ru

^бУральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Как установлено процесс биодеструкции основных примесей сточных вод (СВ) коксохимического производства (КХП) протекает в порядке определенной очередности: фенолы – роданиды – аммиак. Данные примеси отличаются длительностью окисления, лимитируемой развитием и скоростью роста бактериальных культур, ответственных за их деструкцию¹. Аналогичной информации о скорости и очередности биоокисления многочисленных органических примесей СВ КХП не выявлено, что необходимо для решения вопросов снижения вторичного загрязнения СВ.

Цель работы – получение накопительных культур в статических условиях и установление очередности биоокисления специфических загрязнителей (примесей) СВ КХП. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследования скорости (V) биоокисления органических загрязнителей в процессе биоочистки СВ КХП

Загрязнитель СВ	Содержание, мг/л	V, мг/сутки	Содержание, мг/л	V, мг/сутки
1. Оксибензол	607,3	15,96	662,8	7,22
2. Резорцин	330,8	6,26	300,1	3,76
3. Толуол	210,9	3,65	238,5	0,70
4. Бензол	251,5	2,22	230,9	2,30
5. Пиридин	80,1	1,96	111,6	0,93
6. Хинолин	83,3	1,48	72,3	0,56
7. Этилбензол	26,5	0,51	34,3	0,18
8. Гидрохинон	3,2	0,17	12,7	0,10
9. Нафталин	10,0	0,12	8,9	0,18
10. о-ксилол	118,2	-0,04	162,1	-0,22
11. м-,п-ксилол	845,5	-2,58	1057,6	-2,89

Таким образом, впервые получены данные об очередности бактериального окисления специфических органических примесей СВ КХП в зависимости от их природы.

Литература

1. Сабирова Т. М., Неволина И. В., Стуков Р. М., Копелиович Б. Л. Кокс и Химия, 2011, 3, 66.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Немков А.Н., Петухова Е.В., Мавзютов А.Р.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,

Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9;

e-mail: nemkov_an@mail.ru; petukhova.e.v@muctr.ru;

Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет,

Россия, Уфа, 450064, улица Космонавтов дом 1; e-mail: askar1975@yandex.ru

Проблема порывов нефтепроводов в значительной степени связана с их износом и поражением коррозией. Авторами предложен вариант комплексного ресурсосберегающего автономного устройства защиты, сочетающего в себе протекторный и электрохимический методы. Положительный результат достигается за счет наложения катодного потенциала протекторного сплава и подключения анодного стекателя к защищаемой металлической конструкции через электрическую схему с возможностью ограничения прямого падения напряжения на переходе и ограничение катодной составляющей не выше 0,5-0,7 В и полное исключение анодной составляющей блуждающего тока на защищаемую часть трубопровода. Эффективное действие распространяется на участок трубопровода длиной не более 1500 м.

Конструкция имеет монолитное исполнение в виде катушки с внутренней трубой. Пространство между ними заполнено протекторным сплавом, снижающим коррозионную активность. Типовая схема монтажа Устройства представлена на рисунке 1.

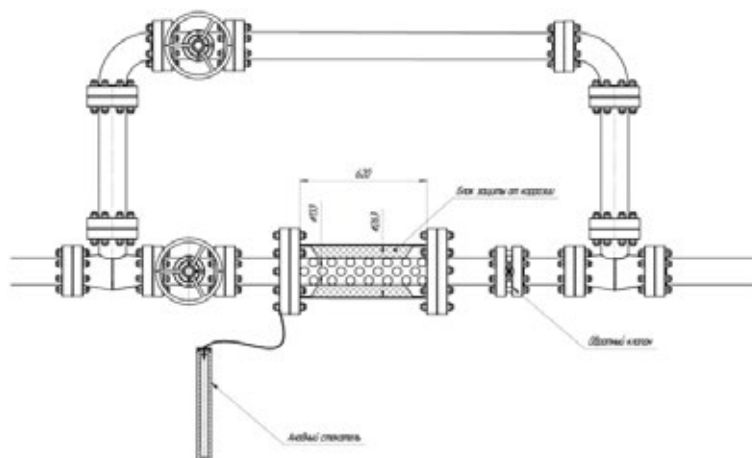


Рисунок 1. Схема монтажа устройства защиты трубопроводов от коррозии.

Литература:

1. Рагулин В.В., Даминов А.А. Заключительный отчет ООО «РН УфаНИПИнефть» «Анализ и исследование причин коррозионного разрушения внутрискважинного оборудования. Разработка комплекса мероприятий по предотвращению коррозионных разрушений», Уфа, 25.10.2013г – 353с.
2. Мавзютов А.Р., Башкин О.В., доклад-презентация «Многофакторная защита внутрискважинного оборудования от коррозионного разрушения», ООО «ПКГ БК», г. Уфа, 2014г.
3. Мавзютов А.Р., Эпштейн А.Р., Подъяпольский А.И. доклад «К вопросу использования высокоресурсного подземного оборудования для осложненного фонда скважин», г. Уфа, 2014г.
4. Якимов С.Б., Завьялов В.В., доклад-презентация «Виды коррозии наружной поверхности корпусов ПЭД на месторождениях ТНК-ВР в Западной Сибири», г. Уфа, 19.05.2010г.
5. Зубарев А.А., Мавзютов А.Р., «Акт итогов испытаний в нефтяных скважинах ОАО «Томскнефть» ВНК и завершения программы ОПИ, устройства защиты погружного насосного оборудования от коррозии, производства ООО «ПКГ БК», Стрежевой, 01.11.2013г – 7с.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СБРОСА ПОПУТНО ДОБЫВАЕМОЙ ВОДЫ

Немков А.Н.

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9;
email: nemkov_an@mail.ru*

Основными видами загрязнения окружающей среды при добыче полезных ископаемых являются загрязнения, возникающие при добыче и транспортировке нефти (разливы нефти, порывы нефтепроводов, капитальный ремонт нефтепромыслового оборудования и проч.). Причиной возникновения таких экологических проблем является электрохимическая коррозия. Этот процесс протекает только в средах, где существует протекание электрического тока, а попутно добываемая вместе с нефтью вода является высокоминерализованным электролитом и прекрасно проводит ток.

Одним из перспективных решений является раннее снижение количества перекачиваемой по нефтепромысловому оборудованию попутно добываемой воды - использование технологии кустового сброса воды. Цель технологии – отделение части свободной, попутно добываемой пластовой воды, подготовка и последующая закачка отделённой подтоварной воды в нагнетательные скважины системы поддержания пластового давления (ППД) непосредственно на площадках кустов скважин. Принципиальная схема технологии представлена на рисунке 1.

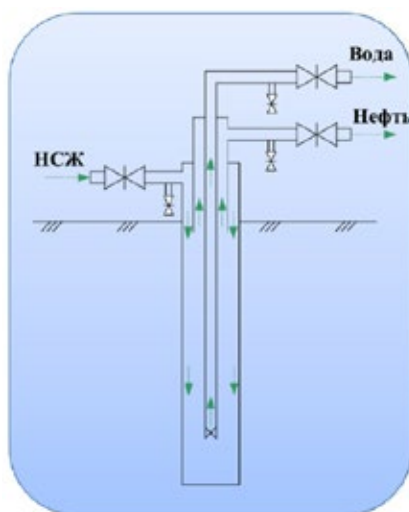


Рисунок 1. Принципиальная схема технологии сброса попутно добываемой воды.

Литература:

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» (2021), с.116.
2. Интерфакс «Коррозия накопленным итогом, или нефть в разлив» (2020) <https://nangs.org/news/ecology/korroziya-nakoplenным-itogom-ili-nefty-v-razliv>.
3. ГОСТ Р 8.1016-2022. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения количества извлекаемой из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования.
4. Митрошин А.В., Габнасыров Р.М., Немков А.Н. (2021). Технология внутрискважинной сепарации высокообводненных скважин Шагиртско-Гожанского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». *Нефтегазовое дело*, (3), 87–92.

АКТИВНОСТЬ БЛОЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА НОСИТЕЛЯХ -КЕРАМИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ - ПРИ ОКИСЛЕНИИ СО

Никитин И.Д., Беляков Н.А., Вишневская Т.А., Мальцева Н.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект 24-26/49,
e-mail: kuzmolovo2011@gmail.com

Монооксид углерода СО в больших количествах выделяется химическими и теплоэнергетическими производствами, транспортом. С целью соблюдения экологических норм требуется доокисление СО до СО₂.

В качестве катализаторов окисления были выбраны Cu,Co,Se-катализаторы на металлических (сотом и патронированном) и керамическом (сотом) носителях с низким сопротивлением потоку в сравнении с гранулированными¹. Металлический блок сотовой структуры (W) изготовлен из фольги стали X23Ю5, патронированный блок (Т) из стружки стали 12Х18Н10 (отходы металлообработки), а керамический носитель (К) из кордиерита. Активность изделий определяли на проточном стенде (C₀ = 0,44%, τ = 0,24 с, φ = 70 %), C_{CO} контролировали методом реакционной газовой хроматографии на ГХ-ЦВЕТ-100.

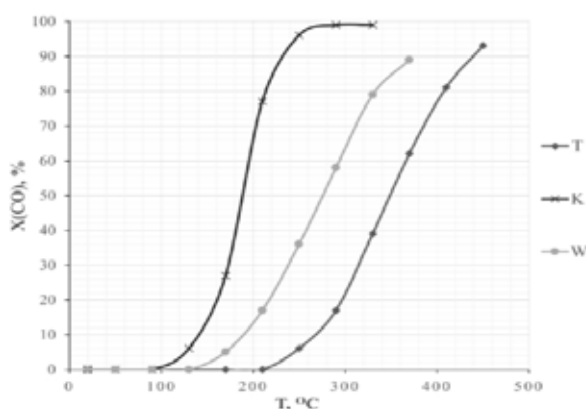


Рисунок 1. Зависимость степени превращения X(CO) от температуры T

Таблица 1. Основные сравнительные характеристики катализаторов

Катализатор	Масса кат. слоя (г) в 1 см ³ блока, г/см ³	Производительность, г(CO)/ч · г(кат)	T, °C при X(CO)=90%
Т	0,038	333 (330 оС)	440
К	0,041	636 (330 оС)	370
W	0,136	240 (330 оС)	230

Литература

1. Власов Е.А., Мальцева Н.В., Постнов А.Ю. Патент №2614147 РФ, 2006.

Работа выполнена в рамках проекта №21-79-30029 «Разработка технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

ИНСТРУМЕНТАРИЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ «ЗЕЛЕНОГО» РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ

Белик И.С.,^а Никулина Н.Л.^б

^аУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

^бИнститут экономики Уральского отделения Российской академии наук,
620014, Екатеринбург, ул. Московская, 29,
e-mail: nikulina.nl@uiec.ru

В рамках концепции Индустрия 4.0 все более актуальным становится переход от линейной модели экономики к циркулярной, направленной на энергосбережение, регенеративное экологически чистое производство, обращение и потребление. В рамках циркулярной экономики (ЦЭ) определена приоритетность направления низкоуглеродной трансформации, реализуемой посредством управления выбросами углерода, введения системы торговли выбросами, субсидирования и финансирования «зеленых» проектов. В исследовании проанализированы основные направления декарбонизации секторов экономики, и предложен инструментарий, сочетающий административные и экономические меры, позволяющий сформировать дорожную карту их развития (рисунок).



Рисунок 1. Инструментарий декарбонизации секторов экономики, основанный на принципах ЦЭ

ИННОВАЦИОННЫЕ ЭНЕРГО - И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ «ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» («ОТХОДЫ В ДОХОДЫ»)

Ольшанская Л.Н., Лазарева Е.Н., Волошкина Ю.В.

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
e-mail: ecos123@mail.ru*

Зеленые технологии – это инновации, в основе которых лежат принципы устойчивого развития и повторного использования вторичных материальных ресурсов. Они охватывают все сферы экономики: энергетику, промышленность, транспорт, строительство, сельское хозяйство. Внедряются во всю цепочку деятельности компаний, включая, помимо производства, потребление, менеджмент и методы организации производства. Зеленые технологии позволяют значительно снизить потребление природных ресурсов и расширить использование побочных продуктов.

На данном этапе нами предложены способы и приемы уменьшения образования и утилизации твердых коммунальных и промышленных отходов (ТКПО) в товары народного потребления для сокращения объема потребляемых природных ресурсов. Разработаны научно обоснованные стратегии создания высокоэффективных технологий для снижения загрязнения воды, восстановления плодородия земель, уменьшения образования и утилизации отходов для получения из ТКПО II и III классов опасности полезных продуктов, имеющих народно-хозяйственное значение:

- * Технологическая схема извлечения оксидов железа и цинка из железо- и цинк содержащих гальваношламов (ГШ) путем кислотно-щелочного растворения-осаждения для получения пигментов - наполнителей и масляных красок на их основе (цинковые белила, железный сурик).

- * Способ утилизации никель-содержащего ГШ для получения гидроксида $\text{Ni}(\text{OH})_2$, применяемого в производстве оксидно-никелевых электродов Ni-Cd и Fe-Ni аккумуляторов. Электроды прошли апробацию на ПАО «Завод автономных источников тока» (г. Саратов).

- * Технология извлечения металлического никеля из никельсодержащих гальваноотходов электрохимическим способом.

- * Разработана технология ферритизации железосодержащего ГШ для получения и модификации наноразмерных и наноструктурированных магнитных порошков с высокой адсорбционной емкостью для изготовления магнитосорбентов при очистке вод и почв от нефтезагрязнений.

- * Предложены способы очистки сточных и природных вод и почв от различных загрязнителей (нефтезагрязнения, тяжелые металлы, СПАВ) с помощью фитосорбентов и разработанных на основе отходов агропромышленного комплекса композиционных сорбентов для снижения негативного воздействия загрязнителей на окружающую природную среду.

МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССООБМЕННО-ХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ РУДНОГО СЫРЬЯ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Мешалкин В.П.,^а Незамаев С.В.,^а Бобков В.И.,^б Орехов В.А.^б

^а*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская площадь 9*

^б*филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске,
214013, Смоленск, Энергетический проезд 1,
e-mail: fundukoff@mail.ru*

Техногенные отходы горнообогачительных производств имеют неоднородный и сложный полиминеральный состав. Для вовлечения их в повторные технологические процессы обогащения, необходима комплексная оценка процессов переработки¹, так как порообразующие минералы при нагревании претерпевают физико-химические превращения, приводящие к изменениям структуры исходного сырья, сопровождающихся глубокими изменениями теплофизических свойств (ТФС). Термически активируемые процессы определяются кинетическими закономерностями, поэтому ТФС исследуемого рудного сырья приобретают сложный температурно-временной и температурно-концентрационный характер зависимостей, что определяет необходимость в комплексном теоретическом и экспериментальном исследовании химико-технологических и ТФС рудных техногенных отходов горнообогачительных производств². Результаты исследования возможно применять в рамках актуальных стратегий развития энергоэффективных направлений энергоемких отраслей промышленности, так как повторное вовлечение техногенных рудных отходов в производственные процессы способствует снижению производственных издержек и увеличению энергоресурсоэффективности обогащения рудного сырья³.

Литература

1. Meshalkin V.P., Dovì V.G., Bobkov V.I., Belyakov A.V., Butusov O.B., Garabadzhiu A.V., Burukhina T.F., Khodchenko S.M. State of the art and research development prospects of energy and resource-efficient environmentally safe chemical process systems engineering. *Mendeleev Communications*, 2021, 31(5), 593–604.
2. Цирлин А.М., Гагарина Л. Г., Балунов А. И. Синтез теплообменных систем, интегрированных с технологическим процессом. *Теоретические основы химической технологии*, 2021, 55–3.
3. Звягинцев Н.В., Биллиг В.А. Оценка эффективности условий проведения химических реакций. Программные продукты и системы, 2022, 35–2, 273–278.

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № FSWF-2023-0012.

СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ВТОРИЧНЫХ АБС-ПЛАСТИКОВ И ПВХ-ПЛАСТИКАТА

Пальникова В.А., Ордина Е.В., Командин И.П., Селин И.И.

*Новомосковский институт (филиал) ФГБОУ «Российский
химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
301665, Новомосковск, Тульская область, ул. Дружбы, 8
e-mail: vik.palnikova@gmail.com*

Смеси с участием акрилонитрилбутадиенстирольных пластиков (АБС-пластиков) и поливинилхлоридными пластикатами могут формироваться на этапе дробления отходов их переработки. Смеси могут быть классифицированы по двухстадийному способу «всплытие-осаждение», однако это требует дополнительных производственных площадей и определённых немалых трудозатрат.

Интересно было оценить возможности переработки таких смесей непосредственно на модельных системах с участием реальных вторичных полимеров: АБС-2020 и ПВХ-пластиката ОМ-40.

Стандартные образцы получали литьём под давлением предварительно гранулированных смесей указанных материалов.

Введение АБС-2020 в состав ОМ-40 в количестве 25 % приводит к резкому повышению его показателя текучести расплава и снижению относительного удлинения при разрыве, что, скорее всего, связано с диффузией пластификатора в среду АБС (таблица).

Таблица 1. Свойства смесей вторичных АБС-2020 и ПВХ-пластиката ОМ-40

Показатель	ОМ-40	Содержание АБС-2020, %			АБС-2020
		25	50	75	
Показатель текучести расплава (200 °С, 5 мин, 49 Н), г/10мин	2,4	22,4	9,4	2,5	2,6
Предел текучести при растяжении, МПа	нет	нет	нет	31,2	52,1
Прочность при разрыве, МПа	13,5	13,8	17,5	23,0	40,9
Удлинение при разрыве, %	480	90	25	22	10
Ударная вязкость по Шарпи без надреза, кДж/м ²	> 90	> 90	> 90	> 90	> 90
Усадка по лопатке, %	2,6	0,7	0,7	0,8	0,7

Целесообразно введение вторичного ОМ-40 в состав вторичного АБС-2020. Механические показатели материала, содержащего 25 % ОМ-40, отвечают уровню ударопрочного полистирола.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации в рамках научного проекта «Лаборатория «умных» материалов и технологий», проект № FSSM-2024-0005.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЕЙСТВУЮЩИХ И РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Панарин В.М., Маслова А.А.

*ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
300012, Тульская область, г. Тула, проспект Ленина, д. 92
e-mail: panarin-tsu@yandex.ru*

Разработана система экологического мониторинга выбросов действующих и рекультивированных полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО), которая в автоматическом режиме генерирует модели химико-технологических и гидродинамических процессов, происходящих в теле полигона. В системе экологического мониторинга используется три способа измерения показателей состояния полигона: с помощью установки станций автономного мониторинга газовых выбросов непосредственно на территории полигона для контроля точечных зон; с применением летательных беспилотников (ЛБ) для измерения выбросов метана и температуры всей поверхности тела полигона; с помощью ручных измерений операторами для проверки точности автономных и беспилотных систем контроля. Это необходимо для дальнейшего прогнозирования показателей экологической опасности контролируемого полигона¹.

Все данные, которые поступают на сервер со станций автономного мониторинга, отображаются на специальном сайте в сети интернет.

Разработанная система мониторинга газовых выбросов полигонов ТКО позволяет осуществлять удаленный непрерывный оперативный контроль в реальном времени на полигоне за счет установленных датчиков температуры и газа². Кроме того, система может контролировать состояние больших площадей полигонов по выбросам выделяемого метана, а также предоставлять операторам полигонов карты распределения газа и информацию о местах возможных утечек газа.

Литература

1. Цифровизированная система мониторинга газовых выбросов полигонов промышленно-бытовых отходов с использованием летательных беспилотников/ Мешалкин В.П., Панарин В.М., Маслова А.А., Савинкова С.А.// Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 8. С. 4-9.
2. Маслова А., Панарин В., Гришаков К., Рыбка Н., Селезнева Д. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов// Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 11. С. 14–18.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕДИМЕНТАЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Плиско Д.И., Беяев А.А., Бродский В.А., Малькова Ю.О.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева факультет ТНВуВМ,
125047, Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1
e-mail: dplisko2002@gmail.com*

Изучено влияние физико-химических свойств растворов электролитов на степень извлечения ионов тяжелых металлов в составе многокомпонентной системы из растворов электролитов методами седиментации в присутствии электролитов различной природы и концентрации. Исследования проводились в растворах, содержащих ионы Fe (III), Ni (II), Cu (II), Pb (II) и Zn (II) с добавками электролитов NaCl, NaNO₃ и Na₂SO₄ ($C_{\Sigma \text{эл}} = 10 \text{ г/л}$, 100 г/л и 200 г/л) при pH 9,8–10,1 [1]. Для условий ламинарного движения скорость свободного падения V_0 , м/с, рассчитывалась по формуле Стокса: $V_0 = (g \cdot (\delta - \Delta) \cdot d^2) / 18 \cdot \mu$.

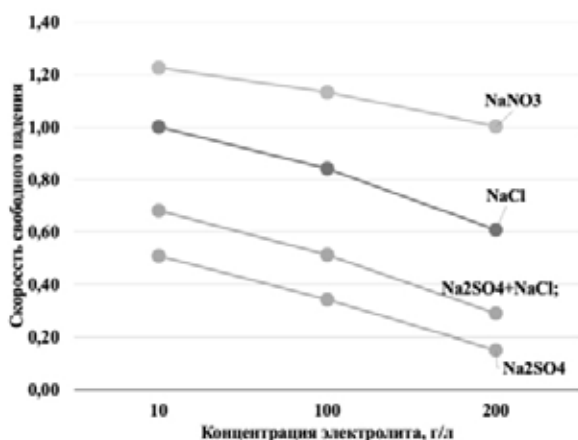


Рисунок 1. Зависимость скорости свободного падения от концентрации различных электролитов

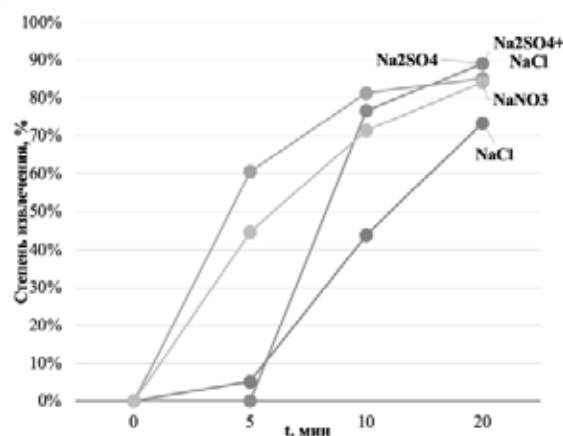


Рисунок 2. Зависимость степени извлечения от продолжительности седиментации, $C_{\Sigma \text{электролита}} = 100 \text{ г/л}$

Установлено, что при меньшей концентрации солевого фона и меньшей концентрации ионов тяжелых металлов степень извлечения оказывается большей чем при других значениях.

Литература

1. Vladimir Brodskiy, Vladimir Kolesnikov, Yulia Malkova, Anastasia Gaydukova, The effect of high-molecular compounds nature on the electroflotation removal of the metal compounds from electrolyte solutions, Separation and Purification Technology, Volume 279, 2021

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКАХ

Плотникова О.А., Тихомирова Е.И.

*Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77,
e-mail: plotnikova_o_a@mail.ru*

Развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства приводит к повсеместному увеличению нагрузки на окружающую среду. Среди приоритетных загрязнителей можно выделить такие экотоксиканты, как полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).

Поскольку для современной аналитической химии актуальным является разработка сенсорных технологий, нами предложена люминесцентная сенсорная система для определения ПАУ на основе регистрации их твердофазной люминесценции (фосфоресценции) непосредственно в фазе модифицированного ПАВ вязкого сорбента^{1,2}. Сенсорная система позволяет определять ПАУ с высокой чувствительностью, относительной селективностью и низкими пределами обнаружения. Данные характеристики особенно важны при анализе ПАУ в природных водах, где они могут содержаться в «следовых» количествах, однако даже при таких концентрациях способны оказывать канцерогенное и мутагенное воздействие на живые организмы.

Люминесцентные методы также весьма перспективны и для анализа производственных стоков, в частности, нефтесодержащих. Нами предложена люминесцентная сенсорная система для контроля эффективности очистки сточных вод. При анализе сложных смесей ПАУ перекрытие широких полос флуоресценции обычно мешает процессу идентификации отдельных компонентов. Повысить избирательность метода позволило использование техники синхронного сканирования спектров возбуждения и флуоресценции с постоянным сдвигом длин волн³.

Разработанные сенсорные системы могут быть успешно применены для идентификации ПАУ и нефтепродуктов в экологическом мониторинге экотоксикантов в водных объектах окружающей среды и при контроле содержания производственных стоков.

Литература:

1. Plotnikova O.A., Mel'nikov A.G., Tikhomirova E.I., Adylova A.Zh. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, 2020, **14**, 145.
2. Plotnikova O. A. *Theoretical and Applied Ecology*, 2021, **2**, 44.
3. Плотникова О.А. Тихомирова Е.И., Мельников Г.В. *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*, 2022, **30**, 574.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Дамрин А., Полосин А.Н., Тетерин М.А.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, 24-26/49 литера А
e-mail: danton499m@mso365.technolog.edu.ru, polosin-1976@sapr.lti-gti.ru*

Широкий ассортимент полимерных пленок (ПП), большие объемы, высокие скорости накопления, многообразие источников данных их производств и в то же время неполнота данных усложняют управление качеством ПП, к которому предъявляются жесткие требования¹. Решением проблемы является создание компьютерной системы (КС), позволяющей на основе интеграции моделей машинного обучения и детерминированных математических моделей (ММ) выдавать советы по управлению качеством ПП различных типов, выпускаемых на линиях разной конфигурации.

КС включает модули загрузки и первичной обработки данных, расчета неконтролируемых показателей качества (ПК) экструдата и ПП, анализа данных, прогнозирования ПК ПП и формирования советов по управлению, визуализации данных. Интеграция модулей и настройка КС выполняются с помощью банка данных типов ПП, конфигураций линий и параметров производства. Оператор задает номер линии и интервал времени данных для загрузки. Данные преобразуются, фильтруются, структурируются. По ММ основных стадий вычисляются индекс деструкции и степень смещения экструдата, разнотолщинность и степень усадки ПП². Полный набор данных оценивается на нормальность для выбора метода обработки: регрессионный анализ при нормальности; рекуррентная нейросеть, адаптивный бустинг в противном случае (в зависимости от объема данных, требований к точности и экономичности прогноза). По предиктору вычисляются и отображаются в виде трендов прогнозные значения ПК. КС позволяет сформировать области ПК, показывающие сочетания управляющих воздействий, обеспечивающие заданные ПК при рециклинге отходов (кромки и дефектных участков ПП).

Тестирование КС по данным производств фармацевтических и пищевых ПП на основе ПВХ за месяц на заводах в России и Германии подтвердило ее работоспособность и эффективность за счет ресурсосбережения при снижении массы невозвратных отходов и росте выхода кондиционной ПП.

Литература

1. Kohlert M., König A. *Neural Computing and Applications*, 2015, **26**, 581.

2. Kohlert C., Chistyakova T. *Innovationen in der Folienherstellung – Beispielhaft an der Kalandertechnologie*. – [Germany]: Kindle : Kohlert-Consulting, 2024. – 329s.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ГИБКИМИ МНОГОАССОРТИМЕНТНЫМИ ПРОИЗВОДСТВАМИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Полосин А.Н.,^а Колерт К.,^б Кочанов С.А.^а

^а*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, 24-26/49 литера А
e-mail: kochanov4653@gmail.com, polosin-1976@sapr.lti-gti.ru*
^б*Kohlert-Consulting, Germany, 56414, Oberahr, Rotsteinerstraße, 14*

Гибкость и многоассортиментность производств полимерных пленок (ПП), отличающихся большим числом параметров и связей между ними, требует роста эффективности подготовки операторов за счет применения тренажеров для выработки навыков управления при погружении обучаемых в симулированную (с помощью VR-технологий) производственную среду¹. Поэтому актуальна разработка виртуального тренажера (ВТ) для обучения управлению при перенастройке на новые типы и требования к качеству ПП.

ВТ позволяет обучаемым, варьируя управляющие воздействия (УВ) на основных стадиях, обеспечивать заданное качество экструдата и ПП. Тип ПП, требования к качеству, конфигурация линии, регламентные диапазоны УВ и время обучения (ВО) даются в сценарии, формируемом инструктором. Ядром ВТ, позволяющим реализовать активное обучение, является система моделирования производства. Она включает математические модели (ММ) стадий подготовки и каландрования экструдата, охлаждения ПП для расчета показателей качества (ПК), базы данных ПП, линий, технологических регламентов для реализации разных сценариев обучения, интерактивные 3D модели пультов управления агрегатами линии. ММ стадий настраиваются на переменные конфигурации агрегатов (экструдеров различных типов, каландров, съемно-охлаждающих устройств), реализуя ячеечный подход к моделированию². Для УВ, которые введены обучаемым с применением контроллеров VR-шлема, по ММ вычисляются и отображаются в виде трендов ПК экструдата, ПП и их требуемые значения. В протокол обучения записываются моменты времени изменения УВ, значения УВ, ПК, проценты отклонений ПК от задания (ПОЗ). По протоколу инструктор оценивает сформированность навыков (по ПОЗ) с учетом затраченной доли ВО.

Тестирование ВТ по данным промышленного производства жестких упаковочных ПП на основе ПВХ подтвердило его работоспособность и эффективность за счет уменьшения времени подготовки операторов.

Литература

1. Dozortsev V.M., Agafonov D.V. et al. *Automation and Remote Control*, 2020, **81**, 935.
2. Polosin A.N., Chistyakova T.B. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, **1202**, 012007.

ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ КОБАЛЬТА И ЛИТИЯ МНОГОСТАДИЙНЫМИ МЕТОДАМИ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Назаров В.И.,^{а,б} Ретивов В.М.,^а Макаренков Д.А.,^а Попов А.П.,^а
Кузнецова Н.А.,^{а,б} Немерюк А.М.^а

^аНИЦ «Курчатовский институт»,
123182, Москва, Площадь Академика Курчатова, 1
e-mail: schreib@yandex.ru

^бМИРЭА – Российский технологический университет,
119454, Москва, Проспект Вернадского, 86

В настоящее время литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) применяются в различных отраслях промышленности. Однако отработанные источники тока необходимо перерабатывать, так как они содержат ценные компоненты в виде соединений кобальта, лития, и других металлов¹. При утилизации таких отходов выделяются также токсичные вещества (диметоксиэтан, пропиленкарбонат)². Были проведены комплексные исследования физико-химических процессов, протекающих на различных этапах переработки ЛИА. Выявлены закономерности влияния процессов дробления и помола на эффективность утилизации, и предложено математическое описание кинетики процесса выщелачивания из механоактивированных порошков³.

В Курчатовском комплексе химических исследований (ИРЕА) разработана комплексная технология переработки отработанных ЛИА, состоящая из следующих стадий: 1) разрядка ЛИА в солевых растворах; 2) вскрытие ЛИА в шредере; 3) отбор металлических и полимерных включений; 4) измельчение материалов катода и анода до размера частиц <3 мм; 5) помол с механоактивацией с размером частиц 20–100 мкм; 6) выщелачивание в системе «жидкость–твердое»; 7) экстракция в системе «жидкость–жидкость» с получением порошкообразного осадка, содержащего целевые компоненты.

По результатам исследований разработана опытная установка переработки ЛИА производительностью 20 кг/ч по исходному сырью. Она обеспечивает переработку всех компонентов, входящих в аккумуляторы. Она позволяет получать различные ценные компоненты в виде соединений кобальта, лития, никеля, марганца и утилизировать металлические и полимерные материалы.

Литература

1. Huang, B.; Pan, Z.; Su, X.; An, L. J. *Power Sources*, 2018, 399, 274–286.
2. Aral, H., Vecchio-Sadus, A., *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2008, 70, 349–356.
3. Назаров В.И., Ретивов В.М., Макаренков Д.А. и др. *Металлург*, 2023, 8, 108–118.

ДИСПЕРГЕНТЫ И СОБИРАТЕЛИ. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ / НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

**Осипов К., Панюкова Д.И., Трухина М.В., Моколучина Т.В.,
Попова А.З., Кондрашенко С.И., Марютина Т.А.**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ, Физтех)
141700, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9
e-mail: popova.az@mipt.ru*

Ликвидация разливов нефти/нефтепродуктов (ЛРН) на поверхности воды осуществляется с применением четырех методов: механического, физико-химического, термического и биологического. В Российской Федерации до сих пор приоритетным остается сбор нефти механическими средствами. Главным недостатком этого метода является низкая эффективность: собрать более 30% нефти/нефтепродуктов просто невозможно^{1,2}. Сжигание требует особых мер пожарной безопасности, поэтому редко (если вообще) используется. Применение биопрепаратов существенно зависит от климатических условий. В рамках физико-химического метода ЛРН предпочтение отдается сорбентам, несмотря на явные неудобства, связанные с необходимостью их сбора с поверхности воды и последующей утилизации получаемых отходов.

Использование диспергентов и собирателей нефти/нефтепродуктов может стать достойной альтернативой описанным выше методам или, по крайней мере, одним из компонентов комбинированных технологий ЛРН (доочистка акваторий – диспергенты, предварительная обработка разлива – собиратели).

В настоящей работе в лабораторных условиях оценена эффективность диспергентов и собирателя, в том числе разработанных авторами, для ликвидации разливов нефти. Тестирование проведено с использованием разных типов нефти/нефтепродуктов в различных гидрометеорологических условиях: температура воздуха, температура и соленость воды, уровни волнения. Особое внимание уделено влиянию процессов выветривания на эффективность препаратов. Дополнительно оценены оптимальные значения отношения препарат-нефть/нефтепродукты.

Литература:

1. СТО 318.4.02-2005 Правила применения диспергентов для ликвидации аварийных разливов нефти. – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2005. – 21 с.
2. Lane P. The Use of Chemicals in Oil Spill Response. American Society of Testing and Materials, 1995. – 340.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ ЭКИБАСТУЗСКИХ УГЛЕЙ

**Потапов С.О., Танутров И.Н., Свиридова В.А.,
Крашенинин А.Г., Ординарцев Д.П.**

*Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук,
620016, Россия, Екатеринбург, улица Амундсена, 101
e-mail: semen_potapov@bk.ru*

Для повышения извлечения галлия из техногенных отходов сжигания Экибастузских углей исследовали кинетику взаимодействий простых и сложных оксидов $\text{MeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (где Me – Fe, Ca, Mg) с водными растворами системы $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4$.

В работе изучены зависимости физико-химических свойств растворов системы $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ от температуры и соотношения $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4$.

Термодинамическим моделированием рассчитано равновесное давление и состав газовой фазы над растворами системы $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$.

Определены кинетические параметры растворения оксидов $\text{MeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (где Me – Mg, Ca, Fe, Al) в растворах $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ при суммарной мольной концентрации $\text{NaCl+H}_2\text{SO}_4$, равной 2 моль/л.

Для уточнения показателей концентрирования галлия и распределения примесей выполнен цикл исследований, включающих выщелачивание золы в растворе $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ с осаждением галлия, алюминия и железа.

Использование растворов $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ для извлечения галлия при переработке золы сжигания экибастузских углей имеет преимущества перед использованием чисто сернокислотных растворов. Эти преимущества заключаются в повышении извлечения галлия и макрокомпонентов, а также возможностью применения техногенных и труднореализуемых реагентов.

Результаты исследований подтвердили возможность двухстадийной концентрации галлия на стадиях выщелачивания и нейтрализации. Основными примесями, снижающими кратность обогащения, являются алюминий и железо (Ш), а извлечение галлия при нейтрализации увеличивается до 69%.

Литература:

1. Абишева Э.С., Блайда И.А., Пономарева Е.И. Кисотно-экстракционная технология извлечения галлия из золы-уноса от сжигания энергетических углей. Цветные металлы. № 3. 1994. С.36-38.
2. Абишева Э.С., Блайда И.А., Пономарева Е.И. Пути извлечения галлия из золы-уноса от сжигания энергетических углей. Цветные металлы. № 2. 1994. С.42-44.
3. Смирнов Л.А., Сорокин Ю.В., Снятинская Н.М., Данилов Н.И., Еремин А.Ю. Переработка техногенных отходов (по материалам программ по переработке техногенных образований Свердловской области). Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – 607 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ ЭКИБАСТУЗСКИХ УГЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСТВОРОВ $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$

**Потапов С.О., Танутров И.Н., Свиридова В.А.,
Крашенинин А.Г., Ординарцев Д.П.**

*Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук,
620016, Россия, Екатеринбург, улица Амундсена, 101
e-mail: semen_potapov@bk.ru*

Интенсификация технологии переработки золы-уноса Экибастузских углей решает задачу перехода на безотходное производство и даёт возможность утилизировать существующие промышленные отходы.

Повышенная зольность Экибастузских углей приводит к значительным накоплениям техногенных отходов. Химический состав золы-уноса при сжигании этих углей соответствует системе $\text{MeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (где Me – Fe, Ca, Mg), при средних процентных содержаниях компонентов: 61,5 SiO_2 ; 27,3 Al_2O_3 ; 5,65 FeO ; 1,17 CaO ; 0,49 MgO . Ценными примесями этих отходов являются галлий и иттрий.

Анализ известных технологий переработки золы-уноса от сжигания углей показал, что как пирометаллургические, так и гидрометаллургические методы не позволяют достичь эффективности использования сырья, вследствие чего не нашли широкого применения.

В ходе работы выполнен синтез образцов модельной золы и изучена кинетика растворения промышленного и модельных образцов золы.

Изучено распределение компонентов золы от сжигания Экибастузских углей при взаимодействии с растворами $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ в зависимости от температуры и состава растворов.

Разработаны рекомендации по утилизации техногенных отходов (на примере золы-уноса от сжигания Экибастузских углей) с извлечением галлия и получением сернокислотного алюминиевого катализатора.

Предложен способ интенсификация технологии переработки золы экибастузских углей с применением растворов $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$, позволяющий повысить извлечение галлия до 69%, перейти к безотходному производству и утилизировать существующие техногенные отходы.

Литература

1. Абишева Э.С., Блайда И.А., Пономарева Е.И. Пути извлечения галлия из золы-уноса от сжигания энергетических углей. Цветные металлы. № 2. 1994. С.42-44.
2. Смирнов Л.А., Сорокин Ю.В., Снятинская Н.М., Данилов Н.И., Еремин А.Ю. Переработка техногенных отходов (по материалам программ по переработке техногенных образований Свердловской области). Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – 607 с.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ЩЕЛОЧНОГО РЕАГЕНТА НА ДИСПЕРСНОСТЬ ГИДРОЛИЗАТОВ ТВЕРДОГО КЕРАТИНА

Розанова Е.Н., Ахмедова К.О.

*Курский государственный университет, 305000, г. Курск, ул. Радищева 33,
e-mail: rozanova.lena2012@yandex.ru*

Твердый кератин в виде отходов животноводческих и птицеводческих предприятий является ценным белоксодержащим сырьем, которое может быть направлено на получение различных продуктов, в том числе белкового пенообразователя для изготовления пенобетона. Перед приготовлением данного полезного продукта кератинсодержащие отходы подвергают щелочному гидролизу с получением гидролизатов, содержащих частицы разных размеров: большие и малые комплексы или белки, пептиды, аминокислоты в зависимости от используемого щелочного реагента, его содержания в гидролизующем растворе и глубины гидролиза. Также необходимо знать интервал дисперсности для гидролизатов, соответствующий пенообразователям с требуемыми удельным весом, кратностью и устойчивостью пены.

В данной работе были определены турбидиметрическим методом размеры частиц и дисперсность гидролизатов твердого кератина, полученных гидролизом твердого кератина – рогокопытного сырья (РКС) в щелочной среде. В качестве щелочного реагента применяли гидроксид и сульфид натрия индивидуально и в смеси с гидроксидом кальция в различных соотношениях с РКС, при этом содержание воды оставалось постоянным – 0,168 моль H_2O /г РКС.

При использовании гидроксида натрия в количестве $(3,2 \div 4,9) \cdot 10^{-2}$ ммоль $NaOH$ /г РКС были получены коллоидные системы с дисперсностью $(0,640 \div 1,73) \cdot 10^7$ м⁻¹, что характерно для больших белков. С увеличением содержания гидроксида натрия дисперсность возрастает до значений, соответствующих малым комплексам, аминокислотным остаткам. Значения степени дисперсности в белковых гидролизатах, полученных в присутствии сульфида натрия в количестве $(2,09 \div 2,68) \cdot 10^{-2}$ ммоль Na_2S /г РКС, соответствовали таковым для больших комплексов (фрагментов, компонентов белковой молекулы), а именно $(0,234 \div 0,300) \cdot 10^7$ м⁻¹. Повышение содержания сульфида натрия приводит к возрастанию дисперсности до величин, характерных для больших белков. Использование гидроксида кальция в небольших количествах в смеси с гидроксидом и сульфидом натрия позволяет расширить интервал количественных соотношений с получением значений дисперсности, соответствующих большим белкам.

Пенообразователи, приготовленные на гидролизатах с большими содержаниями щелочных реагентов, характеризуются более высоким удельным весом пены, но с меньшими значениями кратности и устойчивости пены.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИЙСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Савинков С.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., д.9,
e mail: savinkov.s.v@muctr.ru*

Результатами федерального проекта по переходу на экономику замкнутого цикла в том числе являются модернизация производства, развитие несырьевых отраслей и экологизация продуктов. Химическая отрасль РФ обеспечивает достижение заданных показателей¹. При создании и модернизации предприятия придерживаются принципов наилучших доступных технологий для повышения энерго- и ресурсоэффективности технологических процессов, минимизации эмиссий, рекуперации вторичных ресурсов².

Для химической отрасли экономика должна формироваться на каждом производстве и касаться рационального и эффективного использования ресурсов за счет внедрения технологий полного цикла, например, используя сбросные газы как топлива³. Минимизацию эмиссий следует сосредоточить на системном экологическом регулировании, основанном на научно обоснованных расчетах ПДК выбросов⁴. Определяющим также является получение продукции конкурентоспособного качества и освоение производств высоких переделов с получением товаров максимальной добавленной стоимости⁵.

Литература:

1. Савинков С.В., Киселев В.М. Мониторинг индикаторов реализации «Стратегии развития химического комплекса РФ до 2030 года». Часть 2: Показатели 2022 года. – М.: Русайнс, 2022. – 162 с.
2. Мешалкин В.П. и др. НДТ и зеленая химическая технология: возможности сближения концепций. Теоретические основы химической технологии, 2022, том 56, № 6, С. 670–677.
3. Потапова Ю.А. Как кузбасские химики создают экономику замкнутого цикла. <https://rg.ru/2023/05/25/reg-sibfo/kak-kuzbasskie-himiki-sozdaiut-ekonomiku-zamknutogo-cikla.html>
4. Глазьев С.Ю., Безруков Л.Б., Долголаптев А.В., Ларин Н.В., Сывороткин В.Л., Федоров В.М. Климатические изменения и энергопереход. Экономические стратегии. 2023. № 6(192). С. 16–29.
5. Савинков С.В., Киселев В.М. Мониторинг индикаторов реализации «Стратегии развития химического комплекса РФ до 2030 года». Часть 3: Многовариантный прогноз развития химической промышленности Российской Федерации по итогам 2022 года. – М.: Русайнс, 2022. – 82 с.

ХИМИЧЕСКАЯ ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ПОЛИКАРБОНАТОВ В СРЕДЕ МОНОЭТАНОЛАМИНА И ЭТИЛЕНДИАМИНА

Самуилов Я.Д., Амран Абдуллах Гилан Али, Самуилов А.Я.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68
e-mail: ysamuilov@yandex.ru*

Объем производства поликарбонатов постоянно растет благодаря их широкому спектру применения и высоким потребительским свойствам. Поликарбонаты являются популярными материалами в различных отраслях промышленности, строительства, упаковки и других областях, что способствует увеличению спроса и производства.

Исследования по рециклингу поликарбонатов имеют важное значение в современном мире, где проблема загрязнения окружающей среды становится все более актуальной. Поликарбонаты широко используются в производстве различных изделий, таких как пластиковая посуда, упаковка, автомобильные детали и многие другие. Однако, после использования эти материалы часто превращаются в мусор, который может загрязнить природу.

Исследования по рециклингу поликарбонатов позволяют найти способы повторного использования этих материалов, что позволяет сократить количество отходов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, рециклинг поликарбонатов позволяет сэкономить природные ресурсы и снизить затраты на производство новых материалов.

Методом B3LYP/6-311++G(df,p) изучена модельная реакция деполимеризации поликарбонатов - некаталитическое и катализированное основаниями взаимодействие диэтилкарбоната с метиламином. Показано, что некаталитические реакции протекают через большой активационный барьер. Значительное снижение активационного барьера происходит при катализе гидроксидом натрия.

Изучен процесс химической деполимеризации поликарбоната на основе дифенилолпропана в среде моноэтанолamina. Показано, что основным продуктом деструкции является дифенилолпропан. Карбонатный фрагмент при этом превращается в оксазолидин-2-он. Процесс может катализироваться гидроксидом натрия. Так же процесс протекает быстрее при воздействии микроволнового излучения. Изучен процесс поликарбоната на основе дифенилолпропана в среде этилендиаминa. Показано, что основным продуктом деструкции так же является дифенилолпропан. Карбонатный фрагмент при этом превращается в этиленмочевину.

ПЕРЕГРУППИРОВКА РОДЕНТИЦИДНОЙ СУБСТАНЦИИ БРОМАДИОЛОН ПРИ СОЛЮБИЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

Кочетов А.Н.,^а Носикова Л.А.,^а Сергеенкова А.А.,^а Кудряшова З.А.,^а
Чернышов В.В.,^б Тафеенко В.А.,^б Цивадзе А.Ю.^а

^аМИРЭА-Российский технологический университет
(Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова),
Москва, 117571, проспект Вернадского. 86,
e-mail: kochchem@mail.ru

^бМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, 119991, Ленинские горы. 1

Бромадиолон - родентицид с антикоагулянтным механизмом действия второго поколения, широко применяющийся с 80-х годов прошлого века в сельском хозяйстве и медицинской дератизации. В готовых композициях (отравленных приманках, гелях и пенах) он используется в достаточно низких концентрациях (до 0.0025%). При этом путь субстанции до конечной композиции разбивается на три этапа: на первом - готовят концентрированный (до 20%) «премикс» в ДМСО, на втором этапе - «премикс» разбавляется до 0.25% в более технологичных растворителях гликолевого ряда, и на заключительном этапе – 0.25% растворы субстанции служат основой для изготовления конечных препаративных форм.

В условиях производства при нагревании в процессе получения «премикса» появляется осадок, образование которого связывали с возможным термоллизом бромадиолона. Однако, обнаружено, что фазовый состав осадка сложен и включает салициловую кислоту, триацетон трипероксид (что заставляет пересмотреть требования к пожаро- и взрывобезопасности производства) и вещество, содержащее γ -бутиролактоновый фрагмент. Сделано предположение, что последнее соединение является сольватированной формой бромадиолона с растворителем (ДМСО), аналогично другому антикоагулянту – Варфарину¹. Однако, наличие кумаринового цикла не подтвердилось, в то время как выделяемая кристаллическая фаза $P2_1/c$: $a = 34.0$, $b = 5.3$, $c = 10.0$ Å, $\beta = 93^\circ$, $Z = 4$ (предварительно) действительно содержит γ -бутиролактон с объемными заместителями в 3-м и 5-м положениях. Маршрут перегруппировки не ясен, но факты указывают на необходимость пересмотра норм безопасности и условий получения «премикса».

Литература:

1. Кочетов А.Н., Носикова Л.А., Кузьмина Л.Г. *Кристаллография*, 2020, **65**(5), 751.

СВОЙСТВА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВАХ

Акинин Н.И.,^а Шушпанов А.Н.,^а Солодухин Е.С.,^а Франтов А.Е.^б

^а Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Миусская площадь, 9,
e-mail: 220047@mustr.ru

^б Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, Крюковский тупик, 4.

Биодизельное топливо (БТ) является перспективным возобновляемым энергетическим ресурсом, который может значительно снизить как выбросы парниковых газов, так и количество образующихся при сгорании ископаемого топлива различных вредных веществ¹. Новых смесевые взрывчатые вещества с БТ актуальны для горнодобывающих работ в арктических районах ввиду жестких законодательных природоохранных требований². Известно, что применение БТ в смесях с аммиачной селитрой практически не приводит к снижению детонационных параметров³.

Дифференциальный термический анализ (ДТА) смеси пористого нитрата аммония и БТ (Рис. 1) позволил установить, что экзотермическое разложение образца наблюдается в температурном диапазоне от 200 до 300 °С. Полученные кривые схожи с аналогичными для игданитов, что говорит о возможности применения БТ в качестве горючего в смесях с селитрой.

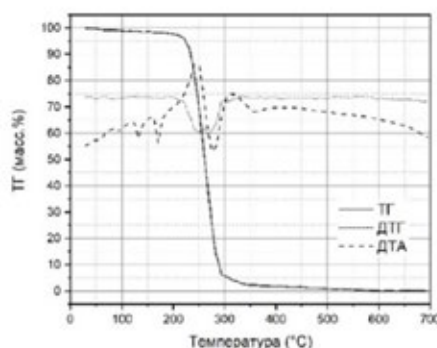


Рисунок 1. Кривые ДТА смеси аммиачной селитры с биодизельным топливом.

Литература

1. Fazal, M. A., Haseeb, A. S. M. A., & Masjuki, H. H. Biodiesel feasibility study: an evaluation of material compatibility; performance; emission and engine durability. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2011, 15(2), 1314-1324.
2. Тихонов В.А., Дудник Г.А., Панфилов С.Ю., Жуликов В.В. Особенности ведения взрывных работ при освоении минеральных ресурсов северных и арктических районов России. *Горная промышленность*, 2021, 2, 102-106.
3. S. A. Resende, V. C. e Silva, H. M. de Lima. Study of non-conventional fuels for explosives mixes. *Rev. Esc. de Minas*. 2014, 67 (3), 297-302.

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА БИОМАССЫ *ARTHOSPIRA PLATENSIS* В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Сорока В.В., Косолапова Н.И., Проценко Е.П.

Курский государственный университет,
305000, Курск, ул. Радищева, д.33,
e-mail: alpenlogs@gmail.com

Цианобактерии *Arthospira platensis* (спирулина) являются перспективным сырьем для получения продукции различных видов (пищевых продуктов, биологически-активных добавок к пище, косметических средств, биотоплива и т.д). В связи с этим происходит наращивание ее производства в изолированных биореакторах, предусматривающих расходование большого количества воды¹⁻³. Повторное использование отработанной культуральной среды ограничено, следовательно, исследование возможности вторичного использования такого отхода является экологически обоснованным перспективным направлением⁴⁻⁶.

На базе Курского государственного университета в тесном сотрудничестве с ООО «БИОСОЛЯР МГУ» ведутся работы по разработке технологии получения препарата для растениеводства из отработанной культуральной среды от выращивания биомассы цианобактерий *Arthospira platensis*. В ходе лабораторных и полевых исследований получены результаты, свидетельствующие о перспективности использования разрабатываемого препарата в качестве индуктора устойчивости (резистентности) и регулятора роста культурных растений.

В настоящее время составы подобных препаратов не стандартизируются, с одной стороны из-за того, что четко не идентифицируются компоненты, определяющие их свойства, а с другой стороны из-за изменений, которые могут происходить в их составе во время хранения⁷. В связи с этим в работе особое внимание уделяется выявлению и количественному определению обобщенных физико-химических показателей, которые могли бы характеризовать качество нового препарата.

Литература

1. Amorim M. L. et al. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021, **61**(12), 1976.
2. Waghmare A. G. et al. *Bioresources and Bioprocessing*, 2016, **3**, 1.
3. Wang Y., Tibbetts S. M., McGinn P. J. *Foods*, 2021, **10**(12), 3002.
4. Farooq W. et al. *Bioresource technology*, 2015, **184**, 73.
5. Lu Z. et al. *Resources, Conservation and Recycling*, 2020, **161**, 104975
6. Monte J. et al. *Algal research*, 2019, **161**, 101460
7. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А., *Агрохимический вестник*, 2016, **1**, 15

СОВМЕСТИМОСТЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ С АНТИКОРРОЗИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ СРЕДСТВ ХРАНЕНИЯ

Тимофеев Ф.В.,^а Соколов Д.Н.,^а Полякова Е.И.^{а,б}

^аФГБУ НИИПХ Росрезерва, 111033, Москва, ул. Волочаевская 40, корп.1,
e-mail: TimofeevFV@niipkh.rosrezerv.gov.ru

^бРоссийский университет дружбы народов им. П. Лумумбы,
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Необходимым требованием к антикоррозионным покрытиям резервуаров является отсутствие влияния на качество нефтепродуктов при хранении.

Причинами изменения качества нефтепродуктов являются химические превращения при взаимодействии углеводородов нефтепродуктов или различного вида функциональных присадок к ним с материалами покрытий. Воздействие агрессивной среды может способствовать разрушению покрытий вследствие вымываний и растворения. Наличие в граничной зоне нефтепродукт/покрытие – воды, механических примесей и микроорганизмов является катализатором различных, в первую очередь окислительных реакций, вызывающих изменение качества нефтепродуктов.

Выполненные в условиях ускоренного старения при повышенных температурах исследования совместимости нефтепродуктов с антикоррозионными покрытиями позволили для различных типов топлив и масел установить показатели, дающие возможность оценить влияние покрытий на изменение их физико-химических свойств. Контрольные образцы подвергали ускоренному старению без контакта с материалами покрытий.

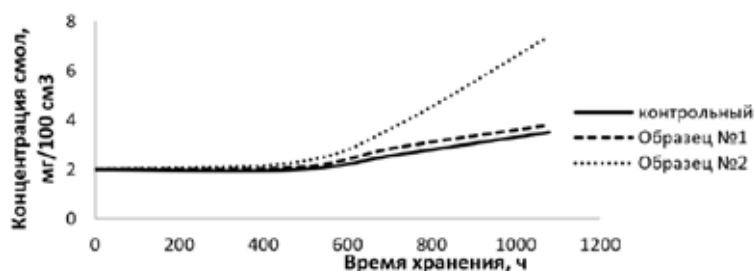


Рисунок 1. Изменение содержания смол при хранении в контакте с покрытием

Для оценки совместимости автомобильных бензинов с антикоррозионными покрытиями требуется определять показатели: концентрация фактических смол, химическая стабильность по доле поглощенного кислорода, кислотность, содержание водорастворимых кислот и щелочей¹.

Литература:

1. Никитченко Ю.И., Тимофеев Ф.В., Соколов Д.Н., Полякова Е.И., Кугай М.А., Шайдуллов Ш.З. и др. Патент 2805833 РФ, 2023.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СООТВЕТСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИНЦИПАМ ЗЕЛЁНОЙ ХИМИИ

Толстов М.А., Занин А.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9,
e-mail: maxjpeg@mail.ru*

Современное общество сталкивается с неотложной потребностью в разработке инновационных высоко-технологичных подходов к реализации химических процессов и тщательному планированию синтезов с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду¹. В работе представлен процесс разработки функциональной части программного обеспечения для оценки химических процессов с помощью численных показателей, основанных на 12 принципах зелёной химии. Для каждого принципа зелёной химии разработана математическая формула для расчёта показателей, позволяющих сравнить химико-технологические процессы. Алгоритмы основаны на известных массовых показателях процесса с учётом специфических коэффициентов, влияющих на экологическую эффективность процесса. Исходные формулы разработаны с учётом доступных данных из нормативных документов Российской Федерации, включая ГОСТ 32419-2022. «Классификация опасности химической продукции. Общие требования»². Созданные математические алгоритмы обеспечивают возможность сравнения экологической эффективности и безопасности различных химических процессов, которые направлены на получение одного и того же химического продукта.

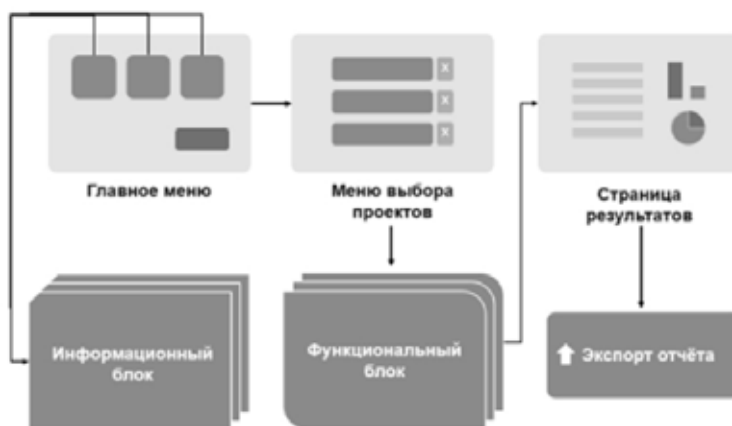


Рисунок 1. Блок-схема функционала программного обеспечения

Литература

1. Constable D.J.C. *iScience*, 2021, **24**, 103489.
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 32419-2022 «Классификация опасности химической продукции. Общие требования».

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ АВТОКЛАВНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Третьяк М.А., Каримов К.А., Рогожников Д.А.

*Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19*

В настоящее время формируется тенденция к комплексной переработке минерального сырья осваиваемых месторождений¹. Перспективным способом переработки полиметаллического сырья является автоклавная гидрометаллургия². Низкотемпературное автоклавное выщелачивание позволяет окислять серу из сульфидов в элементную и оставлять её в кеках выщелачивания.

Для исследований были приготовлены смеси халькопиритного и пиритного концентратов до достижения отношения $\text{FeS}_2/\text{CuFeS}_2 = 1$ и 2. Автоклавное окисление проводили при 105 °С, 0.7 МПа O_2 , 100 г/дм³ H_2SO_4 , 5 г/дм³ Cu (II), 7 г/дм³ Fe (III). Составы кеков выщелачивания представлены в таблице 1.

Кек	Cu	Fe	S
Пиритный концентрат	0.03	32.31	54.36
$\text{FeS}_2/\text{CuFeS}_2 = 1$	11.74	25.59	48.27
$\text{FeS}_2/\text{CuFeS}_2 = 2$	4.74	25.01	59.39

Таблица 1. Составы кеков выщелачивания, %

В результате удалось увеличить степень окисления пирита на 25 % при добавлении в систему халькопирита и отношении $\text{FeS}_2/\text{CuFeS}_2 = 2$. Степень окисления халькопирита не превышала 35 %. Для последующей переработки кеков рекомендуется процесс гидротермальной обработки, чтобы обогатить кек по меди и дополнительно очистить его от примесей.

Литература:

1. Хопунов Э.А. Современные направления переработки минерального сырья / Э.А. Хопунов // НАУ. – 2015. № 4-7 (9). – С. 89-92.
2. Шнеерсон Я. М. Тенденции развития автоклавной гидрометаллургии цветных металлов / Я.М. Шнеерсон, С.С. Набойченко // Цветные металлы. – 2011. - №3. – С. 15-20.

=Исследование выполнено в рамках Госзадания РФ по Гранту № 075-03-2024-009/1 (FEUZ-2024-0010).

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАМКНУТОМ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЦИКЛЕ МАЛОТОННАЖНОЙ ХИМИИ

Трохин В.Е.^а, Клевцов А.А.^а, Гришаева Д.А.^б, Бессарабов А.М.^б

^аАО «ЭКОС-1»,
Московская область, Старая Купавна, 142450, Дорожная ул., д. 7,
e-mail: trokhin@nc-mtc.ru

^бАО Научный центр «Малотоннажная химия»,
Москва, 107564, Краснобогатырская ул. 42,
e-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

В рамках инновационного развития замкнутого научно-промышленного комплекса малотоннажной химии проведены работы по созданию цифровых двойников одного из ведущих предприятий малотоннажной химии АО «ЭКОС-1» и созданного на его основе Научного центра «Малотоннажная химия». На первом этапе создана 3D-модель складского хозяйства «ЭКОС-1»¹, включающая 6 складов сырья и готовой продукции.

С применением программного обеспечения Autodesk Revit были построены 3D-модели складов, а также их внутренняя составляющая. Все модели максимально похожи на оригинальные объекты и обеспечивают создание виртуального пространства склада, его визуализацию, оптимизацию логистики и интерактивное взаимодействие с потребителем. Создано множество 3D-моделей специального оборудования: погрузчики, стеллажи, паллеты, тара и др.

Аналитический отдел Научного центра, совместно с аналитической службой «ЭКОС-1», осуществляет разработку общих подходов контроля качества, а также разработку оптимальных алгоритмов анализа сырья, готовой продукции и полупродуктов. На основе программного обеспечения Blender проведена разработка цифровых двойников аналитических лабораторий², включающих в себя множество 3D-моделей отдельных элементов. К элементам относятся аналитические приборы, вспомогательное оборудование, мебель и электроника.

Цифровые двойники повышают качество аналитических исследований. Моделируя реальные условия, они дают полное представление о поведении системы и позволяют принимать обоснованные решения по оптимизации работы действующих аналитических лабораторий и проектированию новых. Кроме того, разработанные 3D-модели используются для маркетинговых работ, продвигающих аналитические услуги у перспективных заказчиков.

Литература

1. Bessarabov A., Trokhin V., Mindlin G., Vasilenko V. *Chemical Engineering Transactions*, 2022, **94**, 529.
2. Трохин В.Е., Гришаева Д.А., Бессарабов А.М., Вишникина Е.Р. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*, 2023, **12**, 8.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ CALS-СИСТЕМА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ МАЛОТОННАЖНОЙ ХИМИИ

Трохин В.Е.,^а Клевцов А.А.,^а Вендило И.А.,^а Бессарабов А.М.^б

^аАО «ЭКОС-1», Московская область,
Старая Купавна, 142450, Дорожная ул., д. 7,
e-mail: trokhin@nc-mtc.ru

^бАО Научный центр «Малотоннажная химия»,
Москва, 107564, Краснобогатырская ул. 42,
e-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

Предложена систематизация задач управления водными ресурсами на трёх уровнях иерархии: страна, промышленность, предприятие¹. На уровне страны одной из основных проблем является водообеспечение экономики, в т.ч. промышленных предприятий. На нижнем уровне анализа предложены основные подсистемы водного хозяйства предприятия¹.

Для одного из ведущих предприятий малотоннажной химии АО «ЭКОС-1» разработана интегрированная система водного хозяйства². В модульную структуру системы входят 6 локальных подсистем: оборотного водоснабжения; генерации пара, сбора и обработки конденсата; получения обессоленной воды; получения высококачественной воды; сбора и очистки загрязненных вод; горячего водоснабжения. Анализируются 9 видов водных потоков: магистральная вода, концентрат, оборотная вода (прямая и возвратная), осмотическая вода, насыщенный пар, бытовые и промстоки, особо чистая вода, горячая вода. Система позволяет повысить ресурсо- и энергоэффективность производства и уменьшить негативное воздействие предприятия на окружающую среду. Разработка проводилась на базе перспективной системы компьютерной поддержки – CALS-технологии².

Для трех основных стадий системы (оборотное водоснабжение, получение обессоленной воды, генерация пара и обработка конденсата) рассмотрены и решены задачи водоподготовки (борьба с солеотложением, коррозией и биологическим обрастанием) с применением реагентов, выпускаемых АО «ЭКОС-1»³. Полученный положительный опыт организации коррекционного водно-химического режима теплоэнергетического оборудования завода АО «ЭКОС-1» позволяет рекомендовать внедрение и тиражирование технологий на других предприятиях отрасли.

Литература:

1. Danilov-Danilyan V.I., Rosenthal O.M. *Doklady Earth Sciences*, 2021, **500**, 895.
2. Bessarabov A., Trokhin V., Stepanova T. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2022, **24**, 721.
3. Трохин В.Е., Бутакова М.В., Гусева О.В., Бессарабов А.М., Клевцов А.А. *Экологические системы и приборы*, 2023, **9**, 28.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И РАЗРАБОТКА ЩЕЛОЧНО-ХЛОРНОЙ И КИСЛОТНО-ХЛОРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Ветчинкина Т.Н., Тужилин А.С., Балмаев Б.Г.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской Академии Наук, 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
e-mail: tvetchinkina@yandex.ru*

Выполнены физико-химические исследования процесса хлорирования алюминийсодержащего сырья. Сырьем для получения хлорида алюминия могут служить нефелины, бокситы, каолиновые глины, отходы углеобогащения и угледобычи, сланцы и др. Получение хлорида алюминия - одна из основных проблем в хлорной технологии производства алюминия, которая обусловлена хлорированием оксида алюминия, имеющего высокую реакционную способность по отношению к хлору. Оксид алюминия получали прокалкой гидроксида алюминия, выделенного карбонизацией и декомпозицией алюминатных растворов.

Гидроксид алюминия, выделенный карбонизацией алюминатного раствора при 40°C, представлен байеритом. Декомпозиционный гидроксид алюминия имеет гиббситовую структуру¹.

При кислотном обогащении углистой породы получали глинозем, выделенный прокалкой кристаллогидратов: сульфата, хлорида и нитрата алюминия. Изучен полиморфизм оксида алюминия марки «х.ч.» и чернового глинозема, выделенных после термического разложения различных кристаллогидратов солей алюминия¹.

Разработаны щелочно- и кислотно-хлорные технологические схемы комплексной переработки алюминийсодержащего сырья, состоящие из двух основных переделов – производства хлорида алюминия и его электролиза. Хлорный способ производства алюминия отличается следующими преимуществами: возможностью прямого и эффективного перевода исходного материала в хлориды; значительной экономией электроэнергии, использованием графитовых нерасходуемых электродов при электролизе хлорида алюминия, отказе от дорогостоящих криолита и фторсодержащих солей².

Литература

1. Ветчинкина Т.Н. Химическая технология, 2009, Т. 10, 6, С. 342-349.
2. Балмаев Б.Г., Ветчинкина Т.Н., Лысенко А.П., Тужилин А.С. Электрометаллургия, 2020, 12, 3-10.

Работа выполнена по гос. заданию № 075-00320-24-00.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Тужилин А.С., Балмаев Б.Г., Ветчинкина Т.Н., Заблоцкая Ю.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской Академии Наук,
 119334, Москва, Ленинский проспект 49,
 e-mail: atuzhilin@imet.ac.ru*

В нашей стране одной из важнейших проблем является защита окружающей среды и рациональное использование водных и минеральных ресурсов. Источниками централизованного водоснабжения являются поверхностные и подземные воды. Большая их часть подвергаются обработке с удалением избыточных примесей с помощью различных коагулянтов. Актуальной задачей является поиск сырья для их получения^{1,2}. К таким сырьевым источникам можно отнести канашскую глину Чувашского месторождения.

Основными минералами глины являются кварц (70,82%), альбит (5,19%), каолинит (4,45 %), прохлорит (3,82%), экепгитит (2,97%), перовскит (2,97 %). Химический анализ, выполненный методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индукционной плазмой, показал, что канашская глина содержит в среднем, %: $18,20\text{Al}_2\text{O}_3$; $7,54\text{Fe}_2\text{O}_3$; $55,40\text{SiO}_2$; $0,15\text{MgO}$ $0,05$; $0,05\text{CaO}$; $0,10\text{TiO}_2$; $0,01\text{Na}_2\text{O}$; $0,01\text{Cr}_2\text{O}_3$; $0,01\text{CuO}$. В ней нет таких вредных примесей, как Sr, Be, Pb и др., а Mn, Cr, Na, Cu, Ti находятся в незначительном количестве и не оказывают существенного влияния на состав получаемых коагулянтов.

Оптимальными условиями переработки канашской глины является сульфатизирующий обжиг при температуре 175°C в течение 1 часа с последующим выщелачиванием спеков в водные растворы. Степень извлечения компонентов глины в водный раствор составила, %: $75\text{Al}_2\text{O}_3$, $90\text{Fe}_2\text{O}_3$, 15SiO_2 . Степень извлечения компонентов в солянокислотные растворы из прокаленной при 650°C глины составила, %: $42\text{Al}_2\text{O}_3$, $73\text{Fe}_2\text{O}_3$, 14SiO_2 .

Полученные растворы, содержащие сульфаты и хлориды алюминия и железа могут быть рекомендованы к использованию в качестве различных смешанных коагулянтов для очистки питьевых или сточных вод.

Литература

1. Balmaev B.G., Tuzhilin, A.S., Vetchinkina, T.N., and Yu.V. Zablotskaya, *Russian Metallurgy (Metally)* Vol. 2023, 9, 1221-1225.
2. А.С. Тужилин, Б.Г. Балмаев, Т.Н. Ветчинкина, Ю.В. Заблоцкая VI международный конгресс: «ТЕХНОГЕН 2023», Екатеринбург, С. 237-239.

Работа выполнена в рамках гос. задания № 075-00320-24-00.

РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ТОНКИХ НЕФТЯНЫХ ПЛЕНОК

**Санджиева Д.А.,^{а,б} Убушаева Б.В.,^{а,б}
Кузнецова О.В.,^{а,б} Дедов А.Г.^{а,б}**

*^аИнститут нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29*

*^бРоссийский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина,
119991, Москва, Ленинский проспект 65/1,
e-mail: ubushaeva@ips.ac.ru*

Ликвидация аварийных разливов нефти/нефтепродуктов (Н/НП) на акватории – это технологически сложный, многоэтапный процесс. В общем случае ЛАРН начинается с установки бонов. Затем нефть собирается нефтесборщиками-скиммерами, после чего оставшаяся нефть обрабатывается сорбентами или диспергентами и на заключительном этапе – биопрепаратами. В арктических условиях место разлива Н/НП в силу природно-климатических условий зачастую не доступно для техники или она приходит с большим опозданием. Это приводит к увеличению площади разлива и уменьшению толщины пленки. Однако минимальная толщина откачиваемого слоя Н/НП в воде у большинства скиммеров – не менее 1 мм. Отсутствие возможности механической очистки акватории приводит к дальнейшему распространению воды Н/НП и, как следствие, к многократному увеличению экологического ущерба.

Перспективным решением для борьбы с тонкими пленками Н/НП является применение реагентов-собираателей нефти (РСН), под действием которых тонкая нефтяная пленка (толщиной менее 1 мм) стягивается до слоя в 1–5 мм, а площадь разлива многократно сокращается. Известные коммерчески доступные РСН импортного производства содержат в своем составе компоненты, трудно поддающиеся биоразложению. К материалам, используемым в ЛАРН в Арктике, предъявляются повышенные требования, связанные с минимизацией воздействия на окружающую среду. В этой связи представляло интерес разработать отечественные РСН на основе компонентов, дружественных окружающей среде.

Были разработаны две двухкомпонентные композиции РСН, состоящие из природных компонентов и одноатомного спирта, относящегося 4 классу опасности. Экспериментально установлено, что разработанные РСН нетоксичны, способны сокращать площадь пленки Н/НП на 96–97% и увеличивать толщину от 0,1 мм до 2,6 мм, что является достаточным для последующего эффективного удаления пленки Н/НП с акватории.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-00410,
<https://rscf.ru/project/22-13-00410/>.*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВИХРЕВЫХ АППАРАТАХ

Халитов Р.А., Махоткин А.Ф., Фазуллин Р.Х.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, К. Маркса, 68,
e-mail: rinatu@inbox.ru*

Интенсификация процессов химической технологии таких как, абсорбция, десорбция, выпаривание, дистилляция возможна применением вихревых аппаратов. Вихревые аппараты применяются для интенсификации очистки отходящих газов от токсичных веществ, таких как пары и туман азотной кислоты, аммиак, для абсорбции аммиака в производстве кальцинированной соды, абсорбции триоксида серы в производстве серной кислоты, малоотходного концентрирования отработанной серной кислоты, экстрактивной дистилляции отработанных кислотных смесей¹. Для увеличения эффективности улова тумана кислот вихревые аппараты снабжены волокнистыми рукавными элементами рукавного типа. Разработаны конструкции вихревых аппаратов, как с восходящим, так и с нисходящим потоком газовой и жидкой фаз^{2,3}.

Многолетняя эксплуатация вихревых аппаратов в промышленности показала, что в вихревом газожидкостном потоке повышается эффективность тепломассообменных процессов, обеспечивается надежная сепарация фаз в центробежном поле. При этом, в отличие от аппаратов насадочного и тарельчатого типа, вихревые аппараты обладают высокой пропускной способностью по газовой и жидкой фазам, компактны, для циркуляции жидкости им не требуются насосы. Вихревые аппараты с нисходящим потоком фаз имеют низкое гидравлическое сопротивление при высокой эффективности абсорбции.

Литература

1. Халитов Р.А., Махоткин А.Ф. *Технология регенерации отработанных кислот в вихревых аппаратах* - Казань: КНИТУ, 2015.
2. Махоткин А.Ф., Халитов Р.А., Седов Б.С. [и др.] Патент 2287359 РФ, 2006.
3. Махоткин А.Ф., Петров В.И. Халитов Р.А., Гильмутдинов. Б.И. А.С. № 165532, 1991.

ТЕХНОЛОГИЯ N(S)- И NK(S)-УДОБРЕНИЙ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КИСЛОТНЫХ СМЕСЕЙ ПРОИЗВОДСТВА НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ОЦЕНКА ИХ АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Фазуллин Р.Х., Хузиахметов Р.Х., Халитов Р.А., Фазуллина А.А.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, К. Маркса, 68, e-mail: rinatu@inbox.ru*

Существующая технология регенерации отработанных кислотных смесей – ОКС ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$) производства нитратов целлюлозы малоэффективна [значительные затраты, увеличение количества ядовитых газовых выбросов в атмосферу (NO_x , туман $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$)]¹. Одним из способов решения данной проблемы является переработка ОКС на N(S)-удобрение путем их нейтрализации аммиачной водой². Образующийся при этом продукт представляет собой смесь сульфатонитратов аммония (СНА) различного состава $[\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ с примесью аммиачной селитры (АС). Удобрение содержит 2 формы азота и соответствует требованиям ТУ 2181-036-00205311-08 «Селитра аммиачная серосодержащая» ($\text{N:S} \approx 30\%:7\% \approx 1:0,23$ мас.), однако данные о его агрохимической эффективности в работе не приводятся.

Наиболее перспективным является предлагаемый нами способ переработки ОКС на NK(S)-удобрение, путем ее нейтрализации смесью $\text{NH}_4\text{OH} + \text{KOH}$ ³. В продукте нейтрализации $[60-70\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ с примесью KNO_3 и K_2SO_4 ; $\Sigma\text{NK} = 36-41\%$; $\Sigma\text{NK(S)} = 46-51\%$] соотношение элементов питания является оптимальным $\text{N:K}_2\text{O:S} = 1:(0,6-1,1):(0,43-0,5)$ мас. (для большинства культур оптимум $\text{N:K}_2\text{O} \approx 1:0,7$ мас.).

В вегетационных опытах на серой лесной почве ($\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 56:298:121$ мг/кг) масса зерна пшеницы при внесении аммиачной селитры была 15,2 г/сосуд (прибавка 198 % к контролю), а при внесении N(S)-удобрения (СНА:АС=81%:19%) 17,3 г/сосуд (прибавка 240 % к контролю). В варианте с внесением NK(S)-удобрения $[\text{СНА}:(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4:\text{K}_2\text{SO}_4 = 53\%:27\%:20\%]$ прибавка урожая была относительно небольшой (+205 % к контролю), что можно объяснить большим содержанием K_2O в исходной почве (при дополнительном внесении калия соотношение $\text{N:K}_2\text{O}$ неоптимальное).

Литература

1. Халитов Р.А., Махоткин А.Ф., Хайруллин Р.Р., Мадьяров Р.Р., Валеев И.И. *Вестник технологического университета*, 2015, **8**, 239.
2. Халитов Р.А., Махоткин А.Ф., Мадьяров Р.Р., Хайруллин Р.Р., Валеев И.И. *Патент 2602097 РФ*, 2016.
3. Хузиахметов Р.Х., Фазуллин Р.Х., Халитов Р.А., Толстогузова Е.В. *Патент 2747779 РФ*, 2021.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МНОГОСЛОЙНЫЕ ОРГАНОБИОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

**Таран Ю.А., Вязьмин А.В., Фуфаева В.М.,
Стрельникова В.О., Калгашкин Н.И.**

*МИРЭА – Российский технологический университет,
Кафедра процессов и аппаратов химических технологий имени Гельперина Н.И.,
119571, Москва, проспект Вернадского, 86,
e-mail: taran_yu@mirea.ru*

Для повышения эффективности усвоения питательных компонентов и поддержания плодородия почвы предложен способ получения на тарельчатом грануляторе¹ многофункциональных органобиоминеральных удобрений, обладающих пролонгированным действием и содержащих живые микроорганизмы². Использованы биокультуры *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Azotobacter vinelandii* и др., иммобилизованные на кукурузном крахмале и обладающие фунгицидным и бактерицидным действием, способностью к ассоциативной азотфиксации и обеспечивающими защиту от грибов, насекомых и других вредителей.

Лабораторные микробиологические испытания удобрений с культурой *Bacillus subtilis* показали, что количество жизнеспособных микроорганизмов после гранулирования составляет около $1,0 \cdot 10^7$ КОЕ/гр. Внесение этого удобрения в почву из расчета 100 кг/га равносильно использованию традиционного азотного удобрения при весенней подкормке зерновых в количестве 100-150 кг/га и жидкого препарата Бактофорт (также содержащего *Bacillus subtilis*) при норме 2,0 л/га. Однако применение гранулированного органобиоудобрения позволяет вносить все компоненты разово и технически проще, чем микродозирование жидких.

Особый интерес представляют механизмы массопереноса внутри многослойных гранул с микроорганизмами. Кинетика процесса переноса веществ в структурированных средах сложна и многообразна³. Важно, что в почве внутри гранулы со временем массопроводность среды переноса меняется за счет биodeградации, возрастает концентрация микроорганизмов в направлении ее внешней оболочки, обеспечивается эффект пролонгированного действия азотосодержащего ядра и т.д.

Литература

1. Taran Yu.A., Fufaeva V.M. *Chemical and Petroleum Engineering*, 2022, **58**, 499.
2. Вязьмин А.В., Фуфаева В.М., Калгашкин Н.И. *ISTS«EESTE-2024»*, 2024, Москва, **2**, 28.
3. Покусавев Б.Г., Вязьмин А.В., Некрасов Д.А., Храмова Д.П., Захаров Н.С. Нестационарный тепломассоперенос в микроструктурированных средах. – С.-П.: Лань, 2023. – 180 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСРОЧЕННЫХ ЛЕКАРСТВ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цыганкова Л.Е.,^а Брыксина В.А.,^а Шель Н.В.^б

^аТамбовский государственный университет имени Г.Р.Державина,
392000, Тамбов, ул. Интернациональная, 33
e-mail: vits21@mail.ru

^бФГБОУ ВО «ТГТУ», 392000, Тамбов, ул. Советская, 106

Лекарственные препараты попадают в окружающую среду при утилизации просроченных и неиспользованных лекарств, остатков и отходов медицинских учреждений, отходов фармацевтической промышленности. По данным ВОЗ, это представляет угрозу для здоровья населения и окружающей среды, так как приводит к загрязнению питьевой воды, уничтожению полезных бактерий и других водных организмов. Одним из методов решения проблемы с ненадлежащей утилизацией лекарств является возможность их применения в качестве ингибиторов коррозии металлов. Известно, что наиболее эффективными ингибиторами коррозии являются органические соединения, молекулы которых содержат ненасыщенные связи, ароматические кольца и гетероатомы, такие как O, N, S и т.д. Лекарства с истекшим сроком годности имеют сходную структуру с органическими ингибиторами и могут использоваться в качестве таковых. За рубежом уже более десяти лет проводятся подобные исследования, обобщенные в ряде обзоров¹⁻². Нами гравиметрическим методом показана защита стали Ст3 омепазолом ((RS)-5-methoxy-2-[(4-methoxy-3,5-dimethylpyridin-2-yl)methylsulfinyl]-1H-benzimidazole) в 1 н растворах H₂SO₄ и HCl и в модели пластовой воды, содержащей 400 мг/л H₂S. Защитный эффект омепазола достигает 90% при концентрации 40 мг/л в растворах кислот и 80% при концентрации 60 мг/л в сероводородной среде. Просроченное лекарство дротаверин (1-(3,4-диэтоксипензилиден)-6,7-диэтокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолин) при концентрации 80 мг/л проявляет защитную эффективность 95% в 1н растворе H₂SO₄ и 82% в 1н растворе HCl при 20° С, а при 80° С - 96%. Интересно, что защитные концентрации лекарств существенно ниже величин, характерных для целевых органических ингибиторов. Полученные результаты подтверждены поляризационными и импедансными измерениями.

Литература

1. Pathak R.K., Mishra P. *Intern. J. Sci. Res.*, 2016, **5**, 671- 677.
2. Verma C., Chauhan D.S., Quraishi M.A. *J. Mater. Environ. Sci.*, 2017, **8**, 4040-4051

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛОГИСТИКИ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Шинкевич А.И., Малышева Т.В.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, К. Маркса, 68
ashinkevich@mail.ru

Цифровая трансформация логистических процессов нефтехимии России направлена на формирование единой цифровой цепи поставок. Это требует разработки методологии и создания программной платформы с учетом специфики отрасли. Многие компании сталкиваются с проблемой «цифрового хаоса» ввиду нестандартизированного подхода.

В этой связи, во-первых, для цифровой трансформации необходим системный анализ бизнес-процессов с выявлением сложных зон для оценки отклика от инноваций. Во-вторых, выбор цифровых технологий должен соответствовать целям модернизации процессов с учетом используемого ПО и готовых отраслевых практик: IoT позволяет получать информацию о местоположении транспорта и отслеживать грузы; ИИ и ML могут оптимизировать маршруты доставки и автоматизировать управление запасами; Big Data дает информацию о поставках, прослеживаемости грузов, уровне запасов; роботы могут выполнять упаковку, сортировку и разгрузку грузов; облачные технологии упрощают обмен данными между участниками логистической цепи.



Рисунок 1. Внедрение цифровых технологий на предприятиях России

Тенденции в развитии цифровой логистики включают увеличение использования роботов и автоматизированных систем, развитие аналитических возможностей и алгоритмов ИИ для оптимизации операций. Цифровые технологии становятся все более понятными и доступными, что позволяет использовать их в работе малых и средних предприятий.

Работа выполнена в рамках проекта «Передовая инженерная школа «Промхимтех».

ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ПОЛИЭФИРНЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Ширялин И.М.^{а, б, в} Бондарь А.А.^{б, в} Туляев И.П.^а Лагусева Е.И.^а

^аТверской государственный технический университет, 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22,
e-mail: shiryalini@mail.ru

^бООО «ЛПМ», 170039, Тверь, ул. Паши Савельевой, 45

^вООО «КСК», 127055, Москва, 4-й Лесной пер., 4

Ассортимент полимерных композиционных материалов на сегодняшний день обширен, однако в современной промышленности хорошо зарекомендовали себя ненасыщенные полиэфирные смолы в сочетании со стеклянными волокнами. Они выпускаются в различных формах, при этом обладают низкой стоимостью и повышенными механическими свойствами.

Хотя полиэфирные стеклопластики находят множество успешных применений в машиностроении, строительстве и энергетике, однако, их утилизация в конце жизненного цикла является сложно реализуемой задачей в промышленном масштабе. До сих пор предприятия использовали эти материалы, не имея должной информации о методах их утилизации, так как на протяжении десятилетий свалки и сжигание были двумя популярными способами утилизации отходов. Отсутствие технологических достижений в создании эффективной и рентабельной вторичной переработки полиэфирного стеклопластика в настоящее время приобретает все большее значение и рассматривается как ключевое препятствие для разработки или даже дальнейшего использования композитных материалов на некоторых рынках. Для освоения новых рынков необходимо использовать современные методы вторичной переработки полиэфирных стеклопластиков, в том числе, пиролиз, позволяющий утилизировать отходы, но при этом получать дополнительные продукты переработки (сырье, энергию).

На территории «Промтехнопарка» ГК КСК разрабатывается и реализуется программа экологического проекта рециклинга отходов¹.

В данной работе проведено исследования по выявления оптимальных параметров вторичной переработки полиэфирного стеклопластика на разработанной инновационной пиролизной установке.

Литература

1. Бондарь А.А., Ширялин И.М., Яковлев Б.А. Перспективные методы переработки стеклонаполненных полимерных материалов // II Всероссийская молодежная научная школа «Экологические технологии переработки отходов с получением новых материалов и энергоносителей». – Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 11–12.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМ АВТОНОМНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТОКА

Шулаев Н.С., Кадыров Р.Р., Пряничникова В.В.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, ИХТИ УГНТУ,
453118, Стерлитамак, Проспект Октября 2
e-mail: nshulayev@rambler.ru*

Электрохимический метод очистки техногенно загрязненных территорий – совокупность электрокинетических реакций, возникающих за счет направленного движения загрязняющих веществ в жидкой или твердой фазе к одному из электродов¹. Уменьшение концентрации загрязняющих веществ происходит за счет прямого окисления кислородом, хлорсодержащими веществами в прианодной области, фентоноподобных реакций с образованием перекиси водорода и последующим образованием гидроксильных радикалов. Электрохимические реакции происходят во всем межэлектродном объеме из-за наличия электрической проводимости. Показано, что для очистки 1 кг загрязняющих веществ необходимо пропустить $\sim 10^7$ Кл электрических зарядов². При этом энергозатраты при напряжении $U \approx 12$ В составят 120 МДж. Учитывая, что средняя мощность солнечных батарей $P \approx 160$ Вт/м² для очистки такого количества загрязняющих веществ потребуется 18 дней с панелью площадью 1 м². Использование солнечной энергии для электрообеспечения электрохимических установок очистки грунтов позволяет предложить автономные конструкции, не требующие подключения к электрическим сетям.

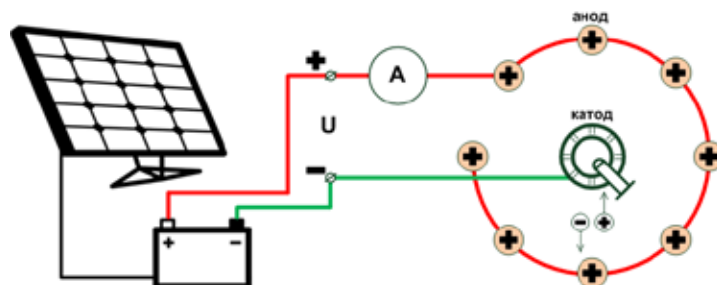


Рисунок 1. Схема установки с автономным источником тока

Литература

1. Шулаев Н.С., Пряничникова В.В., Кадыров Р.Р. Записки Горного института, 2021, **252**, 937.
2. Пряничникова В.В., Шулаев Н.С., Быковский Н.А., Кадыров Р.Р. Фундаментальные исследования, 2018, **12 (2)**, 208.

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА ВЕЩЕСТВ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ ТЕХНОГЕННО- ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

Мешалкин В.П.,^а Шулаев Н.С.,^б Кадыров Р.Р.^б, Пряничникова В.В.^б

^а Международный Институт Логистики Ресурсосбережения и Технологической Инноватики,
РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва

^б Уфимский государственный нефтяной технический университет, ИХТИ УГНТУ
453118, Стерлитамак, Проспект Октября 2
e-mail: nshulayev@rambler.ru

Электрохимическая очистка грунтов относится к энергоэффективным, экологичным технологиям по восстановлению нарушенной среды¹. Важным направлением исследований является изучение специфики переноса веществ при электрохимической обработке загрязненных грунтов, позволяющее определять основные технологические параметры, и соответственно, адаптировать режимы работы установок очистки с целью повышения эффективности их работы².

Было проведено теоретико-экспериментальное исследование процессов переноса ионов сольватированных молекулами загрязнителя. Получены соотношения, описывающие зависимость между изменением массы загрязнителей и параметрами, определяющими скорость процесса переноса. Показано, что скорость снижения концентрации загрязняющих веществ определяется объемом сольватированных ионов движущихся под действием электрического поля в межэлектродном пространстве³.

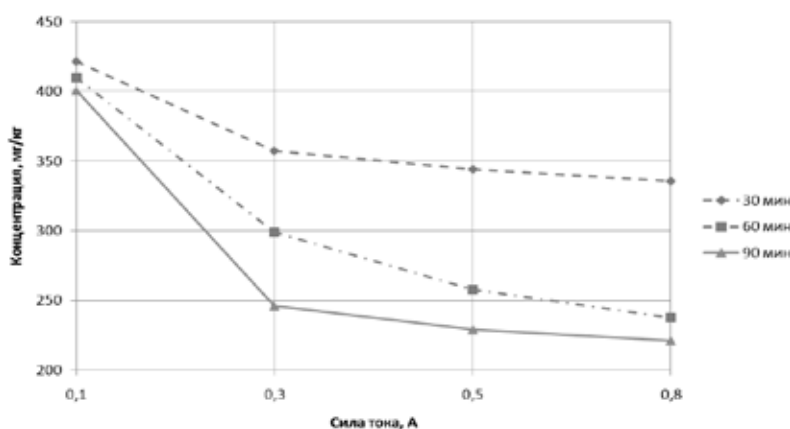


Рисунок 1. Характер снижения концентрации нефтепродуктов в очищаемом грунте

Литература

1. Meshalkin V.P., Dov V.G., Bobkov V.I., Belyakov A.V., Butusov O.B., Garabadzhiu A.V., Burukhina T.F., Khodchenko S.M. *Mendeleev Communications*, 2021, **31** (5), 593.
2. Мешалкин В.П., Шулаев Н.С., Пряничникова В.В. Доклады РАН, 2020, **491**, 15.
3. Шулаев Н.С., Мешалкин В.П., Пряничникова В.В., Кадыров Р.Р., Быковский Н.А. *Экология и промышленность России*, 2022, **26** (2), 9.



СЕКЦИЯ 5

ХИМИЯ ИСКОПАЕМОГО И ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ЭФИРОВ

Маммадова Т.А., Айдынова Ш.Я.

*Институт Нефтехимических Процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева Министерства Науки и Образования
AP, Az 1025, Баку, ул. Ходжалы 30
shebnem.ajdynova@mail.ru*

Известно, что для улучшения качества дизельных топлив необходимо вовлечение в их состав различных экологически чистых добавок, полученных на основе альтернативного сырья^{1,2}. Среди них особое место занимают кислородсодержащие добавки растительного происхождения, так называемые биодизельные эфиры, полученные на основе жирных кислот растительных масел³.

В данной работе в качестве кислородсодержащей добавки исследована смесь пропиловых эфиров жирных кислот соевого масла (ПЭЖКСМ) и ацетилглицерина (АГ) при добавлении их в состав гидроочищенной дизельной фракции (ГДФ) в количестве 10% при соотношении эфиров 1:1 и изучены физико-химические свойства полученного компаунда. Было выявлено, что при добавлении в состав ГДФ 10% смеси ПЭЖКСМ и АГ улучшаются качественные показатели полученного компаунда. Так, если в ГДФ содержания серы и ароматических углеводородов составляют соответственно 0,0310% и 16,0%, то в полученном компаунде значения этих показателей снижаются соответственно до 0,0279% и 14,4%. Кроме того, наблюдается повышение значения цетанового числа и температуры вспышки полученного компаунда. Если цетановое число ГДФ равно 46 пунктов, а температура вспышки 67°C, то в топливном компаунде эти значения повышаются соответственно на 3 пункта и на 7°C. Также в отличие от ГДФ, значения диаметра пятна износа для 10%-ного компаунда снижается до 0,476 мм. Исходя из полученных данных, ПЭЖКСМ и АГ могут быть рекомендованы в качестве ресурсосберегающих и противоизносных добавок к дизельному топливу.

Литература

1. Маммадова, Т.А., Айдынова, Ш.Я. Применение кислородсодержащих добавок для улучшения качественных показателей дизельных топлив // BSU, I Scientific Conference of Baku and Region youth, - Baku, - 20 april, - 2023, - сс.109-111.
2. Шарифуллин А.В., Байбекова Л.Р. Разработка композиции оксигенатов к дизельным топливам // Вестник технологического университета. 2017, Т.20, №11, сс. 51-54.
3. Маммадова Т.А., Айдынова Ш.Я., Аллахвердиева Г.З. Ресурсосберегающие и противоизносные добавки к дизельным топливам на основе растительного сырья. Сборник научных статей по итогам работы Межвузовский международный конгресс Высшая школа: Научные исследования, Москва, 2023, сс. 162-163.

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАНИЯ МЕТОДОВ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НЕФТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ

Антонюк С.Н., Торховский В.Н., Дворецков П.А., Рыбняц Е.А.

*МИРЭА - Российский технологический университет
(Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова),
119454, Москва, проспект Вернадского, 78,
Antonyuk2006@yandex.ru*

Повышение глубины переработки нефти с увеличением выхода дистиллятных фракций достигается за счет модификации (активации) путем создания смесевых нефтяных систем или воздействием физических методов на нефтяные дисперсные системы¹⁻⁶. Исследование влияния кавитационной обработки нефти как с применением гидродинамической кавитации в аппарате ДА-1, так и в аппарате с вихревым слоем (АВС) ферромагнитных элементов показало увеличение выхода светлых топливных фракций НК-350 °С на 10 % отн. при одновременном снижении плотности и вязкости нефти. Самым эффективным воздействием для снижения плотности нефти оказалась комбинация ДА-1 (при давлении сжатия 40 МПа) + АВС, плотность снизилась с 887,5 до 885,2 кг/м³. Снижение вязкости наиболее заметно происходит при обработке в ДА-1 при давлении сжатия 30 МПа, значение снижается с 42,5 до 33,2 м²/с.

По результатам анализа хроматомасс-спектрометрии топливных фракций выявлено, что механохимические процессы оказывают существенное влияние на структурно-групповой и химический состав нефти и её фракций. Показано, что комбинирование методов активации приводит к изменению в соотношении между парафинами и ароматическими углеводородов в составе нефтепродукта.

Литература

1. Торховский В.Н., Кравченко В.В., Антонюк С.Н., Городский С.Н., Поярков Р.Ю. *Технологии нефти и газа*, 2016, **1**, 22
2. Торховский В.Н., Воробьев С.И., Антонюк С.Н. и др. *Технологии нефти и газа*, 2015, **2**, 9
3. Торховский В.Н., Антонюк С.Н., Воробьев С.И., Николаева М.В. *Тонкие химические технологии*, 2017, **5**, 65
4. Торховский В.Н., Антонюк С.Н., Чижевская Е.В., Воробьев С.И., Николаева М.В., Арнацкий В.А. Активация компаундированного нефтяного сырья. *Технологии нефти и газа*, 2019, **4**, 3
5. Торховский В.Н., Антонюк С.Н., Голованов А.Б., Воробьев С.И., Николаева М.В., Дворецков П.А. *Технологии нефти и газа*, 2021, **2**, 3
6. Торховский В.Н., Антонюк С.Н., Голованов А.Б. *Технологии нефти и газа*, 2021, **5**, 14

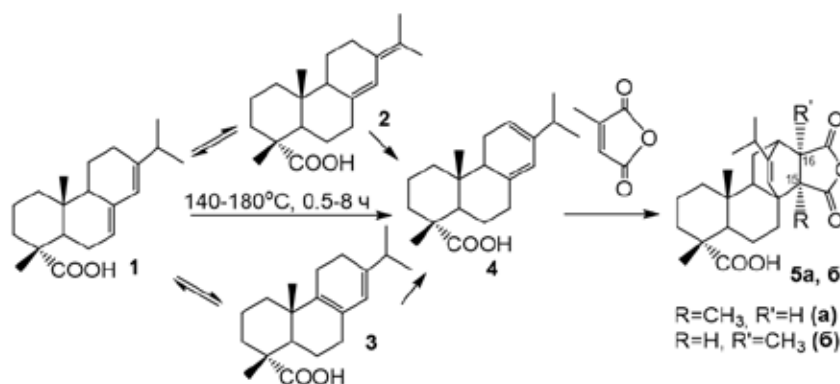
НОВЫЕ ПРОДУКТЫ «ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ» НА ОСНОВЕ КАНИФОЛИ И ЦИТРАКОНОВОГО АНГИДРИДА

Бей М.П., Ювченко А.П., Пучкова Н.В.

*Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси,
220084, Минск, ул. Ф.Скорины 36,
e-mail: bey@ichnm.by*

Современные концепции «зеленой химии» и устойчивого развития требуют разработки эффективных технологий получения химических продуктов с использованием возобновляемого растительного сырья¹.

Изучено взаимодействие канифоли и цитраконового ангидрида при 140–180°C в течение 0.5–8 ч, в том числе с использованием каталитических добавок H_2SO_4 , $MgCl_2$, $AlCl_3$, $FeCl_3$. Установлено, что в результате взаимопревращения смоляных кислот абиеинового типа (абиеиновой 1, неоабиеиновой 2, палюстровой 3) в левопимаровую кислоту 4, которая необратимо вступает в реакцию Дильса-Альдера, происходит образование аддуктов канифоли и цитраконового ангидрида, содержащих до ~70% (180°C, 4–8 ч, 1–2% H_2SO_4) цитраконопимаровой кислоты (в виде эквимольной смеси двух изомеров $C^{15}-CH_3$ 5a и $C^{16}-CH_3$ 5b)².



На основе $C^{15}-CH_3$ изомера цитраконопимаровой кислоты 5a получен целый ряд индивидуальных производных – сложных эфиров, амидов и имидов. Канифольноцитраконовые аддукты и их производные (имиды) являются эффективными модификаторами ненаполненных и наполненных производственных резиновых смесей³.

Литература

Torok B., Dransfield T. Green Chemistry. – Elsevier, 2018. – 1058 p.

Бей М.П., Пучкова Н.В., Ювченко А.П., Барановский А.В. Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук, 2018, **54**, 434.

Бей М.П., Ювченко А.П. Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук, 2023, **59**, 35.

КОМПОЗИТЫ МИКРО- ИЛИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЦЕОЛИТОВ MFI И КАРБИДА КРЕМНИЯ, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНО- МИКРОВОЛНОВЫМ МЕТОДОМ – НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ КОНВЕРСИИ РАПСОВОГО МАСЛА В ПРОДУКТЫ НЕФТЕХИМИИ

Дедов А.Г.,^{а,б} Локтев А.С.,^{а,б} Караваев А.А.,^{а,б} Вагапова М.Н.^{а,б}

^а*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29*

^б*Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина,
119991, Москва, Ленинский проспект 65/1,
e-mail: genchem@gubkin.ru*

Использование микроволнового воздействия – эффективный подход к синтезу цеолитсодержащих материалов различной морфологии¹. В представленной работе гидротермально-микроволновым методом синтезированы композиты, содержащие частицы цеолитов MFI (ZSM-5) микронных или нано-размеров в протонной форме и карбид кремния^{2,3}. Синтезированные композиты HMFI/SiC и «нано»HMFI/SiC впервые испытаны в превращении рапсового масла в «зеленые» углеводороды и компоненты моторных топлив. Каталитические эксперименты проводили в реакторе проточного типа при 450-600 °С и атмосферном давлении.

Установлено, что в результате конверсии рапсового масла при 450 °С на композите «нано»HMFI/SiC достигается выход жидких углеводородных продуктов 66 % мас., а на HMFI/SiC - 59 % мас. В то же время на композите HMFI/SiC достигался более высокий выход ароматических углеводородов - 32 % мас., а на «нано»HMFI/SiC их выход составил 19 % мас. При 600 °С на обоих катализаторах увеличивался выход олефинов C₂-C₄, достигавший 36 % мас. на «нано»HMFI/SiC, что в два раза выше, чем на композите HMFI/SiC.

Таким образом, синтезированные гидротермально-микроволновым методом материалы HMFI/SiC и «нано»HMFI/SiC являются перспективными катализаторами конверсии рапсового масла в углеводороды-компоненты моторных топлив, а также в олефины C₂-C₄ и ароматические углеводороды – ценные полупродукты нефтехимии.

Литература

1. Bensafi B., Chouat N., Djafri F. *Coord. Chem.*, 2023, **496**, 215397.
2. Дедов А.Г., Караваев А.А., Локтев А.С., Митиненко А.С., Исаева Е.А., Моисеев И.И. Патент 2725586 РФ, 2020.
3. Дедов А.Г., Караваев А.А., Локтев А.С., Вагапова М.Н. Патент 2799782 РФ, 2023.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИНХС РАН.

БЕЗОТХОДНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ОЛЕИНОВОЙ И УКСУСНОЙ КИСЛОТ ИЗ РАПСОВОГО МАСЛА В СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ВОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Вольева В.Б.,^а Аетов А.У.,^б Усманов Р.А.,^б Гумеров Ф.М.,^б Рыжакова А.В.,^а Овсянникова М.Н.,^а Варфоломеев С.Д.^а

^аФГБУН Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Косыгина 4,
e-mail: violetta.voleva@gmail.com

^бФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. Карла Маркса 68

Олеиновая кислота (ОК) – ключевой продукт в производстве современных смазочных материалов. Основным источником ОК является рапсовое масло с содержанием 65-68% ОК в триглицеридах, из которых ОК выделяют щелочным гидролизом с последующим фракционированием. Процесс энергоемкий и трудозатратный, сопровождающийся образованием значительных количеств загрязненных стоков.

Возможность исключения этих недостатков исследована в рамках гидротермального процесса в суб-и сверхкритических водных условиях ($T=573-653$ К, $p=30$ МПа) на установке периодического действия¹. В отличие от традиционного гидролиза в гидротермальном процессе происходит *in situ* изменение кислотного состава гидролизата в результате превращения линолевой кислоты в олеиновую с возможностью ее селективного выделения со степенью чистоты (95%, при $T=573$ К, соотношение вода–масло 2:1, длительность процесса 30 мин.), близкой к индивидуальному продукту, не требующему специальной очистки для использования в технических целях. Это подтверждено прямым окислением гидролизата в азелаиновую кислоту с выходом, превышающим природное содержание ОК в масле. Водный сток, содержащий органические загрязнители, превращен в уксусную кислоту действием H_2O_2 в гидротермальных условиях. Кислота выделена препаративно, идентифицирована ИК- и жидкостной хроматографией. Факт изменения жирнокислотного состава масла зарегистрирован впервые.

Механизм гидротермального процесса исследован на основе анализа продуктов превращения индивидуальной линолевой кислоты.

Литература

Biktaşev Sh.A., Usmanov R.A., Gabitov R.R., Gazizov R.A., Gumerov F.M., Gabitov F.R., Abdulagatov I.M., Yarullin R.S., Yakushev I.A. *Biomass and Bioenergy*, 2011, 35, 7, 2999-3011.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ КОКСОВОЙ МЕЛОЧИ

Гусева Ю.Д.¹, Газенаур Е.Г.², Дмитриев А.С.³, Кузьмина Л.В.⁴

^{1,2,4}ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Кемерово, улица Красная 6
e-mail: juliakeml@mail.ru

³КАО «Азот», 650021, Кемерово, улица Грузовая стр.1

В лабораторных условиях опробован метод магнитной сепарации¹ коксовой мелочи, полученной из кузбасских углей (содержание серы, фосфора, летучих веществ, углерода, прочих примесей $\leq 1\%$, $\leq 0,6\%$, $\leq 3\%$, до 94%, до 3% соответственно; зольность $\leq 20\%$; влажность $\leq 24\%$; массовая доля кусков более 10 мм $\leq 10\%$)^{3,4} и в огромных количествах скапливающейся на коксохимических предприятиях региона^{2,3} с помощью неодимового магнита N52, с целью ее обогащения для более эффективного и рационального использования. Высокомагнитная фракция коксовой мелочи представляет интерес с точки зрения ее использования в качестве компонента для получения агломерата руд.

Проведены: анализ влияния степени измельчения коксовой мелочи на выход и состав фракций (магнитной/ немагнитной); анализ химического состава золы полученных фракций; анализ зольности до и после сепарации; оценка границ влажности, при которых возможна сепарация коксовой мелочи без осушки. Использовали два режима сепарации – без и с предварительным измельчением (диаметр частиц от 0,05 до 0,2 мм).

Определен оптимальный режим сепарации (размер фракции до 0,2 мм; показатель влажности до 10% (без предварительной осушки)), позволяющий добиться снижения зольности до $8,8 \pm 0,3\%$ (зольность исходной коксовой мелочи без использования магнитной сепарации $-14,3 \pm 0,22\%$) с выходом обогащенного продукта до 91%.

Литература

1. Тихонов, О.Н. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения: учеб. пособие / О.Н. Тихонов, Е.Е. Андреев, В.Б. Кусков, М.В. Никитин. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет): СПб, 2004. – 103 с.
2. Справочник коксохимика. Том 2. Производство кокса / под ред. А.К. Шелкова. – М: Металлургия, 1965. – 288 с.
3. Лейбович, Р.Е. Технология коксохимического производства / Р.Е. Лейбович, Е.И. Яковлева, А.Б. Филатов – М.: Металлургия, 1982. – 359 с.
4. Федорова, Н.И. Химико-технологические свойства каменных углей Кузбасса / Н.И. Федорова, А.Н. Заостровский, В.А. Зубакина, З.Р. Исмаилов // Вестник КузГТУ. – 2015. – №5. – С. 121-125.

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ УРЕАТНЫХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Лядов А.С., Кочубеев А.А, Ю.В. Костина

*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29
e-mail: lyadov@ips.ac.ru*

Эксплуатация современных технических средств в условиях повышенной температуры (например, роликовые подшипники станов непрерывного литья) требует использования термически стабильных смазочных материалов, обладающих длительной работоспособностью. В узлах трения работающих при высоких тепловых нагрузках хорошо себя зарекомендовали пластичные смазки, в которых синтетическое базовое масло загущено димочевинами различного строения.

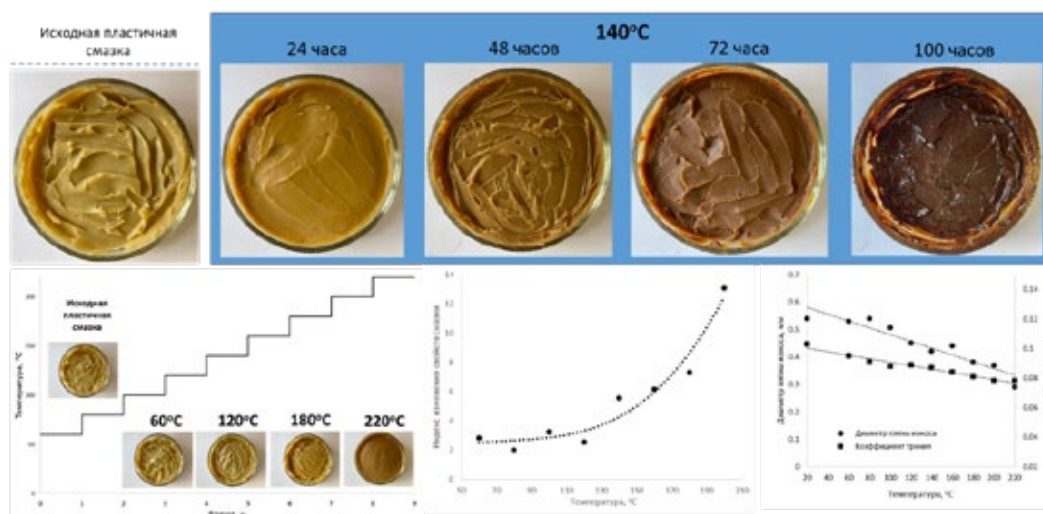


Рисунок. Изучение термодеструкции уреатной смазки на основе синтетического базового масла (ПАОМ-4)

В рамках проводимых в ИНХС РАН комплексных исследований по созданию высокоэффективных смазочных материалов, работоспособных в критических условиях, были изучены особенности изменения основных свойств синтетических уреатных пластичных смазок (температура каплепадения, предел прочности, коллоидная стабильность, трибологические свойства), как при увеличении тепловой нагрузки (от комнатной температуры до 220°C), так и при длительном воздействии высокой температуры (140°C, 100 часов, рисунок). Методом ИК-спектроскопии показан процесс термодеструкции уреатного загустителя в процессе длительного теплового воздействия. Полученные результаты имеют важное практическое значение для создания новых перспективных смазочных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН.

ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

Никишин Д.В., Пешнев Б.В., Бурляева Е.В., Николаев А.И.

*МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова
119454, Москва, пр-т Вернадского 78
e-mail: nikishin@mirea.ru*

Нетрадиционные способы модификации нефтяного сырья для увеличения потенциала его переработки представляют большой интерес¹. Одним из подобных перспективных способов является кавитационная обработка², возможность интенсификации воздействия на нефтяные дисперсные системы которой может определять дальнейшее направление развития данного направления.

Целью исследования было изучение влияния факторов, влияющих на эффективность гидродинамической кавитационной обработки нефтяного сырья. Эффективность обработки оценивалась по приращению выхода фракций, выкипающих до 400 °С, после обработки.

Были построены эмпирические математические модели зависимости изменения выхода целевых фракций от условий обработки. Была установлена линейная зависимость между выходом целевых фракций и давлением обработки, коэффициент корреляции которой превышал 0,98. Влияние количества циклов обработки на этот показатель имел более сложный степенной характер с насыщением. После 5 актов воздействия изменений фактически не наблюдалось. Тем самым изменение давления обработки позволяет влиять на эффективность обработки более существенно, чем количество циклов воздействия.

Показано, что эффективность зависит не только от режима обработки (количества циклов и мощности воздействия), но и от газосодержания обрабатываемого сырья. Продувка различными газами (воздух, водород, пропан-бутановая фракция) объектов нефтяного сырья с целью варьирования их газосодержания и последующая обработка привела к увеличению эффективности кавитационного воздействия.

Совокупность наблюдаемых эффектов позволила подтвердить предположение об увеличении числа зародышей кавитации как основополагающего фактора повышения эффективности обработки с ростом газосодержания сырья.

Литература

1. Пивоварова Н.А. Нефтехимия, 2019, 59, 7, 727.
2. Геллер С.В. Нефть. Газ. Новации, 2010, 9, 20.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП РТУ МИРЭА при поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 075-15-2021-689 от 01.09.2021 г.

ВЫЯВЛЕНИЕ НОВЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

Шевкопляс В.Н.

ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко», 283048 Донецк, ул.Р. Люксембург, 70
vladim.shevk@yandex.ru

Ранее на основании данных дериватографии и пиролиза предложены линейные уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь ($R = 0,917-0,975$) между выходом первичной смолы пиролиза ($СМ^{daf}$) при температуре T_{max} (по дериватограмме) с содержанием $С^{daf}$ для всего ряда твердых топлив, включая углеобразователи – прекурсоры углей ($С^{daf} = 44,3-59,0\%$) и угли ряда метаморфизма от бурых до антрацитов ($С^{daf} = 62,4-93,7\%$)¹. В рамках предложенного подхода были получены новые взаимосвязи между $С^{daf}$, T_{max} и теплотой сгорания (Q_s^{daf}) твердых топлив, данными их элементного и технического анализов (V^{daf} , $O+N^{daf}$)².

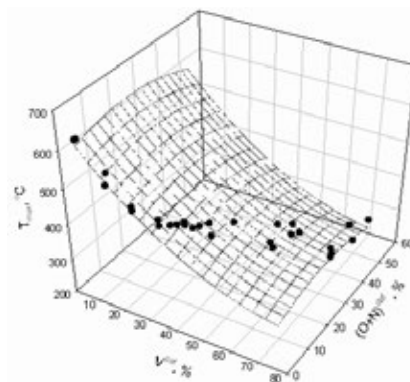
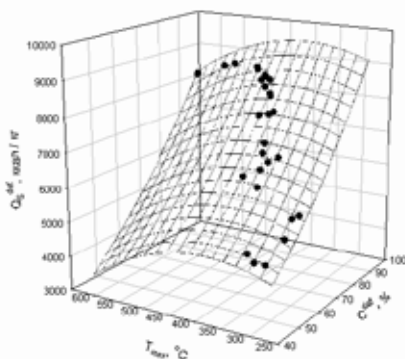


Рисунок 1. (слева) Графическое изображение поверхности, соответствующее двухпараметровому уравнению $Q_s^{daf} = f(C^{daf}, T_{max})$ с нанесенными экспериментальными точками ($R = 0,979$):

$$Q_s^{daf} = -(3535,8 \pm 1244,0) + (95,7 \pm 10,1)C^{daf} + (18,2 \pm 7,0)T_{max} - (0,022 \pm 0,002)(T_{max})^2.$$

Рисунок 2. (справа) Графическое изображение поверхности, соответствующее двухпараметровому уравнению $T_{max} = f(V^{daf}, O+N^{daf})$ с нанесенными экспериментальными точками ($R = 0,956$):

$$T_{max} = (600,1 \pm 13,8) - (4,94 \pm 0,65)V^{daf} + (1,86 \pm 1,0)(O+N^{daf}).$$

Применение данных уравнений в практическом плане позволит уже на стадии подготовки получить дополнительную информацию о составе и структурных особенностях твердых топлив и определить пути их дальнейшего использования в различных технологических процессах.

Литература

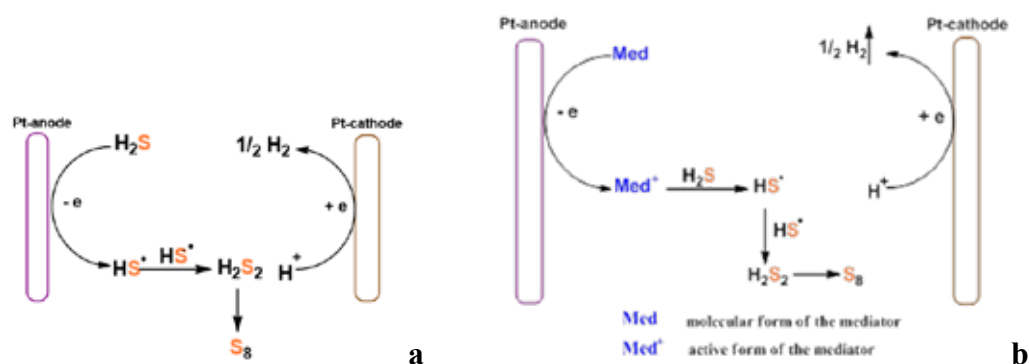
1. Шевкопляс В.Н., Галушко Л.Я. Патент 68874 А Украина, 2003.
2. Шевкопляс В.Н., Бутузова Л.Ф., Лящук С.Н. Вопросы химии и хим. технологии, 2011, 1, 77.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СЕРЫ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА

**Шинкарь Е.В., Никитина И.А., Мухамедова А.Д., Костин П.В., Тишков А.А.,
Берберова Н.Т.**

Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, 16, г. Астрахань, 414056, Россия,
e-mail: berberova@astu.org

Водород – самое универсальное и экологически чистое топливо. Идет постоянный поиск новых способов производства водорода, в основном из возобновляемых ресурсов. Одним из практически неисчерпаемых источников водорода является H_2S , запасы которого очень велики в природе и промышленных процессах переработки газа, газового конденсата и нефти. Существует ряд термических и каталитических методов получения водорода из H_2S .¹⁻⁴ В работе предложен электрохимический метод разложения H_2S в условиях его прямого (а) и медиаторного (б) окисления в органических растворителях (CH_3CN , CH_2Cl_2 , *N*-метилпирролидон).



В случае прямого электролиза H_2 его выход варьировался от 19,2 до 44,0 об.%, причем максимум достигался в *N*-MP, а выход серы составил 20,3-46,6% мас. На эффективность превращений H_2S влияет природа фонового электролита (*n*- Bu_4NClO_4 , NaClO_4). В качестве медиаторов (Med) использовали органические (DABCO, метилзамещенный трифениламин, метил- и бромзамещенные трифенилфосфины) и неорганические (бромид тетрабутиламмония) соединения, а также металлокомплексы Cr(V), Sn(IV) с редокс-активными лигандами, что позволило снизить энергетические затраты на синтез водорода.

Литература

1. Ponomareva, M.A.; Sosna, M. Kh.; Sokolinsky, Yu.A. *Oil & Gas Chem.*, 2022, **1**, 42.
2. Startsev, A.N. [et al.] *Rus. J. of Phys. Chem.*, 2014, **88**(6), 943.
3. Startsev, A.N.; Zakharov, I.I. [et al.] *Doklady Phys. Chem.*, 2004, **399**(1), 283.
4. Tay Yu, C.; Abhijeet, R.; Jirawan, C. [et al.] *Int. J. Hydrogen Energy*, 2016, **41**(16), 1.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-13-00201.

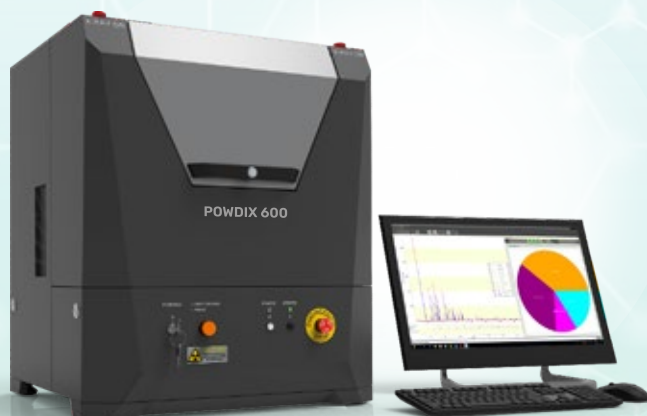
Рентгеновский дифрактометр

POWDIX 600

Спектрометр электронного парамагнитного резонанса

CMS8400 NEO**КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ**

- Вертикальный гониометр геометрии Theta-Theta
- Высокая точность и надежность
- Экспресс-измерения
- Автоматический качественный и количественный анализ
- Широкий ассортимент аксессуаров
- Внесен в Госреестр СИ РФ

**КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ**

- Температурные исследования в диапазоне -170°C – $+550^{\circ}\text{C}$
- Кинетика химических реакций – проточная система для жидких образцов
- Электрохимия
- Фотоиндуцированные реакции
- Анизотропные свойства кристаллов

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ

- Свободные радикалы
- Антиоксиданты
- Фотохимия радикалов
- Комплексы переходных металлов
- Наноматериалы
- Спиновые ловушки и пр.



- Поставка аналитического оборудования
- Разработка ПО
- Реализация кастомизированных решений
- Монтаж/инсталляция
- Обучение пользователей
- Сервисное обслуживание

ООО «АДАНИ РУС»
190005, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Набережная
Обводного канала 118А, литер Х, помещение 7-Н, офис 7
+7 (812) 389-23-88

**АКСЕЛЬФАРМ**

ООО «Аксельфарм» – динамично развивающаяся компания с полным спектром услуг по дистрибуции лекарственных препаратов, медицинских изделий, БАДов, а также продукции косметологического назначения.

Компания реализует свою деятельность в партнерстве с ведущими отечественными производителями, планомерно расширяя продуктовый портфель как в части различных терапевтических направлений, так и в части разнообразия лекарственных форм, а также дозировок выпускаемых продуктов.

- Логистическая сеть компании выстроена с помощью региональных субдистрибьюторов и охватывает всю территорию Российской Федерации.
- Для формирования устойчивого спроса и эффективного продвижения производимой партнерами продукции сформирована профессиональная команда продвижения.

www.axelpharm.ru
info@axelpharm.ru


Экологические проблемы планеты становятся все более значимыми и тревожащими, поэтому инновации, которые помогали бы эти проблемы решить, не просто привлекают интерес, а приобретают поистине глобальную актуальность. Сохранение окружающей среды и природных ресурсов для будущих поколений – суть новой этики прогресса.

ПРОГРЕСС, БЕЗОПАСНЫЙ ДЛЯ ПРИРОДЫ

Компания «ФосАгро» – лидер российской химической промышленности выступила с инициативой создания фонда для финансовой и научной поддержки перспективных ученых-химиков, в сферу интересов которых попадают охрана окружающей среды, здравоохранение, продовольствие, повышение энергоэффективности и рациональное использование природных ресурсов.

В 2013 году между ЮНЕСКО, Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC) и компанией «ФосАгро» было подписано соглашение о партнерстве в создании программы грантов для ученых, занимающихся так называемой «зеленой химией». Предметом этого направления в науке является создание производственных технологий и материалов, безопасных для природы и человека.

Так родился проект «Зеленая химия для жизни», помогающий талантливой молодежи не только материальными средствами для

продолжения исследовательской работы и реализации проектов, но и плодотворным общением со старшими коллегами – видными современными химиками, и организацией информационного обмена в научной среде. Это первый проект в истории ЮНЕСКО и ООН, реализуемый за счет средств российского бизнеса. ФосАгро выделила более \$2,5 млн на развитие и реализацию проекта.

ТРИНАДЦАТЬ МУДРЕЦОВ

Отбор заявок на участие в проекте – обязанность компетентного жюри, в которое входят 13 ученых из 11 стран. Проект-победитель должен соответствовать нескольким критериям. Оцениваются его научная новизна, глобальная и локальная значимость, соответствие принципам «зеленой химии», компетентность молодого ученого и его команды, оснащенность института и лабораторий, в которых предполагается вести проект. Качество работ очень высокое, и членам жюри приходится порой вступать в длительные диспуты по той или иной кандидатуре.

НАУЧНЫЙ ПОИСК БЕЗ ГРАНИЦ

В 2016 году был учрежден специальный грант за исследования в области применения фосфогипса. В 2019 году в штаб-квартире ЮНЕСКО в Париже в рамках открытия Года Периодической таблицы химических элементов было принято решение продлить грантовую программу «Зеленая химия для жизни».

Проблемы экологического характера, к сожалению, есть во всем мире, и во всем мире есть ученые, которые предлагают решения для многих из этих проблем методами и технологиями «зеленой химии». Это наглядно демонстрирует география проекта «Зеленая химия для жизни». За время реализации программы на рассмотрение жюри поступило более 1000 заявок, 55 грантов было присуждено молодым ученым из 33 стран. Самый главный результат грантовой программы – практическое применение разработок молодых исследователей.



ЖИЗНЬ ПОСЛЕ ГРАНТА

Дважды за первые 10 лет существования проекта победителями конкурса становились ученые из России. Одна из них – Галина Калашникова, заведующая лабораторией синтеза и исследования минералоподобных функциональных материалов Центра наноматериаловедения ФИЦ КНЦ РАН. В 2019 году грант «Зеленая химия для жизни» был присужден проекту «Разработка универсального и экологичного метода гранулирования синтетических титаносиликатных материалов (сорбентов, катализаторов, регенерируемых матриц), полученных на основе отходов региональных горно-обогатительных и металлургических производств».

Галина Калашникова:

– В рамках проекта удалось опробовать 5 разных методов грануляции для новых материалов с широким функционалом свойств (сорбенты, катализаторы для органического синтеза, керамические матрицы), которые мы синтезируем именно в нашей лаборатории. Мы смогли выбрать наиболее подходящий метод получения гранул для каждого из них, а также приоритетные нетоксичные связующие. Полученные гранулы были опробованы в качестве сорбентов для очистки жидких радиоактивных отходов от радиоизотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr совместно с лабораторией хроматографии радиоактивных элементов и станцией переработки радиоактивных отходов Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН.

Работа по проекту продолжается, несмотря на окончание действия гранта. Все полученные средства были потрачены только на выполнение основной задачи, благодаря чему мы приобрели необходимое оборудование, получили хороший опыт в работе с зарубежными коллегами и выстроили приоритетные направления дальнейшей совместной работы со многими научно-исследовательскими организациями.

Хочется пожелать организаторам конкурса еще больше новых проектов, которые были бы направлены на самые острые вопросы взаимосвязи экологии и современной промышленности.





Поставка оборудования:

- Для исследования свойств порошков и пористых структур
- Для элементного и изотопного анализа
- Для исследований методами молекулярной спектроскопии
- Дополнительного оборудования для пробоподготовки, комплектующих и аксессуаров

Демо-лаборатория

Лаборатория в Москве, в которой на постоянной основе ведутся работы по решению различных аналитических задач.

Обслуживание

Специалисты оказывают техническую и методическую поддержку, выполняют инженерные работы.

Химическая
промышленность



Атомная
промышленность



Нефтехимия и
нефтепереработка



Геология и
геохимия



Металлургия



119071, Москва, Ленинский пр. 19, стр.1, +7 495 256-24-84, info@lab-test.ru, www.lab-test.ru

ООО «ФИЗЛАБПРИБОР»

ИНН 7726611884

117587, г. Москва

Варшавское ш., д. 125Ж, корп. 5 (а/я 108)

Тел. +7 495 9 888 725



**Поставщик
оборудования
и расходных материалов**

- Аналитика
- Очистка биомолекул
- Разделение полимеров
- Реактивы



ФЛП
ФизЛабПрибор



РУСАТОМ
МЕТАЛЛТЕХ
РОСАТОМ

ООО «Русатом МеталлТех»
Москва, Каширское ш. 3, корп. 2, стр. 9
+7 (499) 949-41-10
metaltech@rosatom.ru
www.rusmetaltech.tvel.ru

ООО «Русатом МеталлТех»

Электролитический кальций – лучший продукт для черной и цветной металлургии. Продукт является эталоном качества не только на российском, но и на международных рынках.

Продуктовая линейка

- Металлический кальций и сплавы
- Кальциевая инъекционная проволока
- Порошковая проволока

> 9000

ТОНН

кальциевой продукции
реализуется ежегодно

Раскрываем потенциал друг друга, **чтобы делать мир лучше**

**СИБУР — это крупнейшая
интегрированная нефтегазохимическая
компания России и одна из наиболее
динамично развивающихся компаний
глобальной нефтегазохимии**



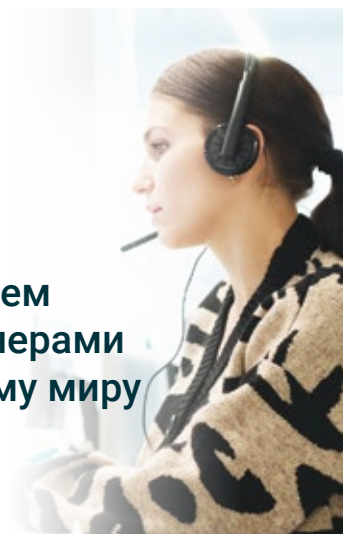
www.sibur.ru



**Производитель
полимеров № 1
в России**



**Работаем
с партнерами
по всему миру**



**Держим курс
на устойчивое
развитие**



НАДЕЖНАЯ МЕБЕЛЬ ДЛЯ ВАШЕЙ ЛАБОРАТОРИИ
ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

manager@laboratoroff.ru
+7 (473) 229 37 73
www.laboratoroff.ru

В ассортименте
лабораторная мебель
из полипропилена



**SMART
STAT**

**ПРОИЗВОДСТВО И ПОСТАВКА ПРИБОРОВ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

20 лет
НА РЫНКЕ НАУЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

Российская научно-производственная компания SmartStat специализируется на разработке, серийном производстве и поставке современного научного оборудования для электрохимии.

Собственное производство
в Московской области

Отлаженная поставка и
обслуживание продукции

Быстрая доставка из наличия
по всей России

Максимальная ориентированность
на клиента

Профессионализм и
собственные компетенции

Высочайший уровень продукции



Научное издание

XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ

*посвящённый
190-летию Д.И. Менделеева
и 300-летию основания Российской академии наук*

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Издано в авторской редакции и корректуре.

Формат 60x90/16. Бумага офсетная.
Тираж 16 экз. Заказ № 1742.
Подписано в печать 6.10.2024 г.

Отпечатано в ООО "Адмирал Принт"
121309, город Москва, улица Баркляя, 13, стр.1



7 — 12.10.2024

Федеральная территория «Сириус»