



XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД
ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

В 7 ТОМАХ

ТОМ 3

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 3

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 3. — М.: ООО «Адмирал Принт», 2024. — 356 с. — ISBN 978-5-00202-667-8 (т. 3)

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 978-5-00202-667-8 (т. 3)
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.

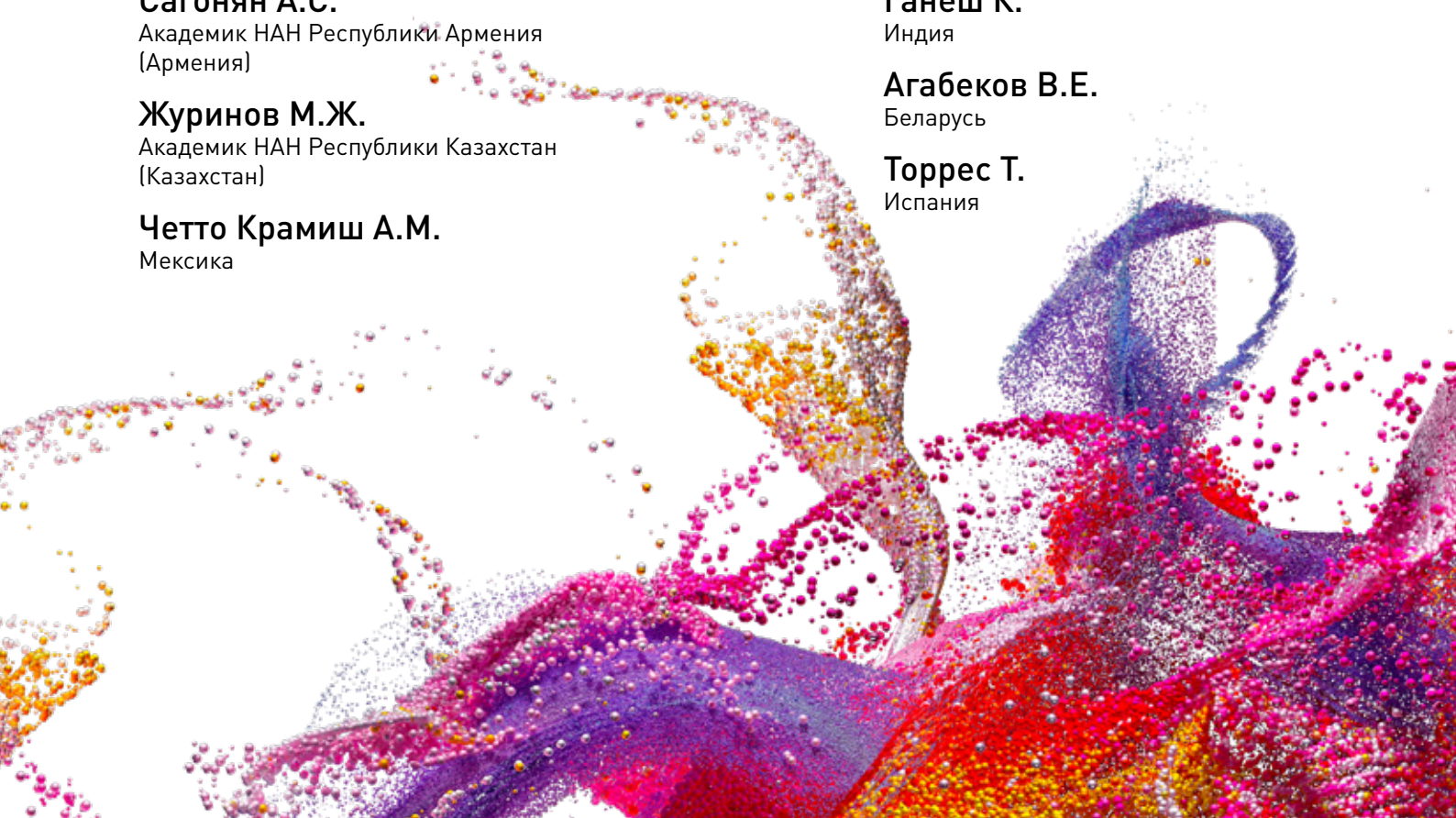
Индия

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



ЭЛЕМЕНТ



Вилитек

СПОНСОР



ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



mesol

НАУКА +

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 7

КАТАЛИЗ В НАУКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

9

Ключевые доклады	10
Приглашенные доклады	13
Устные доклады	28
Постерные доклады	71

СЕКЦИЯ 8

ПОЛИМЕРЫ И ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(ВКЛЮЧАЯ 21 МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ

"MODERN TRENDS IN DENDRIMER CHEMISTRY

AND APPLICATIONS")

122

Ключевые доклады	123
Приглашенные доклады	126
Устные доклады	141
Постерные доклады	166

СЕКЦИЯ 9

ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

268

Ключевые доклады	269
Приглашенные доклады	273
Устные доклады	287
Постерные доклады	318



СЕКЦИЯ 7

КАТАЛИЗ В НАУКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

АДСОРБЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННАЯ СЕГРЕГАЦИЯ В БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРАХ НА ОСНОВЕ ПАЛЛАДИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

**Бухтияров А.В.^а, Панафидин М.А.^а, Машковский И.С.^б, Зубавичус Я.В.^а,
Бухтияров В.И.^в, Стахеев А.Ю.^б**

^аЦКП «СКИФ» Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630559,
Наукоград Кольцово, Никольский пр-кт 1,
e-mail: avb@catalysis.ru

^бИнститут органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, 119991,
Москва, Ленинский пр-кт 47,

^вИнститут катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090,
Новосибирск, пр-кт Ак. Лаврентьева 5

Биметаллические наносистемы привлекают широкое внимание исследователей, в первую очередь, в области гетерогенного катализа. Хорошо известно, что введение второго металла в биметаллические катализаторы приводит либо к изменениям электронных свойств активного металла, либо к созданию нужной структуры активных центров, что в свою очередь приводит к улучшению их каталитических свойств в целом ряде промышленно важных реакций. Структура поверхности в таких системах может быть целенаправленно модифицирована за счёт использования эффектов адсорбционно-индуцированной сегрегации при проведении определенных предварительных обработок катализаторов в различных газовых средах при определённой температуре. Так, сегрегационные эффекты могут быть использованы в качестве инструмента для тонкой настройки структуры активных центров на поверхности катализаторов.

В настоящей лекции рассмотрена природа сегрегационных процессов для двух типов систем: твердых растворов замещения (Pd-Au, Pd-Ag) и интерметаллических соединений (Pd-In), а также продемонстрирована возможность их использования для «тонкой настройки» активных центров на поверхности катализаторов. В итоге, при помощи методов РФЭС, ИК адсорбированного СО и каталитического тестирования показано, что сегрегационные эффекты являются эффективным инструментом для настройки поверхности, позволяющим оптимизировать активность и селективность катализатора в реакциях селективного гидрирования тройной $C\equiv C$ связи

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ЦКП «СКИФ» Института катализа СО РАН (FWUR-2024-0042).

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПАЛЛАДИЯ

Галушко А.С., Анаников В.П.

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

В докладе будет представлен цикл работ по исследованию динамического поведения металлических нано- и субнано размерных частиц на поверхности гетерогенного катализатора в условиях реакции на примере палладия. Современное понимание протекания каталитических органических реакций на основе комплексов металлов и наноразмерных частиц основано на многопоточных и сопряженных процессах превращения одной формы металла в другие, инициированное реагентами химической реакции. Поэтому даже при использовании одного предшественника катализатора, например, растворимой соли, в системе образуются сотни новых соединений с данным металлом, которые способны проявлять высокую каталитическую активность. Если для исследования гомогенных систем подходят такие методы анализа, как масс-спектрометрия или ЯМР-спектроскопия, то исследование динамического поведения в гетерогенных системах требует использования уже методов электронной микроскопии. Для этого необходимо разработать новую методологию исследования каталитических систем в рамках концепции динамического катализа, а также систематизировать и классифицировать поверхностные динамические явления, которые отличаются по своему проявлению от поведения гомогенных каталитических систем.

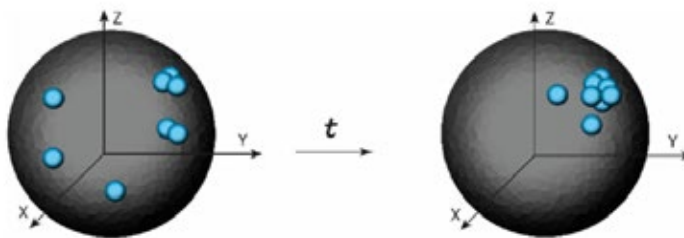


Рисунок 1. Пример динамического поведения наночастиц на поверхности носителя

Литература

1. Galushko A.S., Ananikov V.P., "4D Catalysis Concept Enabled by Multilevel Data Collection and Machine Learning Analysis", *ACS Catal.*, **2024**, 14, 161-175.
2. Galushko A.S., Boiko D.A., Pentsak E.O., Eremin D.B., Ananikov V. P. "Time-Resolved Formation and Operation Maps of Pd Catalysts Suggest a Key Role of Single Atom Centers in Cross-Coupling", *J. Am. Chem. Soc.*, **2023**, 145, 16, 9092-9103.
3. Eremin D.B., Galushko A.S., Boiko D.A., Pentsak E.O., Chistyakov I.V., Ananikov V. P., "Toward Totally Defined Nanocatalysis: Deep Learning Reveals the Extraordinary Activity of Single Pd/C Particles", *J. Am. Chem. Soc.*, **2022**, 144, 13, 6071–6079

НОВЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ИССЛЕДОВАНИЯХ МЕХАНИЗМОВ КАТАЛИЗА

Шмидт А.Ф., Курохтина А.А., Ларина Е.В., Лагода Н.А.

*Иркутский государственный университет, 664003, Иркутск, К. Маркса 1
e-mail: aschmidt@chem.isu.ru*

Исследования закономерностей кинетики реакции представляют собой чрезвычайно эффективный инструмент для установления тонких деталей механизмов каталитических реакций. Использование кинетических методов в исследованиях каталитических процессов связано с высокой трудоемкостью сбора кинетических данных, а также их корректной обработки с применением процедур дифференцирования для определения скоростей реакций, являющихся главным традиционно измеряемым кинетическим параметром. В докладе на примере реакций кросс-сочетания арилгалогенидов и родственных процессов обсуждаются подходы к исследованию их механизмов с помощью анализа кинетических закономерностей, основанные на применении исключительно интегральных кинетических данных без необходимости их дифференцирования. В частности, представлены примеры использования первичных кинетических данных о концентрациях веществ-участников реакции для исследований закономерностей дифференциальной селективности катализатора, определяемой в различных узлах сопряжения сложных каталитических процессов в условиях т.н. естественной и искусственной многомаршрутности. Получаемые результаты позволяют дискриминировать альтернативные гипотезы механизмов сложных химических реакций. В частности, для катализируемых соединениями палладия реакций кросс-сочетания с помощью указанных подходов в условиях реальных каталитических экспериментов были получены уникальные данные о направлениях превращений каталитически активных частиц, а также роли субстратов и дополнительных компонентов каталитических систем в этих превращениях. В докладе также представлены примеры использования интегральных кинетических данных для построения описательных и предсказательных моделей сложных каталитических процессов, использующих алгоритмы машинного обучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-23-00382.

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ РУТЕНИЯ(II) С 1,10-ФЕНАНТРОЛИНОМ

**Абель А.С.,^а Ионова В.А.,^а Морозков Г.В.,^а Харламова А.Д.,^а
Аверин А.Д.,^а Бессмертных-Лемён А.Г.,^б Белецкая И.П.^а**

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова
119991, Москва, Ленинские Горы, 1-3,
e-mail: antonabel@list.ru

^бInstitut de Chimie Moléculaire de l'Université de Bourgogne (ICMUB),
UMR CNRS 6302, 9 avenue A. Savary, 21078 Dijon Cedex, France

Полипиридиновые комплексы рутения(II) обладают уникальным сочетанием электрохимических и фотофизических свойств, благодаря которым находят широкое применение в качестве фотокатализаторов и компонентов фотовольтаических ячеек,^{1,2} но значительная стоимость соединений рутения ограничивает их применение. Решениями данной проблемы являются повышение активности катализаторов, что позволяет снизить их загрузку, а также разработка способов их отделения от реакционной смеси для повторного использования.

В докладе будут рассмотрены способы получения новых гомогенных и гетерогенных фотокатализаторов на основе комплексов рутения(II) с замещенными 1,10-фенантролинами (Рис. 1), а также преимущества и ограничения их применения в различных фотокатализируемых реакциях.

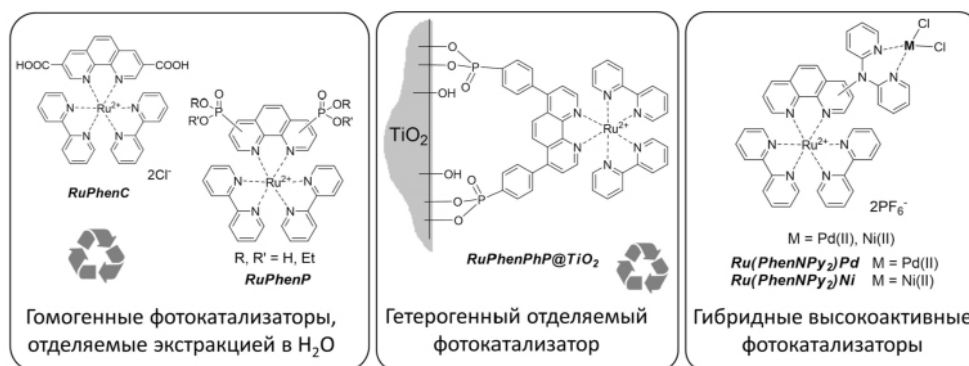


Рисунок 1. Фотокатализаторы, изученные в данной работе.

Литература

1. Juris A., Balzani V. *Coord. Chem. Rev.*, 1988, **84**, 85.
2. Tucker J. W., Stephenson C. R. *J. Org. Chem.*, 2012, **77**, 1617.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проекты 22-73-00031 и 24-43-00069.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ БИОМИМЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СЕЛЕКТИВНОЙ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Брыляков К.П.

*Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект 47,
e-mail: bryliakov@ioc.ac.ru*

Разработка высокоэффективных и экологически безопасных подходов к селективной окислительной функционализации C–H и C=C групп органических соединений является актуальной тематикой на стыке синтетической химии и катализа. Повышенное внимание к данному направлению исследований во многом продиктовано растущей потребностью в гибких универсальных методах хемо- и региоселективной модификации биологически активных природных соединений и фармпрепаратов по C(sp³)–H группам. В частности, функционализация «на поздних стадиях», направленная на селективные превращения сложных молекул без необходимости введения направляющих или защитных групп, в настоящее время рассматривается как ключевая стратегия медицинской химии, позволяющая обеспечить быстрый доступ к широкому ряду производных и метаболитов и облегчающая проведение полных синтезов.¹

Катализаторы на основе переходных металлов широко используются в таких процессах, позволяя вовлекать «нефункциональные» алифатические C(sp³)–H группы в селективные превращения «на общих основаниях». Перспективным подходом представляется использование принципов *биомиметического* контроля химической селективности² для функционализации C(sp³)–H групп в сложных молекулах. Последние годы ознаменовались значительным ростом числа синтетических работ с использованием биомиметических систем на основе редокс-активных комплексов переходных металлов, моделирующих каталитические свойства природных металлоферментов оксигеназ (цитохром P450, метанмонооксигеназа и т.п.). В докладе освещаются последние достижения в области создания биомиметических каталитических систем для прямой окислительной модификации органических молекул и установления молекулярных механизмов их каталитического действия.

Литература

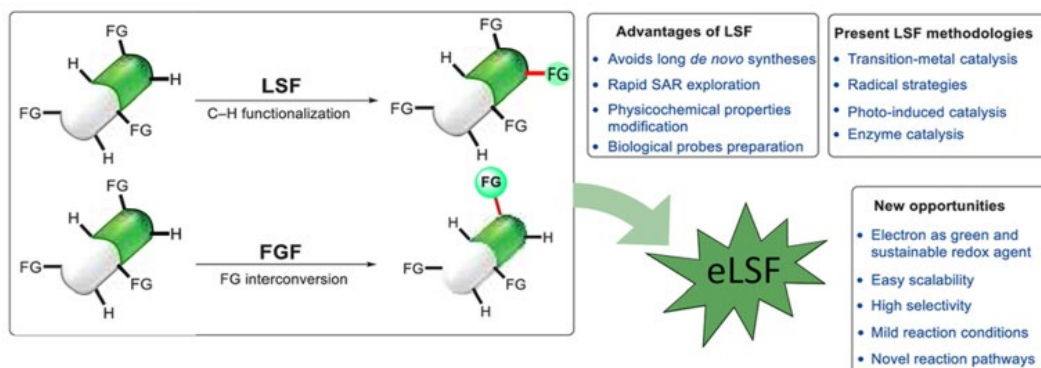
1. Börgel, J.; Ritter, T. *Chem.* 2020, **6**, 1877–1887.
2. Breslow, R. *Acc. Chem. Res.* 1980, **13**, 170–177.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ С-Н СВЯЗИ. ВОЗМОЖНОСТИ НА ПОЗДНИХ СТАДИЯХ СИНТЕЗА (e-LSF)

Будникова Ю.Г.

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН,
ул. Арбузова, 8, Казань, Россия.
e-mail: olefindirector@gmail.com

Особое значение органический электросинтез имеет в области получения новых лекарственных препаратов и биологически активных молекул, в первую очередь, путем прямой селективной функционализации связей С-Н. Прямая селективная модификация структурно сложных молекул на поздней стадии (LSF) имеет большой потенциал для открытия лекарств, материаловедения, защиты растений и т.д. Этот подход позволяет избежать полного синтеза целевой молекулы *de novo*, позволяет быстрое создание больших библиотек соединений и, следовательно, обещает быстрое исследование связей структура-активность. Наиболее синтетически полезной стратегией поздней стадии функционализации (LSF) часто является прямое селективное введение флуорофоров или небольших групп, в том числе CH_3 , OH , P , F , CF_3 в биологически значимую молекулу. Разработка методов органического синтеза, соответствующих концепции устойчивого развития и отвечающих таким принципам «зеленой» химии как атом-экономность, малоотходность, энергоэффективность, остается актуальной задачей, и электрохимический синтез имеет ряд преимуществ в решении этих проблем. Разработка эффективной стратегии направленного синтеза, базирующейся на прямой активации и функционализации С-Н связи с образованием новых С-Р, С-Н, С-С связей в мягких электрокаталитических условиях (в том числе eLSF), путем установления ключевых интермедиатов и их свойств, механизмов реакций комплексом современных методов, в том числе методами электрохимии и ЭПР составляет предмет настоящего сообщения.



Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-13-00017.

КАТАЛИЗ КАК ЧАСТЬ НОВЫХ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ХИМИИ АЦЕТИЛЕНА

Василевский С.Ф., Степанов А.А.

*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения
Российской Академии Наук, 630090, Новосибирск, улица Институтская 3,
e-mail: vasilev@kinetics.nsc.ru*

В статье представлен краткий обзор работ по химии ацетилена за лаконичного рассмотрения результатов, полученных в течение последней декады (2015-2024). Химия ацетилена и его производных динамично и эффективно развивается. Открываются новые фундаментальные реакции, принципиально дополняющие существующие знания о реакционной способности тройной углерод-углеродной связи, отражающие тенденции развития в этой области.

Школа Б.А. Трофимова предлагает эффективную стратегию развития неизвестных ранее реакций ацетилена, протекающих в высокоосновных средах. К таким реакциям относятся впервые осуществленное этинилирование $C=N$ -связи (реакция аза-Фаворского), неожиданная реакция димеризации-циклизации ацетиленовых кетон, приводящая в мягких условиях к оксаспиро[2.4]гептанонам и другим практически важным соединениям.

Школой В.П. Ананикова предложена оригинальная стратегия использования карбида кальция в качестве источника ацетилена, генерируемого *in situ* при реакции CaC_2 с водой.

Это является рациональным решением проблемы использования газообразного ацетилена, связанной с его огне- и взрывоопасностью.

Прогресс в химии ацетилена нашел отражение в серии работ И.В. Алабутина, в которых критически пересмотрены, дополнены и уточнены известные правила Д. Болдуина о циклизации ненасыщенных соединений, которые в течение многих лет были и остаются одним из самых эффективных инструментов органиков для синтеза соединений заданной структуры.

Работы И.П. Белецкой по усовершенствованию и модификации, одной из самой востребованной реакции Соногашеры, хорошо известны. Одной из таких новинок является использование катализатора межфазного переноса для активации каталитическая система $Ph_3P-TMEDA$.

Список литературы составляет 30 публикаций в высоко рейтинговых изданиях (2015-2024).

ЗОЛОТО-КАТАЛИЗИРУЕМАЯ ДИФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ АЛКИНОВ

Дубовцев А.Ю., Кукушкин В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет,
 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. 7/9,
 e-mail: a.dubovtsev@spbu.ru

На сегодняшний день золото – это один из наиболее востребованных и перспективных металлов в катализе¹. Важнейшая область применения «золотого» катализа неразрывно связана с уникальным сродством катионных частиц Au(I) и Au(III) к соединениям с кратными углерод-углеродными связями – тем самым соединения золота способны активировать ненасыщенные углеводороды связи в реакциях нуклеофильного присоединения. Особенно широко «золотой» катализ применяется для дифункционализации алкинов, способных, таким образом, выступать в роли молекулярных строительных блоков для удобной и лёгкой сборки ценных органических продуктов.

В представляемом докладе будут рассмотрены следующие релевантные теме результаты, полученные в научной группе докладчика, а именно:

- золото-катализируемое взаимодействие электрон-дефицитных и электрон-избыточных алкинов с OH- и NH-нуклеофилами позволяет селективно получать продукты гидроксирования и гидроаминирования [*Green Chem.*, 2022, 3314; *Adv. Synth. Catal.*, 2023, 2428; *Org. Lett.*, 2023, 8756];
- в присутствии комплексов золота инамиды и цианамиды вступают в реакции формального (2+2+2) и (4+2) циклоприсоединения, приводящие к полиаминозамещённым азатетрациклам [*Adv. Synth. Catal.*, 2020, 2672; *Org. Biomol. Chem.*, 2021, 4577; *J. Org. Chem.*, 2021, 7218; *J. Org. Chem.*, 2021, 17804];
- окисление активированных комплексами золота алкинов под действием кислород- и нитрен-трансферных реагентов, протекающее через образование высоко реакционноспособных «золотых» α -оксо и α -имино-карбенов, позволяет получать разнообразные O- и N-содержащие продукты [*Eur. J. Org. Chem.*, 2019, 1856; *J. Org. Chem.*, 2020, 745; *Org. Lett.*, 2019, 4116; *J. Org. Chem.*, 2021, 1748; *Adv. Synth. Catal.*, 2019, 2926; *Adv. Synth. Catal.*, 2022, 3697; *J. Org. Chem.*, 2021, 12964; *Org. Chem. Front.*, 2022, 5133].

Литература

I. Alyabyev S. B., Beletskaya I. P. *Russ. Chem. Rev.*, 2017, 86, 689.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-10008.

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЯМР И МРТ В ХИМИИ, БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

Буруева Д.Б.,^а Кононенко Е.С.,^а Сковпин И.В.,^а Сальников О.Г.,^а
Чуканов Н.В.,^а Чекменев Э.Ю.,^{б,в} Коптюг И.В.^а

^аМеждународный томографический центр СО РАН, ул. Институтская 3А, Новосибирск, 630090, Россия,
e-mail: koptug@tomo.nsc.ru

^бУниверситет Уэйна, Детройт, Мичиган, 48202, США

^вПрофессор РАН, Москва, 119991, Россия

Эффективным инструментом исследования физико-химических и биологических процессов различной природы являются методы на основе ЯМР. Из-за их ограниченной чувствительности огромное внимание уделяется методам гиперполяризации спинов для усиления сигналов в 10000 раз и более¹. Один из перспективных подходов основан на использовании параводорода в каталитическом гидрировании и родственных процессах, что позволяет гиперполяризовать ряд естественных метаболитов и лекарственных препаратов. Введение таких соединений в живой организм позволяет регистрировать их превращения *in vivo* для развития новых высокочувствительных методов биомедицинской диагностики широкого круга патологий. Использование процессов гомогенного и гетерогенного гидрирования параводородом позволяет, в частности, гиперполяризовать метаболиты цикла трикарбоновых кислот и ряд азот-содержащих лекарственных препаратов. Помимо этого, перспективным является использование гиперполяризованных газов для функциональной диагностики легких. На основе гидрирования параводородом реализован оригинальный подход для получения гиперполяризованных пропана, бутана и диэтилового эфира, и выполнены эксперименты по МРТ легких животных².

Использование параводорода в реакциях с участием H_2 применимо для значительного повышения чувствительности и при исследовании работающих реакторов и механизмов каталитических процессов. Для высокой эффективности таких исследований требуется также значительное повышение разрешения в спектрах ЯМР существенно неоднородных объектов. С этой целью предложен ряд перспективных подходов для значительного сужения сигналов ЯМР на основе оптимизации структуры каталитического слоя, использования свойств многоквантовых спиновых когерентностей, и применения метода ЯМР в нулевом магнитном поле.

Литература

1. J. Eills, et al. *Chem. Rev.*, 2023, **123**, 1417.
2. N.M. Ariyasingha, et al. *Chem. Eur. J.*, 2024, e202304071.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант №22-43-04426).

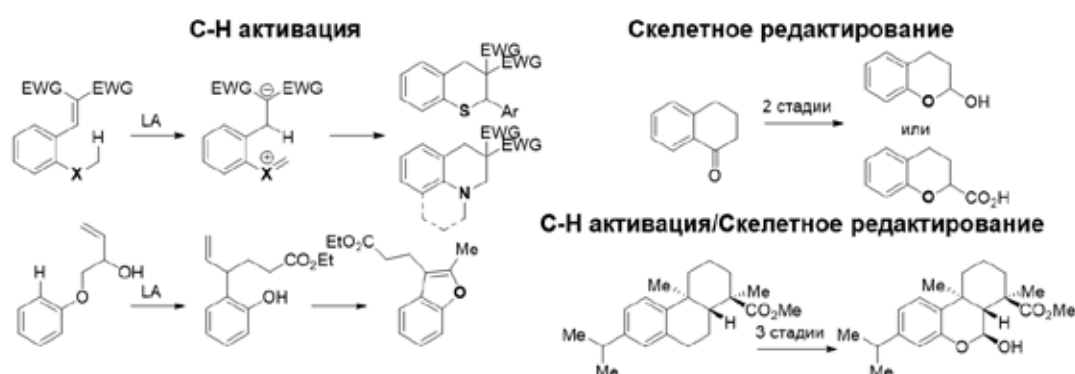
С-Н АКТИВАЦИЯ И СКЕЛЕТНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Иконникова В.А.,^а Смирнов А.Ю.,^а Баранов М.С.,^а
Корлюков А.А.,^б Михайлов А.А.^а

^аИнститут Биоорганической Химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской Академии Наук,
117997, Москва, улица Миклухо-Маклая, 16/10

e-mail: mikhaylov_andrey@yahoo.com

^бИнститут Элементорганической Химии им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, улица Вавилова, 28



Наиболее востребованными в современной органической химии являются реакции, протекающие с атомарной точностью.¹ В случае периферийного редактирования молекул на данный вызов отвечают реакции С-Н активации – прямого замещения атома водорода при неактивированном углеводородном фрагменте, а в случае скелетного редактирования – реакции «замещения атома» или его транспозиции. В настоящем докладе будут рассмотрены последние наши достижения в области С-Н активации и скелетного редактирования, направленные на синтез биологически релевантных полициклических молекул, таких как юлолидины, тетрагидрохинолины, тioxроманы, бензофураны и хроманы.²⁻⁵

Литература

1. Анаников В.П. et al. Усп. Химии 2014, **83**, 10, 885.
2. Shirokova V.V., Ikonnikova V.A., Solyev P.N., Lushpa V.A., Korlyukov A.A., Volodin A.D., Baleeva N.S., Baranov M.S., Mikhaylov A.A. Synthesis 2021, **53**, 24, 4689.
3. Zaitseva E., Smirnov A., Timashev V., Malyshev W., Zhigileva E., Mikhaylov A., Medvedev M., Baleeva N., Baranov M.S. Eur. J. Org. Chem. 2022, **25**, e202200547
4. Baleeva N.S., Smirnov A.Y., Zaitseva E.R., Ivanov D.S., Sokolov A.I., Mikhaylov A.A., Myasnyanko I.N., Baranov M.S. New. J. Chem. 2023, **47**, 12536.
5. Ikonnikova V.A., Zhigileva E.A., Al Mufti A.M., Solyev P.N., Baranov M.S., Mikhaylov A.A. J. Org. Chem. 2023, **88**, 9737.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проекты 20-73-10195, 21-73-00165.

ПОРИСТЫЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ КАК НОСИТЕЛИ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРИРОВАНИЯ И КРОСС-СОЧЕТАНИЯ

Никошвили Л.Ж., Бахвалова Е.С., Быков А.В., Сульман М.Г.

*Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, наб. А. Никитина 22,
e-mail: nlinda@science.tver.ru*

Изучение подходов к стабилизации каталитически активных форм металлов является перспективным направлением исследований. Функционализированные полимерные носители могут служить эффективным инструментом для стабилизации частиц активной фазы, осуществляющих различные органические превращения. В зависимости от характеристик каталитически активного металла, а также типа выбранного полимерного носителя можно варьировать каталитические свойства таких систем. Общая эффективность катализатора зависит как от состояния самого активного компонента, так и от взаимодействия между каталитически активными формами металла и носителем, обуславливающим морфологию катализатора.

Данная работа посвящена возможностям применения пористых ароматических полимеров в качестве носителей катализаторов гидрирования и кросс-сочетания. Исследованы факторы, влияющие на распределение металла-катализатора (Pd и Ru) в полимерном окружении. Показано, что ключевым параметром является относительная гидрофильность/гидрофобность ароматического полимера, обусловленная, главным образом, содержанием кислорода в сочетании с природой прекурсора металла и растворителя, выбранного для синтеза каталитической системы. В готовом полимер-содержащем катализаторе зачастую одновременно присутствует несколько форм металла-катализатора (молекулярная дисперсия соли или оксида, кластеры и наночастицы). При этом ароматическая природа полимеров способствует стабилизации маленьких металлосодержащих кластеров, которые, однако, не проявляют высокой активности в реакциях гидрирования и кросс-сочетания, но могут служить предшественниками каталитически активных форм и резервуаром металлов-катализаторов.

Необходимо отметить, что вопрос о стабильности полимер-содержащих каталитических систем в целом носит сложный характер и зависит от взаимного сочетания относительной гидрофобности как самого носителя, так и реагентов – участников каталитического процесса – и растворителя.

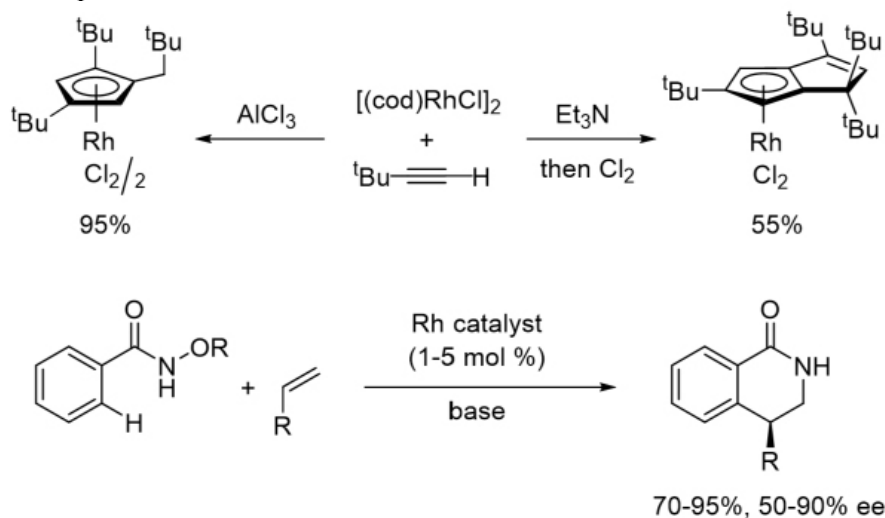
Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-29-00604.

ЦИКЛОПЕНТАДИЕНИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РОДИЯ КАК КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ АКТИВАЦИИ СВЯЗЕЙ С-Н

Перекалин Д.С., Колос А.В., Комарова А.А.

Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Вавилова 28,
e-mail: dsp@ineos.ac.ru

Разработан метод синтеза комплексов родия с объемными циклопентадиенильными лигандами на основе необычных реакций циклизации нескольких молекул *трет*-бутилацетилена.¹⁻³ Полученные комплексы являются эффективными катализаторами активации связей С-Н в ароматических соединениях. В частности, реакция ароматических гидроксамовых кислот с алкенами в присутствии таких комплексов позволяет получить ценные дигидроизохинолоны с высокими выходами и стереоселективностью. Экономическая оценка показывает, что вклад стоимости металла в общие затраты каталитического процесса в тонком органическом синтезе не является определяющим и редко превышает 10%.⁴



Литература

1. Trifonova, E.A.; Ankudinov, N.M.; Mikhaylov, A.A.; Chusov, D.A.; Nelyubina, Y.V.; Perekalin, D.S. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, **57**, 7714.
2. Kolos, A.V.; Nelyubina, Y.V.; Sundararaju, B.; Perekalin, D.S. *Organometallics* 2021, **40**, 3712.
3. Kolos, A.V.; Nelyubina, Y.V.; Podyacheva, E.S.; Perekalin, D.S. *Dalton Trans.* 2023, **52**, 17005.
4. Komarova, A.A.; Perekalin, D.S. *Organometallics* 2023, **42**, 1433.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-13-00345.

ПЛАЗМОННАЯ АКТИВАЦИЯ РЕАКЦИЙ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПУТЬ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Постников П.С., Гусельникова О.А., Воткина Д.Е.

*Томский политехнический университет, 634050 Томск, Ленина просп. 30.,
e-mail: postnikov@tpu.ru*

Развитие каталитических технологий привело к появлению концептуально новых подходов к инициированию классических реакций органического синтеза. К числу таковых можно отнести реакции на поверхности полупроводников¹, а также плазмон-инициируемые превращения.²

Среди плазмон-инициируемых превращений особая роль принадлежит реакциям гомолитического расщепления связей C-Het, позволяющим эффективно генерировать радикальные интермедиаты из прекурсоров различной структуры. Так, плазмонное инициирование успешно используется для генерации арильных радикалов из иодониевых солей³ и гомолитического расщепления алкоксиаминов с образованием стабильных нитроксидов.⁴

Не менее важным в химии плазмона является установление механизмов процессов активации органических молекул под действием возбуждаемых плазмонов. В данном контексте реакции гомолитического расщепления алкоксиаминов представляют собой уникальный инструмент для кинетических исследований закономерностей протекания плазмон-инициируемых реакций.⁵

Таким образом, представленный доклад будет посвящен фундаментальным и прикладным аспектам плазмонного инициирования органических реакций.

Литература

1. Yuan L., Geng Z., Xu J., Guo F., Han C. *Adv. Funct. Mater.*, 2021, **31**, 2101103.
2. Zhan C., Yi J., Hu S., Zhang X.-G., Wu D.-Y., Tian Z.-Q. *Nat. Rev. Methods. Primers.*, 2023, **3**, 12.
3. Miliutina E., Guselnikova O., Soldatova N.S., Bainova P., Elashnikov R., Fitl P., Kurten T., Yusubov M.S., Švorčík V., Valiev R.R., Chehimi M.M., Lyutakov O., Postnikov P.S. *J. Phys. Chem. Lett.*, 2020, **11**, 5770-5776.
4. Guselnikova O., Audran G., Joly J.-P., Trelin A., Tretyakov E.V., Svorcik V., Lyutakov O., Marque S.R.A., Postnikov P.S. *Chem. Sci.*, 2021, **12**, 4154-4161.
5. Votkina D., Petunin P., Miliutina E., Trelin A., Lyutakov O., Svorcik V., Audran G., Havot J., Valiev R., Valiulina L.I., Joly J.-P., Yamauchi Y., Mokkath J.H., Henzie J., Guselnikova O., Marque S.R.A., Postnikov P.S. *ACS Catal.*, 2023, **13**, 2822-2833.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-00117.

ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОНОВ. ПРЯМОЙ СИНТЕЗ ОРГАНОАЛКОКСИСИЛАНОВ

**Темников М.Н.,^{а,б} Крижановский И.Н.,^{а,б} Ратников А.К.,^{а,б}
Анисимов А.А.,^{а,б} Чистовалов С.М.,^{а,б} Музафаров А.М.^{а,в}**

^аИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Вавилова 28,
e-mail: temnikov88@gmail.com

^бТульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 300026, Тула, пр-т Ленина, 125

^вИнститут синтетических полимерных материалов имени Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, Профсоюзная улица, 70

Открытие прямого синтеза органохлорсиланов (ПСХ) стало революцией в мире силиконов. Оно позволило уйти от энергозатратного и малопродуктивного магнийорганического синтеза к производству кремнийорганических мономеров десятками тысяч тон с одного реактора, ознаменовав таким образом переход от первого ко второму поколению производства данных полимеров. Благодаря этому силиконы перешли из разряда материалов специального назначения к распространению практически на все области человеческой деятельности.¹

Очевидный недостаток ПСХ – экологические риски, связанные с использованием больших количеств хлорсодержащих соединений. Другой недостаток – экономический. Разделение смеси органохлорсиланов высокоэнергетический процесс, из-за малой разницы в их температурах кипения. Альтернативным бесхлорным сырьем для получения силиконов могут быть органоалкоксисиланы. Однако сегодня метод их синтеза подразумевает использование все тех же органохлорсиланов.

Разработка прямого синтеза органоалкоксисиланов может решить все вышеописанные проблемы. Помимо исключения хлора из процесса синтеза силиконов, использование органоалкоксисиланов выгодно и экономически из-за большей разницы в Ткип. В настоящем докладе проанализированы основные проблемы, возможные пути их решения, а также последние достижения в области прямого синтеза органоалкоксисиланов. Представлен первый пример получения метилметоксисиланов прямым взаимодействием кремния с диметилэфиром в граммовых количествах.

Литература

1. Temnikov M. N., et.al., *Russ. Chem. Rev.*, 2023, **92**, 7.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 22-13-00279).

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АКТИВАЦИИ СВЯЗЕЙ C=C И C-H

Селихов А.Н.,¹ Богачёв М.А.,¹ Кошелев И.В.,¹ Трифонов А.А.^{1,2}

¹Институт металлоорганической химии им. Г. А. Разуваева РАН,
603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Тropicина, 49.

²Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН,
119334, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, 28
E-mail: trif@iomc.ras.ru

В докладе сообщается о развитии новых подходов к активации кратных связей C-C, sp^3 - и sp^2 -C-H, основанных на применении соединений s- и f-элементов. Разработаны эффективные и селективные катализаторы межмолекулярных реакций гидросилилирования/деароматизации азотсодержащих гетероциклов пиридинового ряда, стереоселективной миграции двойной связи C=C в α -олефинах и аллилбензолах, гидрофосфинирования, гидроаминирования олефинов и ацетиленов, а также дегидросочетания гидросилов с аренами, аминами и фосфинами.

Синтезированы координационно ненасыщенные гидриды Ca(II), Yb(II), оказавшиеся эффективными катализаторами присоединения гидросилонов к азотсодержащим гетероциклам пиридинового типа при комнатной T. Деароматизация пиридинов и хинолинов легко протекает с исключительной региоселективностью и дает продукт 1,2-присоединения. Хемоселективность реакции сильно зависит от стерических свойств гетероциклического субстрата. Реакции $PhSiH_3$ с пиридинами и изохинолином приводят к продуктам двойного присоединения, тогда как для хинолина и его производных наблюдалось только однократное присоединение. Однако при повышении T реакции до 90°C тот же комплекс катализирует обратную реакцию: выделение исходного силана и восстановление ароматичности пиридиновой системы.

На основе гетробиметаллических алкильных ate-комплексов $\{[(p-tBuC_6H_4)_2CH]_3M^1\}M^2$ ($M^1 = Ca, Sr, Ba, Yb$; $M^2 = Li, Na, K$) разработаны эффективные катализаторы миграции терминальной двойной связи аллилбензолов и α -олефинов, позволяющие при комнатной T проводить реакцию с высокими скоростями и количественными конверсиями, достигая высокой E-стереоселективности (90-98 %). При исследовании реакций межмолекулярного гидроаминирования олефинов, катализируемых теми же соединениями, обнаружен синергический эффект ионов двух металлов, вызывающий согласованную активацию каждого из субстратов на разных металлических центрах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-73-10148.

НОВЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СЕЛЕКТИВНОЙ С-Н ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ФУРАНОВОГО ЯДРА

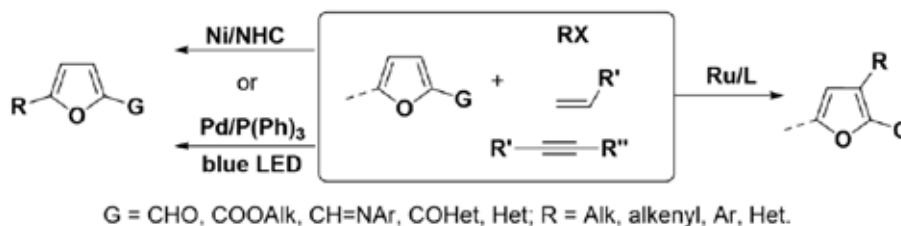
**Чернышев В.М.,^а Шепеленко К.Е.,^а Гнатюк И.Г., Лаврентьев И.В.,^а
Хазипов О.В.,^а Анаников В.П.^{а,б}**

^а Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М.И. Платова, 346428, Новочеркасск, ул. Просвещения 132,
e-mail: chern13@yandex.ru

^б Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, 119991, Москва, Ленинский проспект, 47

Производные фурфурола (FF) и 5-гидроксиметилфурфурола (HMF), используются в качестве возобновляемого сырья в химической промышленности.¹ Реакции С-Н функционализации фуранового ядра рассматриваются в качестве эффективного пути трансформации фурановых соединений-платформ в продукты с высокой добавленной стоимостью. Однако, известные методы С-Н функционализации фуранового ядра основаны преимущественно на реакциях с участием более активной связи С5-Н, тогда как активация менее реакционноспособных связей С3-Н и С4-Н затруднена.²

В докладе обсуждаются методы селективного С3-Н и С5-Н алкилирования, алкенилирования и (гетеро)арилирования фуранового ядра производных FF и HMF в условиях рутениевого, никелевого и палладиевого катализа, разработанные коллективом авторов.



Основное внимание уделяется решению проблемы селективности функционализации связей С3-Н и С5-Н за счет выбора металла, лигандов, направляющих и защитных групп, а также способов активации каталитической системы.^{3,4}

Литература

1. Chernyshev V.M., Kravchenko O.A., Ananikov V.P., *Russ. Chem. Rev.*, 2017, **86**, 357-387.
2. Karlinskii B.Y., Ananikov V.P. *ChemSusChem*, 2021, **14**, 558.
3. Khazipov O.V., Shepelenko K.E., Pasyukov D.V., Chesnokov V.V., Soliev S.B., Chernyshev V.M., Ananikov V.P. *Org. Chem. Front.* 2021, 8, 2515.
4. Chernyshev V.M., Ananikov V.P. *ACS Catal.* 2022, **12**, 1180.

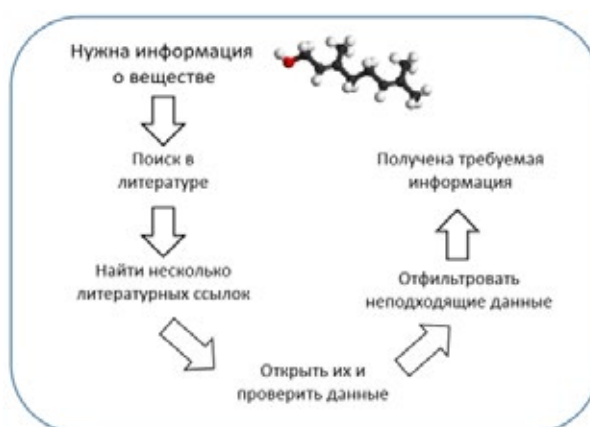
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-43-00081.

ПОИСК ХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕИНЖИНИРИНГУ

Чусов Д.А., Афанасьев О.И.

*Институт элементоорганических соединений им. А.Н.Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН),
119334, Россия, Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1.,
e-mail: Denis.chusov@gmail.com*

Поиск химической информации требует специальных подходов и отдельных баз данных. В данной работе обсуждаются варианты поиска экспериментальных свойств по структуре молекулы, а также решения обратной задачи – поиска структуры вещества по экспериментальным спектрам.



ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ГОМОГЕННЫХ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СЕЛЕКТИВНОЙ ДИМЕРИЗАЦИИ И ТРИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА

**Яхваров Д.Г.,^{а,б} Иванов А.С.,^{а,б} Никитин М.М.,^а Сафонов М.С.,^а
Сухов А.В.,^{а,б} Синяшин О.Г.^б**

^а*Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казанский федеральный университет,
420008, Казань, Кремлевская 18*

^б*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук»,
420088, Казань, Арбузова 8
e-mail: yakhvar@iopc.ru*

Системы на основе никеля и хрома являются одними из важнейших промышленных катализаторов гомогенной каталитической димеризации и тримеризации этилена.¹ Поиск новых экологически чистых и ресурсосберегающих методов получения таких катализаторов является одним из приоритетных направлений развития современной синтетической химии и катализа. Ранее нами показано, что сочетание классического химического синтеза и электрохимических методов может быть эффективно применено для разработки новых методов получения различных типов металлоорганических соединений и металлокомплексных катализаторов.²

В настоящей лекции будут рассмотрены разработанные промышленно-приемлемые электрохимические методы получения никельорганических комплексов состава $[\text{NiBr}(\text{Aryl})(\text{L})]$, где Aryl – *орто*-замещенная ароматическая группа, L – 2,2'-бипиридил (bpy) или замещенный 1,10-фенантролин (phen), а также хром-органических соединений (на примере 2-этилгексаноата хрома(III)), являющихся эффективными пре-катализаторами процессов получения бутена-1 и гексена-1 путём селективной каталитической димеризации и тримеризации этилена.^{3,4}

Литература

1. Bekmukhamedov G.E., Sukhov A.V., Kuchkaev A.M., Yakhvarov D.G. *Catalysts*, 2020, **10**, 498.
2. Gafurov Z.N., Kantyukov A.O., Kagilev A.A., Sinyashin O.G., Yakhvarov D.G. *Coord. Chem. Rev.*, 2021, **442**, 213986.
3. Яхваров Д.Г., Бекмухамедов Г.Э., Сухов А.В., Кучкаев А.М., Кучкаев А.М. *Патент 2778506 РФ*, 2022.
4. Яхваров Д.Г., Иванов А.С., Сухов А.В. *Патент 2822543 РФ*, 2024.

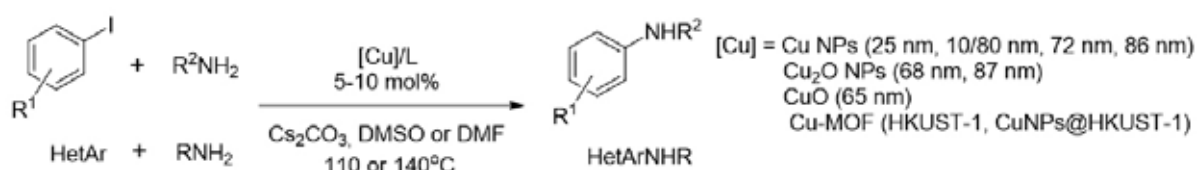
Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета ПРИОРИТЕТ-2030.

НАНОЧАСТИЦЫ МЕДИ В КАТАЛИЗЕ ОБРАЗОВАНИЯ СВЯЗИ УГЛЕРОД-АЗОТ

**Аверин А.Д., Фоменко В.И., Мурашкина А.В., Кулюхина Д.С.,
Борисова А.С., Малышева А.С., Белецкая И.П.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет,
г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 3;
e-mail: alexaveron@yandex.ru

Детальное исследование гомогенного Cu(I)-катализируемого арилирования и гетероарилирования разнообразных моноаминов, диаминов, полиоксидиаминов и полиаминов позволило выявить закономерности протекания данного процесса.¹ В настоящее время проводятся работы по использованию в качестве катализаторов образования связи C-N наночастиц меди и ее оксидов, а также медьсодержащих металлоорганических каркасных полимеров (Cu-МОКП). Изучены закономерности аминирования иод- и бромзамещенных аренов (производные бензола и нафталина) и гетероаренов (пиридина, хинолина) алифатическими моноаминами и NH-гетероциклами. В реакциях использованы свободные, не нанесенные на какие-либо подложки наночастицы меди различного среднего размера (25 нм, 72 нм, 86 нм, бифракционные наночастицы 10/80 нм), оксидов меди (I) и (II) (65, 68, 87 нм), проведено сравнение с катализом Cu-МОКП. Обнаружено, что наилучшие результаты (гетеро)арилирования получаются в присутствии таких лигандов, как 2-изобутирилциклогексанон, *rac*-БИНОЛ и, в ряде случаев, *L*-пролин. Проводилось систематическое изучение индукционного периода реакции, вымывания меди в раствор, анализ изменений в катализаторе с помощью электронной микроскопии ПЭМ и СЭМ, продемонстрирована возможность рециклизации нанокатализаторов до 8 раз, а Cu-МОКП – до 10 раз без заметного падения выходов продуктов реакции.



Литература

1. Averin A.D., Panchenko S.P., Murashkina A.V., Fomenko V.I., Kuliukhina D.S., Malysheva A.S., Yakushev A.A., Abel A.S., Beletskaya I.P. *Catalysts*, **2023**, *13*, 831.
2. Fomenko V.I., Murashkina A.V., Averin, A.D., Shesterkina, A.A., Beletskaya I.P. *Catalysts*, **2023**, *13*, 331.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, проект 24-23-00149.

ГИДРОСИЛИЛИРОВАНИЕ – КЛЮЧЕВОЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ SI-C-СВЯЗИ

Арзуманян А.В.^{a,b}

^a ИИЭОС им. А.Н. Несмеянова РАН, 119334, Москва, Вавилова 28с1, e-mail aav@ineos.ac.ru

^b ИИХС им. А.В. Топчиева РАН, 119991, Москва, Ленинский проспект 29.

Гидросилилирование – наиболее успешный и масштабный пример применения гомогенного Pt-катализа в промышленности. Кроме того, гидросилилирование является основным методом получения кремнийорганических соединений и одним из важнейших атом-экономичных подходов к функционализации ненасыщенных соединений.

Промышленными катализаторами гидросилилирования являются Pt комплексы – катализаторы Шпейера и Карстедта, применяющиеся с середины XX века. Однако интенсивные исследования этой реакции и разработка новых катализаторов все еще продолжаются. С одной стороны, это объясняется высокой стоимостью платины и ее необратимым «распылением», загрязнением продукции коллоидной платиной и т.д. С другой стороны, это связано с низкой активностью по отношению к пространственно-затрудненным соединениям, низкой селективностью при гидросилилировании функционализированных алкенов/алкинов и т.д.

В современной химии можно выделить несколько основных подходов, направленных на решение вышеупомянутых экономических, экологических и химико-технологических проблем:¹ (1) развитие органокатализируемого гидросилилирования; разработка новых гомогенных [M]-катализаторов на основе (2) дешевых и доступных 3d-металлов (3) металлов платинового ряда; и переход к регенерируемым и перерабатываемым гетерогенным и гетерофазным каталитическим системам. В докладе будут обсуждаться результаты нашей исследовательской группы в этих областях.²⁻⁵

Литература

1. Goncharova I.K., Beletskaya I.P., Arzumanyan A.V.* *ChemCatChem*, 2024, e202400155.
2. Goncharova I.K., Filatov S.A., Drozdov A.P., Arzumanyan A.V.*, et. al. *J. Catal.*, 2024, **429**, 115269.
3. Platonov D.N., Kholodkov D.N., Goncharova I.K., Belaya M.A., Tkachev Y.V., Dorovatovskii P.V., Volodin A.D., Korlyukov A.A., Tomilov Y.V.*, Arzumanyan A.V.*, Novikov R.A.* *Organometallics*, 2021, 40, **23**, 3876–3885.
4. Goncharova I.K., Novikov R.A., Beletskaya I.P., Arzumanyan A.V.* *J. Catal.*, 2023, **418**, 70–77.
5. Tereshchenko A.A., Goncharova I.K., Zagrebaev A.D., Chapeka S.V., Nechitailova I.O., Molodtsova D.Y., Soldatova A.V., Beletskaya I.P., Arzumanyan A.V.*, Guda A.A.* *SSRN*, 2024, DOI: 10.2139/ssrn.4829823.

ДИЗАЙН НОВЫХ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ Ni И Pd КАТАЛИЗАТОРОВ АДДИТИВНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЦИКЛООЛЕФИНОВ

**Бермешева Е.В.¹, Меденцева Е.И.¹, Хрычикова А.П.¹, Бояркин М.В.^{1,2},
Топчий М.А.¹, Асаченко А.Ф.¹, Бермешев М.В.¹**

¹ *Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН,
г. Москва, Ленинский проспект, д. 29*

² *Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20,
E-mail: Janebp@ips.ac.ru*

Разработка новых полимеров и упрощение подходов к получению уже существующих являются актуальными задачами получения современных материалов. Особенно перспективными мономерами для достижения данной цели представляются напряженные циклические мономеры, содержащие двойную связь в цикле. Наиболее распространены два механизма полимеризации этих мономеров – аддитивный и метатезисный. Аддитивная полимеризация на сегодняшний день является мало изученным процессом, для увеличения эффективности которого требуется создание универсальных катализаторов.

В докладе будут представлены результаты по разработке однокомпонентных Ni- и Pd-катализаторов аддитивной полимеризации (рис. 1), а также результаты исследований по оптимизации строения полученных комплексов как катализаторов полимеризации [1,2].

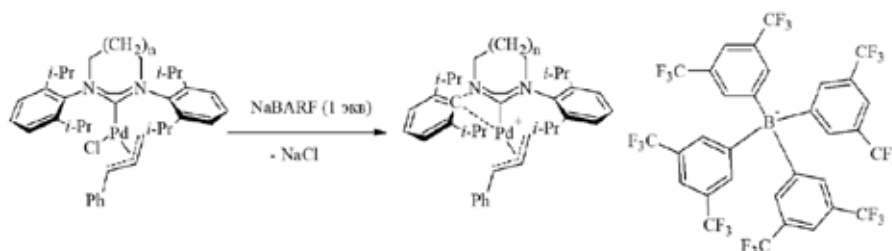


Рисунок 1. Синтез однокомпонентных Pd-комплексов.

Литература:

- [1] Bermesheva E. V. et al. Air-Stable Single-Component Pd-Catalysts for Vinyl-Addition Polymerization of Functionalized Norbornenes // ACS Catalysis. – 2022. – V. 12. – №. 24. – P. 15076-15090.
[2] Bermesheva E.V., Bermeshev M.V. Single-component Catalysts for Vinyl-addition Polymerization of Norbornene and its Derivatives // ChemCatChem – 2023.-V. 15. - №24.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ №21-73-20246 (синтез и исследование (NHC) Pd-комплексов).

АММОКСИДИРОВАНИЕ ПРОПИЛЕНА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ КАТАЛИЗАТОРА

Бодров А.С., Кузьмина Р.И., Ушаков А.В., Макеев М.А., Кореньков Б.Д.

*ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», 410012, г. Саратов, Астрахан-ская, 83
e-mail: kuzminaraisa@mail.ru*

Синтез нитрила акриловой кислоты окислительным аммонолизом пропилена остается основным промышленным процессом получения НАК, заключающийся в окислении пропилена и аммиака кислородом воздуха в кипящем слое многокомпонентного катализатора.

Наряду с нитрилом акриловой кислоты образуются ацетонитрил и синильная кислота. Степень превращения исходных веществ и селективность окисления определяется не только температурой, давлением и соотношением компонентов реакционной смеси, но и активностью катализатора.

Изучение механизма совместного окисления пропилена и аммиака указывает на необходимость формирования поверхности катализатора, включающей активные центры разной природы, ответственные за отщепление водорода пропилена в аллильном положении, адсорбцию электроноизбыточного аммиака, и окисные системы металлов, генерирующие кислород в результате своего окислительно-восстановительного превращения.

Результаты исследования физико-химического состояния модифицированных висмут-молибденовых систем на оксиде кремния показали, что катализатор обладает удельной поверхностью 30 м²/г, характеризуется размером пор 40-100 Å.

Рентгенофазовый анализ катализатора свидетельствует о наличии основных фаз: молибдата церия(III) и твердого раствора молибдатов никеля(II) и магния. Примесные фазы — молибдаты висмута (γ -Bi₂MoO₆) и железа (III), гидрат гидроксида-молибдата висмута BiMo₂O₇(OH)(H₂O)₂.

Анализ морфологии указывает преимущественно на сглаженные частицы шарообразной формы диаметром в диапазоне 5-50 мкм. Картирование элементного состава показывает, что частиц катализатора, работающего в процессе аммоксидирования пропилена, имеют выступы, в которых сконцентрированы кремний, кислород, молибден и железо. На сколе разрушенной частицы повышено содержание железа, снижено содержание кремния и кислорода. Катализатор обеспечивает общую конверсию пропилена до 98%, при этом выход нитрила акриловой кислоты составляет 77% вес, синильной кислоты 5,5% вес, ацетонитрила 2,5% вес.

ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫЙ КАТАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ ЛЬЮИСА

Болотин Д.С.

Институт химии Санкт-Петербургского государственного университета,
198504, Санкт-Петербург, Университетский проспект 26,
e-mail: d.s.bolotin@spbu.ru

Одним из направлений развития области электрофильного органокатализа является создание аналогов металлокомплексных катализаторов, имеющих в качестве центрального атома неметалл с кинетически лабильной координационной вакансией. В докладе будут обсуждаться последние экспериментальные данные о кинетике реакций в присутствии катионных халькогенорганических и галогенорганических соединений (Рисунок 1), производных ксенона, а также результаты квантово-химических расчётов, раскрывающих суть наблюдаемых каталитических эффектов.¹⁻⁶

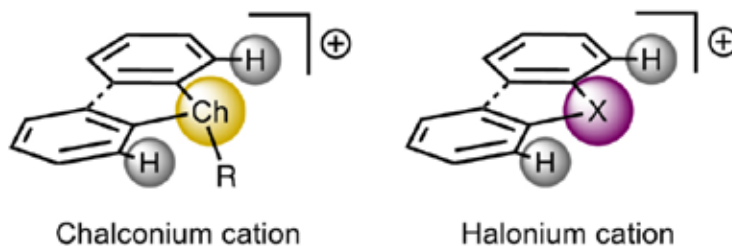


Рисунок 1. Структуры халькониевых и галониевых катионов, используемых для катализа.

Литература

1. Sysoeva A.A., Il'in M.V., Bolotin D.S., Cooperative Covalent–Noncovalent Organocatalysis of the Knoevenagel Condensation Based on an Amine and Iodonium Salt Mixture, *ChemCatChem*, 2024, e202301668.
2. Il'in M.V., Safinskaya Ya.V., Polonnikov D.A., Novikov A.S., Bolotin D.S., *J. Org. Chem.*, 2024, **89**, 2916.
3. Il'in M.V., Polonnikov D.A., Novikov A.S., Sysoeva A.A., Safinskaya Ya.V., Bolotin D.S., *ChemPlusChem*, 2023, **88**, e202300304.
4. Polonnikov D. A., Il'in M. V., Safinskaya Y. V., Aliyarova I. S., Novikov A. S., Bolotin D. S., *Org. Chem. Front.*, 2023, **10**, 169.
5. Sysoeva A. A., Novikov A. S., Il'in M. V., Bolotin D. S., *Catal. Sci. Technol.*, 2023, **13**, 3375.
6. Novikov A. S., Bolotin D. S., *J. Org. Chem.*, 2023, **88**, 1936.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект 23-73-10003) и СПбГУ (103922061).

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ В РЕЖИМЕ OPERANDO

Бурыкина Ю.В., Шлапаков Н.С., Кобелев А.Д., Анаников В.П.

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

Востребованность использования масс-спектрометрического подхода для анализа фотокаталитических реакционных смесей на сегодняшний день обусловлена повышением сложности этих систем и ограничениями других физико-химических методов анализа.¹

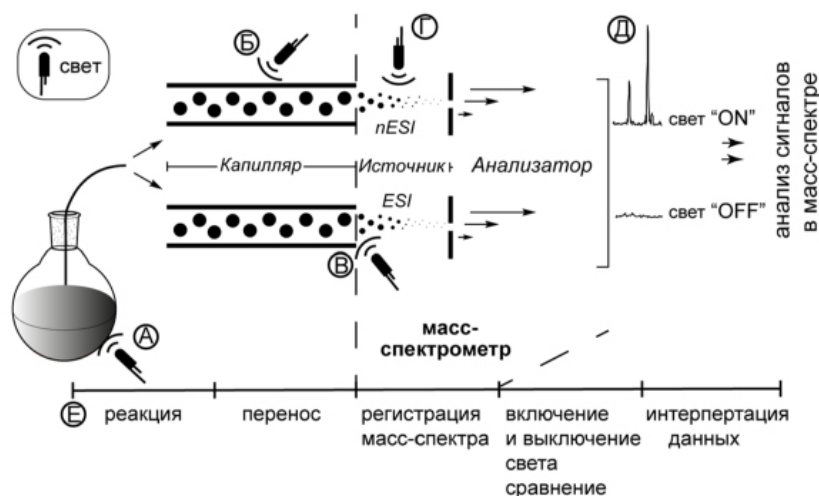


Рисунок 1. А – фотохимическая реакция, проводимая под воздействием света в колбе;
Б - фотохимическая реакция, проводимая под воздействием света в капилляре;
В - фотохимическая реакция, проводимая под воздействием света на конце иглы капилляра;
Г - фотохимическая реакция, проводимая под воздействием света в источнике ионизации nESI;
Д – регистрация масс-спектра при включении и выключении источника света;
Е – общая схема эксперимента.

С помощью масс-спектрометрии в режиме *operando* можно зарегистрировать интермедиаты, побочные и основные продукты реакции. Предложенный подход основан на непрерывной подаче реакционной смеси внутрь источника ионизации масс-спектрометра и облучением светом реакционного сосуда, прозрачного капилляра или иглы небулайзера, находящегося внутри источника ионизации (Рисунок 1).^{2,3}

Литература:

1. Shlapakov N.S., Kobelev A.D., Burykina J.V., Kostyukovich A.Yu., König B., Ananikov V.P., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2024, **63**, e202314208.
2. Burykina, J.V., Ananikov, V.P., *ChemPhotoChem*, 2023, **7**, e202200175.
3. Burykina, J.V.; Kobelev, A.D.; Shlapakov, N.S.; Kostyukovich, A.Yu.; Fakhrutdinov, A.N.; König, B.; Ananikov V.P., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2022, **61**, e202116888.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 24-13-00099.

СИНТЕЗ N-АЛКИЛ-5-МЕТИЛ-ПИРРОЛИДОНОВ НА НИКЕЛЬ-ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Нуждин А.Л., Шаманаев И.В., Бухтиярова М.В., Пахарукова В.П.,
Герасимов Е.Ю., Бухтиярова Г.А.

*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
630090, Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 5,
e-mail: gab@catalysis.ru*

Привлекательным подходом для получения N-алкил-5-метил-2-пирролидонов является гетерогенно-каталитическое восстановительное аминирование эфиров левулиновой кислоты первичными аминами в присутствии водорода. Поскольку этот процесс включает стадии образования имина и внутримолекулярного амидирования, фосфидные катализаторы, содержащие, как металлические, так и кислотные центры, представляют интерес для использования в этой реакции. В работе изучено влияние способа приготовления, природы носителя (SiO_2 , Al_2O_3) и прекурсора никеля и фосфора ($\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ или $\text{Ni}(\text{OH})_2$ и H_3PO_3) на каталитические свойства нанесённых Ni_2P катализаторов в реакции восстановительного аминирования этиллевулината (ЭЛ) n-гексиламином до N-гексил-5-метил-2-пирролидинона (ГМП).

Образцы катализаторов охарактеризованы методами элементного анализа, низкотемпературной адсорбции азота, NH₃-ТПД, РФА и ПЭМ; проведено исследование их каталитических свойств в проточном реакторе при варьировании температуры, давления, природы растворителя и амина.

Установлено, что катализатор $\text{Ni}_2\text{P}/\text{SiO}_2$, приготовленный с использованием $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ и восстановленный при 600 °С, обеспечивает выход ГМП $\geq 98\%$, при этом на селективность образования пирролидонов оказывает влияние природа первичного амина, растворителя и соотношение реагентов. Так, снижение селективности наблюдается в реакции с производными анилина, при использовании спиртовых растворителей (изопропанола и метанола) вместо толуола. Катализаторы $\text{NiP}/\text{Al}_2\text{O}_3$ показали более низкую селективность по ГМП из-за высокой скорости гидрирования этиллевулината в гамма-валеролактон. С учетом наблюдающихся зависимостей основного и побочных продуктов от природы катализатора и условий проведения реакции предложена схема превращения ЭЛ на никель-фосфидных катализаторах, учитывающая роль кислотных и металлических центров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН, с использованием оборудования ЦКП «Национальный центр исследования катализаторов».

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ SHAPE SELECTIVITY ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ И ЭНАНТИО СЕЛЕКТИВНОСТИ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вакулин И.В., Талипов Р.Ф., Зильберг Р.А.

*Уфимский университет науки и технологий, 450076, Уфа, Заки Валиди 32,
e-mail: VakulinIV@mail.ru*

На основе концепции Shape Selectivity предложен алгоритм прогнозирования избирательного влияния пористых материалов, например цеолиты, углеродные трубки, содержащих регулярные наноразмерные поры на химические и электродные процессы. В основе алгоритма лежит теоретическое определение энергий адсорбций молекулярных «зондов» на кластерах тестируемых пористых материалов.

Использование в качестве молекулярных «зондов» циклических переходных состояний многоканальных реакций, например реакции Принса, позволяет выявить по данным расчета разностей энергий адсорбций (Еадс) диапазон диаметров, при которых цеолиты и нанотрубки должны проявлять наибольшую избирательную каталитическую активность в отношении заданного канала¹⁻³. Характер зависимости расчетных величин Еадс переходного состояния от диаметра полости хорошо совпадает с экспериментальной зависимостью изменения энергии активации на тех же материалах.

Рассмотрение в качестве молекулярных «зондов» энантиомерных аналитов с использованием этого же алгоритма позволяет определять хиральные модификаторы в составе композитных энантиоселективных сенсоров с наибольшей энантиоселективностью в отношении заданного аналита. Применение алгоритма было апробировано не только на примере гомохиральных цеолитов и нанотрубок, но и на циклодекстринах, веществах молекулярного строения также обладающих полостями определенного размера. Во всех случаях наблюдается корреляция между расчетной разностью Еадс энантиомеров аналита на хиральном модификаторе и экспериментальным значением энантиоселективности сенсора содержащего тот же хиральный модификатор⁴⁻⁵.

Литература

1. Vakulin I.V., Talipov R.F., Yakupov I.Sh., Fakhretdinov D.Sh., Latypova E.R. *Catalysis Letters*. 2023. № 6/н. 1
2. Vakulin I., Rakhmanov D., Talipov R.F., Talipova G.R. *Catalysis Letters*. 2023. № 6/н. 1
3. Vakulin I., Talipov R., Fattakhov A., Chernova D. *Computational and Theoretical Chemistry*. 2023. Т. 1228. С. 114291
4. Vakulin I.V., Zilberg R.A., Galimov I.I., Sycheva M.A. *Chirality*. 2023. Т. 36. № 2. С. e23635.
5. Zilberg R.A., Vakulin I.V., Teres Yu.B., Maistrenko V.N. *Chirality*, 2022, **34**, 1472.

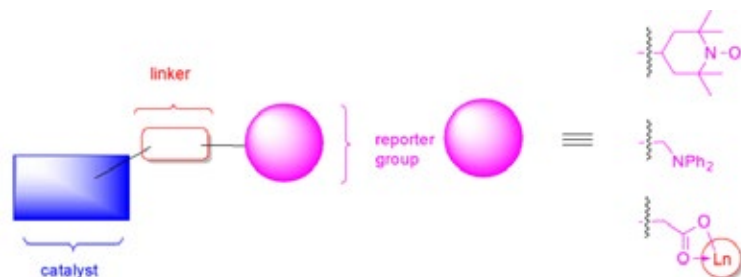
Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 23-73-00119.

БИСПИДИНОВЫЕ ОРГАНОКАТАЛИЗАТОРЫ С ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ И РАДИКАЛЬНЫМИ МЕТКАМИ

Далингер А.И., Медведько А.В., Закиров А.М., Чистяков Г.Д.,
Ермаков М.О., Вацадзе С.З.

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 31,
e-mail: vatsadze@ioc.ac.ru

Наша лаборатория работает над созданием катализаторов на основе каталитически активных биспиридинов, конъюгированных с дополнительными «репортерными» фрагментами. Изменения в отклике системы в процессе реакции возможно отслеживать за счет изменений отклика репортерной группы. В качестве последних используются: (а) хелатирующие фрагменты для координации к люминесцирующим ионам лантанидов; (б) свободно-радикальные фрагменты типа ТЕМПО; (в) люминесцирующие органические фрагменты типа триаминамов.



В докладе обсуждаются самые недавние достижения нашей лаборатории в области синтеза биспиридинов, меченых свободными радикалами^{1,2} и люминесцентными группами³, и возможности их применения к изучению механизма реакции Михаэля⁴.

Литература

1. Медведько А.В., Ермаков М.О., Вацадзе С.З. *Изв. АН, сер. хим.* 2024, **73**, 1460.
2. Закиров А.М., Медведько А.В., Трошин И.И., Третьяков Е.В., Вацадзе С.З. *Изв. АН, сер. хим.* 2024, **73**, 1253.
3. Orlova, A., Kozhevnikova, V., Dalinger, A., Tcelykh, L., Vatsadze, S., Utochnikova, V. *Dalton Trans.* 2024 – in press.
4. Dalinger, A.I., Mamedova, S.F., Burykina, Ju.V., Pentsak, E.O., Vatsadze, S.Z. *Chemistry*, 2024, **6**, 387.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-00122.

Ag-Cu КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ ДЛЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

**Грабченко М.В., Черных М.В., Михеева Н.Н., Муртазалиева А.М.,
Дорофеева Н.В., Савельева А.С., Мамонтов М.В., Салаев М.А.**

*Томский государственный университет, 634050, Томск, пр. Ленина 36
e-mail: marygra@mail.ru*

На сегодняшний день решение экологических проблем находится среди наиболее важных вызовов, стоящих перед химической наукой. Исследовательские программы, позволяющие снизить уровень вредных веществ от выхлопов промышленных предприятий, транспорта, тепло-, электростанций и, как следствие, предотвратить их негативное воздействие на здоровье людей и окружающую среду, являются весьма актуальными.

Многообещающими материалами являются оксиды переходных металлов и их смеси, которые используются в качестве носителей или модификаторов для катализаторов на основе благородных металлов. Совокупность свойств и большое количество активных центров таких материалов позволяют прогнозировать их высокие каталитические характеристики как при окислении CO, так и при горении сажи даже в отсутствие благородных металлов и/или их малом содержании.

Настоящая работа направлена на дизайн $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2\text{-MnOx}$ (SnO_2) и биметаллических Ag-Cu (содержание не более 2 масс. %) материалов на их основе, который позволяет получить доступные катализаторы окисления CO и частиц сажи с сохранением их высокой эффективности и стабильности. В работе будет показано влияние метода приготовления (цитратный, сольватермальный и темплатный) и состава катализатора на его структуру, текстуру и каталитическую активность. В работе обсуждается роль добавок MnOx и SnO_2 к $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ с точки зрения дефектной структуры и межфазных границ [1,2]. Отдельно рассматриваются особенности формирования биметаллических Ag-Cu частиц на поверхности смешанных оксидов в зависимости от соотношения металлов и, как следствие, особенности взаимодействия серебра с медью и поверхностью носителей, а также особенности изменения состояния активной поверхности под воздействием окислительно-восстановительных обработок.

Литература

1. Grabchenko M.V., Mamontov G.V., Chernykh M.V., Vodyankina O.V., Salaev M.A. *Chemical Engineering Science*, 2024, **285**, 119593.
2. Grabchenko M.V., Mikheeva N.N., Mamontov G.V., Cortés Corberán V., Litvintseva K.A., Svetlichnyi V.A., Vodyankina O.V., Salaev, M.A. *Nanomaterials*, 2023, **13(24)**, 3108.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-00109.

НОВЫЙ КЛАСС КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ НЕФТЕХИМИИ И ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ

Григорьева Н.Г., Кутепов Б.И.

*Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН,
450075, Уфа, проспект Октября, 141,
e-mail: ngg-ink@mail.ru*

В лаборатории приготовления катализаторов ИНК УФИЦ РАН разработаны новые материалы – гранулированные цеолиты с иерархической (микро/мезо/макро) пористой структурой. В новых каталитических системах концентрация и доступность активных центров выше, чем в традиционных цеолитсодержащих катализаторах, полученных гранулированием связующим веществом, из-за большей концентрации цеолита, наличия наноразмерных кристаллов и иерархической пористой структуры. Кроме того, такие катализаторы в 1,3-1,5 раза прочнее.

Новые материалы испытаны в качестве катализаторов ряда процессов нефтехимии и органического синтеза.

В ОАО «Газпром нефтехим Салават» внедрен в производстве этилбензола реакцией трансалкилирования диэтилбензола и бензола отечественный катализатор, созданный на основе гранулированного иерархического цеолита FAU (Yh).

Создается новое поколение катализаторов дегидроизомеризации дизельных топлив на основе гранул цеолита SAPO-11 с иерархической системой пор, на котором выход зимнего дизельного топлива более 95%.

Разработаны способы олигомеризации олефинов C_5 и C_{8-12} , цикленов (циклогептен, циклооктен, норборнен), виниларенов на иерархическом цеолите Yh, характеризующиеся высоким выходом олигомеров (до 99%) и более стабильной работой, чем на микропористых цеолитах.

В присутствии иерархических цеолитов Yh и ZSM-5h осуществлены эффективные синтезы (выходы до 95%) ряда практически значимых N-гетероциклических соединений (алкилпиридинов, алкилхинолинов, алкил-тетрагидрохинолинаминов, алкилбензимидазолов, бензодиазепинов), синтез которых на микропористых цеолитах или невозможен или идет с низким выходом.

На основе модифицированных металлами гранулированных иерархических цеолитов Yh и ZSM-5h разрабатываются новые каталитические системы для селективных гетерогеннокаталитических процессов получения метиларенов, изофорона, 3,5-ксиленола конденсацией ацетона.*

**Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант 23-13-00213.*

БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА И СИНТЕЗ-ГАЗА: КИНЕТИКА, МЕХАНИЗМ И СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН КАТАЛИЗАТОРОВ

Долганов А.В.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»
430005, Россия, Республика Мордовия, Саранск, ул. Большевистская, 68А
e-mail: dolganov_sasha@mail.ru

Одним из способов решения задачи быстрой утилизации лишнего CO_2 является его использование в качестве строительного блока для синтеза различных органических соединений по реакции Фишера-Тропша (процессы на основе синтез-газа (CO и H_2)). Разработка эффективных электрокаталитических систем, способных к сопряжённому процессу образования водорода и управляемому селективному восстановлению диоксида углерода до CO , для получения “зеленого” синтез-газа из насыщенных водных растворов CO_2 в воде, при низких значениях потенциала и скорости, является ключевой задачей для будущих электрохимических конверсионных технологий переработки CO_2 .

В докладе будут представлены данные о создании “молекулярных платформ” на основе гетероциклических органических соединений – акридина, пиридина, 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2"-терпиридинов, фенантролинов, бензаимидазолов, эфиров Ганца и др., способных, в зависимости от условий процесса, к генерированию водорода, а также к сопряжённому процессу образования водорода и управляемому селективному мультиэлектронному восстановлению диоксида углерода до CO , для получения смеси CO и H_2 (исходных компонентов в процессе Фишера-Тропша). Объединение в одной молекуле двух и более каталитических центров на основе пиридина, приводит к увеличению эффективности и селективности процесса (синэнергетический эффект). Кроме этого, использование моноалкилированных производных 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2"-терпиридинов, позволяет реализовывать электрокаталитические реакции селективного получения CO и H_2 на “раздельных” центрах: на незамещённом центре – образование CO , на замещённом - образование молекулярного водорода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124031100029-1-5)

СИНТЕЗ И КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАРБОНАТ-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦ РОДИЯ

Ершов В.А., Абхалимов Е.В., Ершов Б.Г.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской Академии Наук,
119071, Москва, Ленинский проспект 31к4
e-mail: vadersh@yandex.ru*

Наночастицы родия обладают выраженными каталитическими свойствами, ввиду чего используются в процессах гидрирования органических соединений, например бензола и циклогексана, аренов, хинолина и его производных, гидроформилирования олефинов, восстановления NO оксидом углерода, введения карбеноидов в амины, асимметричного арилирования, окисления CO, раскрытие кольца циклогексана и многих других¹.

Мы поставили цель синтезировать наночастицы родия методом, соответствующим принципам зеленой химии. Таким методом является восстановление ионов Rh^{3+} в присутствии оксалат-ионов $C_2O_4^{2-}$ под действием УФ-излучения. УФ-излучение используется для инициирования реакции восстановления ионов в процессах синтеза наночастиц многих металлов². Синтезированные наночастицы родия должны обладать высокой каталитической активностью. В качестве примера исследована модельная реакция восстановления 4-нитрофенола до 4-аминофенола.

Установлено, что действие УФ-излучения на деаэрированный водный раствор ионов родия ($0,5-3 \times 10^{-4}$ моль/л), содержащий оксалат-ионы ($1,5-9 \times 10^{-4}$ моль/л), инициирует восстановление ионов металла и образование наночастиц.

По данным ПЭМ, частицы имеют преимущественно сферическую форму. Средний диаметр составляет $3,4 \pm 0,8$ нм. По данным ДРС средний размер составляет $4,1 \pm 1,2$ нм. Дифракционная картина указывает на присутствие родия в металлической форме.

Установлено, что наночастицы обладают высокой каталитической активностью в реакции восстановления 4-нитрофенола до 4-аминофенола с использованием $NaBH_4$ в качестве восстановителя. Так, $\tau_{1/2}$ для данной реакции (C_0 [4-нитрофенол] = 1×10^{-4} моль/л, C [$NaBH_4$] = 1×10^{-2} моль/л, C [Rh] = 5×10^{-6} моль/л) составляет 330 секунд.

Литература

1. Krajczewski J., Ambroziak R., Kudelski A. *RSC Advances*, 2022, **12**, 2123-2144.
2. Abkhalimov E.V., Ershov V.A., Ershov B.G. *Journal of Nanoparticle Research*, 2019, **21**, 93.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования, проект № 122011300061-3.

СИНТЕЗ ИМИНОПРОИЗВОДНЫХ КАМФОРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ZN-СОДЕРЖАЩИХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

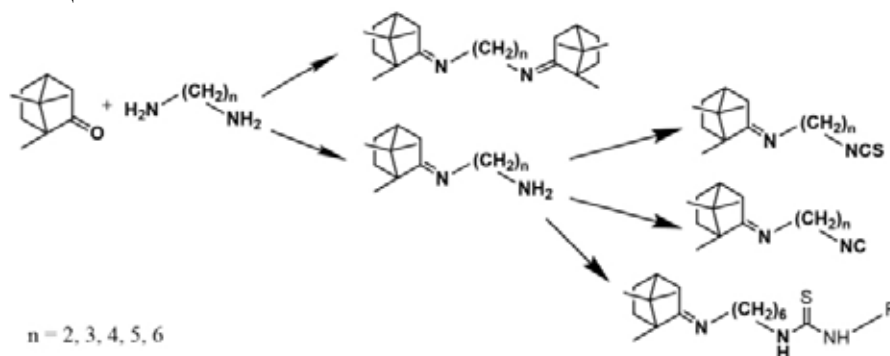
Заправдина Д.М., Бурмистров В.В., Зотов Ю.Л.

Волгоградский государственный технический университет, 400005, Волгоград, пр. Ленина, 28,
e-mail: vburmistrov@vstu.ru

В настоящее время можно отметить повышенный интерес к двум областям применения ионных жидкостей. Использование при переработке биомассы и лигноцеллюлозных отходов с получением ценных химических продуктов, а также разработка гетерогенных каталитических систем с участием ионных жидкостей или катализаторов, в которых ионная жидкость является структурным элементом.

Реакция конденсации камфоры с алифатическими диаминами не идет без использования катализаторов. Традиционно используемые катализаторы (п-толуолсульфоновая кислота, $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$, ZnCl_2) не позволяют достичь высоких выходов продуктов, даже при проведении реакции в жестких условиях (кипячение реакционной массы без растворителя). В данной работе нами предложено использовать Zn-содержащие ионные жидкости в качестве катализаторов данной реакции.

Была исследована каталитическая активность неоеканоата цинка и 2-этилгексаноата цинка в реакции конденсации камфоры с диаминами. Используемые нами карбоксилаты цинка показали более высокую эффективность по сравнению со стандартным катализатором данного процесса – $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$, а также позволяют проводить процесс в мягких условиях. Разработаны методы синтеза симметричных дииминов и монозамещенных иминов содержащих аминогруппу в присутствии Zn-содержащих ионных жидкостей с выходами более 90%. Полученные монозамещенные имины были модифицированы по аминогруппе с получением изотиоцианатов, изонитрилов и 1,3-дизамещенных тиомочевин.



Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение научных исследований межрегионального научно-образовательного центра Юга России при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № FSUS-2024-0001)

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ МЕТАЛЛУГЛЕРОДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРИРОВАНИЯ СО

Иванцов М.И., Крысанова К.О., Куликова М.В.

*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29,
e-mail: ivantsov@ips.ac.ru*

Катализаторы процессов переработки оксидов углерода являются основой реализуемых технологий получения ценных нефтехимических продуктов. В зависимости от природы и способа получения каталитической системы возможен синтез различных продуктов: метан, жидкие углеводороды, спирты и т.д. Поэтому поиск новых подходов к формированию катализаторов является актуальной задачей, так как результаты могут расширить способы влияния на свойства синтезируемых активных систем.

К одному из многообещающих способов формирования каталитических систем относится синтез материала в растворе солей прекурсоров металлов в субкритической воде – гидротермальный синтез. В процессе получения катализатора происходит формирование углеродсодержащей матрицы, образующейся в условиях гидротермальной карбонизации и параллельная иммобилизация ионов солей металлов на поверхность носителя благодаря взаимодействию с активными группами полимеров. В качестве сырья для получения каталитических систем могут применяться различные углеродсодержащие полимеры, как природного происхождения – целлюлоза, лигнин, так и синтетического – поливиниловый спирт.

Комплексом физико-химических методов установлено, что в процессе гидротермального синтеза происходит формирование ультрадисперсного композитного материала с распределёнными в углеродной матрице наночастицами оксидов металлов размером 6-30 нм, зависящим как от природы металла, так и от природы полимера. Установлено, что на основе полимерной молекулы формируется углеродная матрица с кислородсодержащими функциональными группами и фрагментами полиспоряжения в углеродном скелете. Эффективный захват ионов металлов из раствора подтвержден результатами РФЭС и АЭС-ИСП.

Применение метода гидротермального синтеза к формированию катализаторов гидрирования СО (20 атм, $\text{CO}/\text{H}_2=1/1$, 1000 ч^{-1}) позволило получить системы проявляющие высокую активность (X_{CO} , % достигала 100%), с селективностью по C_5+ от 20 до 90% и с содержанием изо-парафинов ~49-50 мас.% и олефинов ~20-30 мас.% в углеводородах C_5+ .

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИНХС РАН

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ ВОДОРОДА НА НЕСУЩЕЙ ОСНОВЕ ИЗ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Калинин И.А.,^{а,б} Росляков И.В.,^а Колесник И.В.,^{а,б} Напольский К.С.^{а,б}

^аМосковский государственный университет имени М.В.Ломоносова, факультет наук о материалах,
119991, Москва, Ленинские Горы, 1 стр. 73,

^бМосковский государственный университет имени М.В.Ломоносова, химический факультет,
119991, Москва, Ленинские Горы, 1 стр. 3
e-mail: ikalinin@inorg.chem.msu.ru

Водород в настоящее время является важной частью мировой экономики. Экологически чистое водородное топливо уже сейчас составляет значительную долю в энергетическом секторе. Прогнозируется, что в ближайшем будущем водород станет основой «зеленой» экономики и обеспечит устойчивое развитие человечества в будущем.

Однако водород характеризуется высокой пожаро- и взрывоопасностью. Термокаталитические сенсоры получили наибольшее распространение в промышленности для детектирования концентрации газообразного водорода. Их основным недостатком является высокое энергопотребление, необходимое для нагрева сенсора до рабочих температур (300 – 500 °С).

Целью данной работы является создание высокоэффективных термокаталитических сенсоров водорода с аттестацией функциональных характеристик полученных устройств в различных режимах работы.

Чувствительный элемент сенсоров представляет собой платиновый микронагреватель (толщина 500 нм), сформированный методом фотолитографии и магнетронного напыления на поверхности пористого анодного оксида алюминия (АОА) (толщина 30 мкм). В каналах АОА методом пропитки растворами комплексов Pd и Pt в мольном соотношении 3:1 с последующим отжигом получены частицы катализатора.

Чувствительность разработанного сенсора составляет 76 мВ/об. % водорода. Относительная влажность окружающего воздуха в диапазоне от 6 до 90% не влияет на величину сенсорного отклика. Малое время отклика сенсоров ($t_{90} = 0,4$ с) позволяет использовать импульсный режим питания, что позволяет снизить энергопотребление сенсора до 3,2 мВт.

Достигнутые в ходе работы характеристики термокаталитических сенсоров водорода свидетельствуют об их высокой конкурентоспособности на рынке и перспективах их практического применения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования РФ № 075-15-2021-1353.

МНОГОУРОВНЕВЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ОТ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДО АНСАМБЛЕЙ ЧАСТИЦ

Кашин А.С., Анаников В.П.

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

Реакции образования связей углерод-углерод и углерод-элемент, катализируемые соединениями переходных металлов, находят широкое применение в синтезе различных органических соединений. Эволюция взглядов на закономерности функционирования каталитических систем, используемых для осуществления данных превращений, привела к уходу от описания механизмов действия катализаторов в рамках рассмотрения трансформаций в координационной сфере единичного активного центра в сторону рассмотрения всего многообразия металлосодержащих частиц на различных уровнях организации каталитической системы, их взаимопревращений и вклада в общую эффективность процесса.



В рамках настоящей работы на примере реакций Хека¹ и C-S кросс-сочетания²⁻³, катализируемых соединениями палладия, меди и никеля, продемонстрирована эффективность использования многоуровневого подхода к изучению каталитических систем и оптимизации химических превращений с участием частиц и комплексов на основе переходных металлов. Особое внимание в работе уделяется применению метода жидкофазной электронной микроскопии для прямой визуализации каталитически активной фазы в режиме *in situ*.⁴

Литература

1. Kashin A.S., Prima D.O., Arkhipova D.M., Ananikov V.P. *Small*, 2023, **19**, 2302999.
2. Kashin A.S., Arkhipova D.M., Sahharova L.T., Burykina J.V., Ananikov V.P. *ACS Catal.*, 2024, **14**, 5804.
3. Kashin A.S., Degtyareva E.S., Eremin D.B., Ananikov V.P. *Nat. Commun.*, 2018, **9**, 2936.
4. Kashin A.S., Ananikov V.P. *Nat. Rev. Chem.*, 2019, **3**, 624.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 22-13-00286.

ФОТОКАТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА МЕТАЛЛА-*N*-ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ КАРБЕНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Кинжалов М.А., Кашина М. В.

Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация
e-mail: m.kinzhalov@spbu.ru

Синтетические подходы тонкого органического синтеза, основанные на реакциях, протекающих под действием видимого света в присутствии фотокатализатора, позволяют получать органические соединения из доступного сырья и проводить синтезы сложных молекул с высокой селективностью и в экологически безопасных условиях. Развитие обозначенных подходов может быть достигнуто благодаря созданию высокоэффективных фотокатализаторов.

За последние два десятилетия комплексы переходных элементов с диаминокарбеновыми лигандами заняли ключевое место в координационной химии и металлокомплексном катализе [1]. Одним из типов высокодонорных диаминокарбеновых лигандов являются металло-*N*-гетероциклические карбены (MNHC), структура которых представляет собой имидазол-2-илиден, в котором вместо атома углерода в основной цепи находится атом переходного металла. В рамках проекта по химии диаминокарбенов показано, что комплексы палладия(II) и платины(II) с MNHC лигандами могут быть получены в мягких условиях с помощью одnoreакторного протокола, включающего металлопромотируемое сочетание ароматических изоцианидных с α -аминоазагетероциклами [2, 3]. Pt^{II}-MNMHC проявили высокую каталитическую активность в реакции гидросилилирования алкинов при облучении синим или зеленым светом [3].

Литература

1. Kinzhalov M. A., Luzyanin K. V. Enabling Catalytic Applications of Aminocarbene Ligands through Rational Design. Chapter in book «Synthesis and Applications in Chemistry and Materials», World Scientific Publishing, 2024, 13, 3.
2. Mikherdov A. S., Kinzhalov M. A., Kukushkin V. Y. et al. *J. Am. Chem. Soc.* 2016, **138**, 14129
3. M. V. Kashina, M. A. Kinzhalov et al. *Dalton Trans.*, 2022, **51**, 6718.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект 23-075-67362-1-0409-000425 и с использованием оборудования Научного парка СПбГУ.

НОВЫЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ CO_2 ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИДИМОГО СВЕТА

Куренкова А.Ю.^а, Сараев А.А.^а, Пак А.Я.^б, Квашнин А.Г.^в, Козлова Е.А.^а

^а ФИЦ Институт катализа им. Г.К. Борескова Российской Академии Наук,
630090, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева 5,
e-mail: kozlova@catalysis.ru

^б Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Томск, проспект Ленина, дом 30

^в Сколковский институт науки и технологий, 121205, Москва, Большой бульвар, д. 30, стр. 1

Вовлечение диоксида углерода в химические превращения является актуальной задачей не только с точки зрения использования CO_2 в качестве источника углерода, но и для уменьшения его концентрации в атмосфере. Восстановление CO_2 в мягких условиях, протекает под действием дополнительных физических воздействий, таких, как световое излучение. Так, воздействие излучением видимого или УФ-диапазона снимает термодинамические ограничения на восстановительные превращения CO_2 . Основным фактором, сдерживающим практическое использование фотокаталитического восстановления CO_2 , является отсутствие эффективных гетерогенных фотокатализаторов, функционирующих под действием видимого света, составляющего около 43% солнечного спектра.¹

Наиболее часто в качестве полупроводникового фотокатализатора восстановления CO_2 используют диоксид титана, основным недостатком которого является отсутствие у чистого TiO_2 чувствительности к видимому свету. Основными стратегиями, приводящими к сенсibilизации TiO_2 к видимому свету и увеличению фотокаталитической активности за счет межфазных гетеропереходов, является создание композитов, в которых TiO_2 контактирует с более узкозонными полупроводниковыми материалами, а также нанесением металлических и неметаллических сокатализаторов на поверхность диоксида титана. В докладе будут рассмотрены новые композитные фотокатализаторы восстановления CO_2 под действием видимого света на основе диоксида титана, такие как, WB_5/TiO_2 , $\text{TiZrNbHfTaC}_5/\text{TiO}_2$, $\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{TiO}_2$ и $\text{TiO}_2/\text{Mo}_2\text{C}$, и произведено сравнение указанных материалов с традиционными гетероструктурами $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{TiO}_2$.

Литература

1. Козлова Е.А., Люлюкин М.Н., Козлов Д.В., Пармон В.Н. *Успехи химии*, 2021, **90**, 1529.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-13-00416.

ЦИКЛИЗАЦИЯ ДИГАЛОАРЕНОВ В ПРИСУТСТВИИ НИКЕЛЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ С ДИАЗАБУТАДИЕНОВЫМИ ЛИГАНДАМИ

Кудакина В.А., Астахова Н.Е., Уборский Д.В., Воскобойников А.З.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, химический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы, 1/3,
e-mail: vera257@list.ru

Благодаря своим уникальным свойствам трифенилены являются важными соединениями для создания новых материалов, а также для ряда применений в аналитической, медицинской и супрамолекулярной химии. Существует несколько стратегий синтеза производных трифенилена, однако большинство из них являются многостадийными. В связи с этим поиск и исследование альтернативных, более простых в практическом исполнении методов синтеза трифениленов является актуальной задачей.

Наиболее удобными субстратами для синтеза симметричных трифениленов являются 1,2-дигалоарены. Хотя в литературе описаны примеры получения трифениленов из 1,2-дигалоаренов в результате восстановительной циклизации в присутствии никелевых катализаторов,¹ систематически этот метод не исследовался.

В данной работе было продемонстрировано, что никелевые комплексы с азотсодержащими лигандами (в т.ч. с диазобутадиеновыми и 2,2'-бипиридиальными) являются эффективными катализаторами восстановительной циклизации различных 1,2-дигалоаренов с образованием соответствующих трифениленов. Сначала на примере модельных реакций для 1,2-дибромбензола и 1,2-дихлорбензола были определены оптимальные условия получения трифенилена. На следующем этапе, эффективность разработанной каталитической системы была исследована для 1,2-дигалоаренов с различными заместителями, в результате чего с выходами от умеренных до высоких были получены различные трифенилены (а также в некоторых случаях тетрафенилены), которые были охарактеризованы комплексом физико-химических методов.

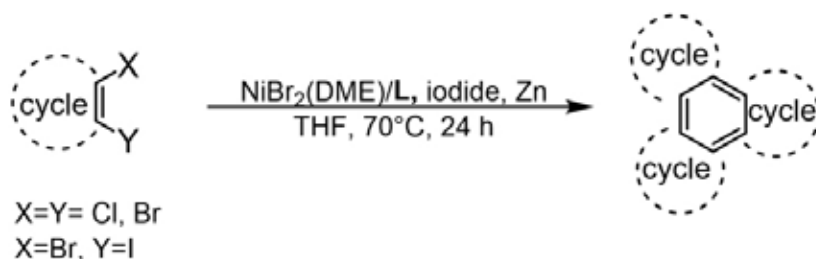


Рисунок 1. Реакция трициклизации 1,2-дигалоаренов в условиях никелевого катализа

Литература

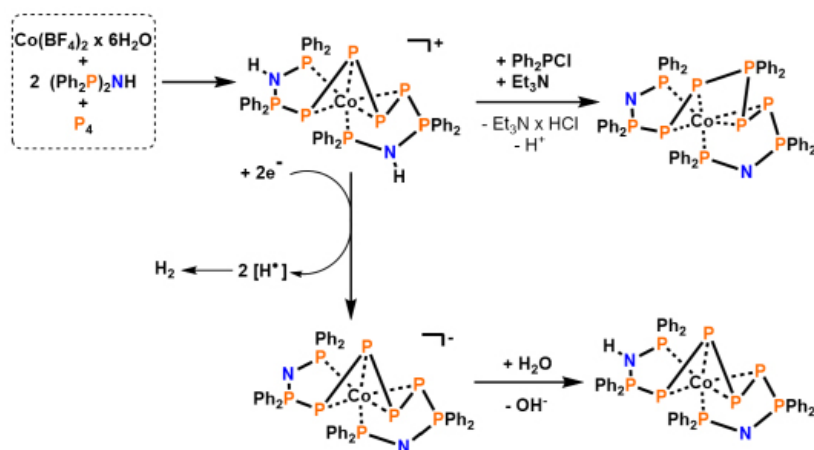
1. Li Z.-M., Shuai B., Ma C., Fang P., Mei T.-S. *Chinese Journal of Chemistry*, 2022, **40**, 2335

КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ БЕЛОГО ФОСФОРА КАК ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ ВОДЫ С ОБРАЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА

Кучкаев А.М., Кучкаев А.М., Сухов А.В., Зуева Е.М., Яхваров Д.Г.

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН,
ул. Арбузова 8, Казань, 420088, Россия,
e-mail: 95ka@bk.ru

Активация и трансформация тетраэдра белого фосфора (P_4) в координационной сфере комплексов переходных металлов получили интенсивное развитие в качестве экологичной альтернативы синтеза фосфорорганических соединений.^{1,2} Однако свойства полученных таким образом координационных соединений малоизучены.



В данной работе разработан удобный подход к активации и трансформации белого фосфора с использованием комплексов кобальта с лигандами PNP типа.³ Использование *N,N*-бис(дифенилфосфино)амин в качестве лиганда приводит к раскрытию тетраэдра белого фосфора в зигзагообразный тетрафосфорный фрагмент с образованием комплекса $[Co(Ph_2PNHP(Ph_2)PPPP(Ph_2)NHPP(Ph_2))]BF_4$. Данный комплекс вступает в реакцию с Ph_2PCl с функционализацией полифосфорного лиганда, а также проявляет каталитическую активность в реакции выделения водорода в условиях гомогенного электрокатализа.

Литература

- Giusti L., Landaeta V.R., Vanni M., Kelly J.A., Wolf R., Caporali M. *Coord. Chem. Rev.* **2021**, 441, 213927.
- Hoidn C.M., Scott D.J., Wolf R. *Chem. Eur. J.* **2021**, 27, 1886-1902.
- Kuchkaev A.M., Kuchkaev A.M., Khayarov K.R., Zueva E.M., Dobrynin A.B., Islamov D.R., Yakhvarov D.G. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2022**, 61, e202210973

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№23-13-00427)

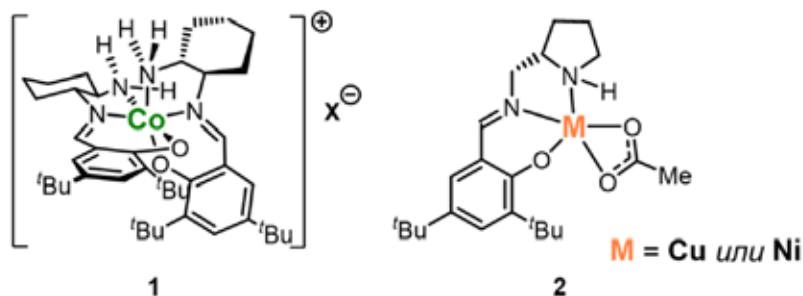
МЕТАЛЛ-ТЕМПЛАТНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ХИРАЛЬНЫХ ГОМОГЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Ларионов В.А., Малеев В.И., Белоконь Ю.Н.

*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, улица Вавилова 28, стр. 1
e-mail: larionov@ineos.ac.ru*

Бурное развитие асимметрического катализа происходит за счет разработки новых эффективных и многофункциональных хиральных каталитических систем. Одним из таких направлений является металл-темплатный подход построения энантиоселективных катализаторов¹.

В нашей лаборатории плодотворно ведутся работы в данном направлении и нами были разработаны новые классы гомогенных каталитических систем на основе хиральных октаэдрических катионных комплексов Co(III) -^{2,4} и комплексов Cu(II) и Ni(II) с лигандами NNO типа⁵. Полученные комплексы продемонстрировали высокую каталитическую активность и стереоселективный контроль в таких асимметрических реакциях как межфазное алкилирование субстрата О'Доннелла^{2,3} и реакция Анри⁵. В результате реакции были получены энантиомерно обогащенные производные аминокислот и нитроспиртов с энантиоселективностью до 96% ee^{2-5} .



Литература

1. Larionov V.A., Feringa B.L., Belokon Y.N. *Chem. Soc. Rev.*, 2021, **50**, 9715.
2. Belokon Y.N., Maleev V.I., North M., Larionov V.A., Savel'yeva T.F., Nijland A., Nelyubina Y.V. *ACS Catal.*, 2013, **3**, 1951.
3. Khromova O.V., Emelyanov M.A., Smol'yakov A.F., Fedyanin I.V., Maleev V.I., Larionov V.A. *Inorg. Chem.*, 2022, **61**, 5512.
4. Khromova O.V., Emelyanov M.A., Stoletova N.V., Bodunova E.E., Prima D.O., Smol'yakov A.F., Eremenko I.L., Maleev V.I., Larionov V.A. *Organometallics*, 2023, **42**, 2505.
5. Larionov V.A., Yashkina L.V., Medvedev M.G., Smol'yakov A.F., Peregudov A.S., Pavlov A.A., Eremin D.B., Savel'yeva T.F., Maleev V.I., Belokon Y.N. *Inorg. Chem.*, 2019, **58**, 11051.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, проект 20-13-00155-П.

ПРОСТЫЕ АЦИДОКОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ В КАТАЛИЗЕ РЕАКЦИЙ С-С СОЧЕТАНИЯ

Митченко С.А., Краснякова Т.В., Никитенко Д.В.

*Институт физико-органической химии и углеродной химии, 283048,
Донецк, ул. Р.Люксембург 70,
e-mail: samit_RPt@mail.ru*

Реакции кросс-сочетания стали универсальным инструментом в тонком органическом синтезе, т.к. они позволяют легко собирать сложные химические структуры из простых строительных блоков¹⁻². Ключевыми интермедиатами здесь обычно являются комплексы, содержащие два органических лиганда во взаимном цис-положении, восстановительное элиминирование (ВЭ) которых и дает продукты С-С сочетания. В классическом С-С сочетании¹ бис-органические производные металлов в основном образуются путем окислительного присоединения (ОП) С-электрофила к металлокомплексу с последующим переметаллированием образовавшегося интермедиата С-нуклеофилом. Мы показали на примере Pt, что такие бис-органические интермедиаты легко генерировать, используя электро- и нуклеофильные свойства Pt в разных степенях окисления, что исключает предварительный синтез элементоорганических нуклеофилов.

Электрофильные иодные комплексы Pt^{IV} способны активировать С≡С связь путем ее иодплатинирования, образуя бис-винильные производные Pt^{IV}, распад которых путем ВЭ дает продукты С(sp²)-С(sp²) сочетания^{2,3}. Использование нуклеофильных свойств Pt^{II} позволило осуществить⁴ последовательное ОП двух С-электрофилов – MeI и винилиодида – с образованием метилвинильного производного Pt^{IV}. Наконец, сочетание нуклеофильных свойств Pt^{II} в ОП и электрофильных свойств образующейся при этом Pt^{IV} в активации С≡С связи позволило⁵ генерировать комплексы MePt^{IV}(CH=CHI). В докладе будут освещены детали реакционных механизмов рассмотренных реакций С-С сочетания, приведено их обоснование.

Литература

1. Meijere, A.; Bräse S.; Oestreich M. Metal-catalyzed cross-coupling reactions and more. Wiley-VCH: Weinheim (Germany), 2014.
2. Ananikov, V. P.; Hazipov, O. V.; Beletskaya, I. P. *Chem. Asian J.* 2011, **6**, 306.
3. Mitchenko, S. A.; Ananikov, V. P.; Beletskaya, I. P.; Ustynyuk, Y. A. *Mendeleev Commun.* 1997, **7**, 130.
4. Krasnyakova, T. V.; Nikitenko, D. V.; Gogil'chin, A. S.; Krasniakova, I. O.; Guda, A. A.; Bugaev, A. L.; Mitchenko S. A. *Organometallics* 2023, **43**, 55.
5. Mitchenko, S. A.; Khazipov, O. V.; Krasnyakova, T. V. *Kinet. Catal.* 2014, **55**, 304.

Работа выполнена при финансовой Минобрнауки РФ, госзадание FRES-2023-0005.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОВМЕСТНЫХ ТРИОКСИДОВ МОЛИБДЕНА И ВОЛЬФРАМА НА ПРИМЕРЕ РЕАКЦИИ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО

Полубояринова К.К., Гаврилова Н.Н.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1
e-mail: poluboiarinova.k.k@muctr.ru*

Триоксиды молибдена и вольфрама – перспективные фотокатализаторы для очищения сточных вод от органических красителей. Их совместные триоксиды $\text{MoO}_3\text{-WO}_3$ проявляют синергетические эффекты в отношении различных свойств¹, но влияние мольного соотношения $[\text{Mo}]/[\text{W}]$ на фотокаталитические свойства остаётся малоизученным.

В данной работе оксиды $\text{MoO}_3\text{-WO}_3$ в широком диапазоне мольных соотношений $[\text{Mo}]/[\text{W}]$ получены осаждением из паравольфрамата и гептамолибдата аммония с последующей пептизацией осадка. На рисунке 1 приведены результаты фотокаталитического эксперимента в отношении модельной реакции разложения метиленового синего при времени воздействия УФ-излучения, составляющем 30 минут.

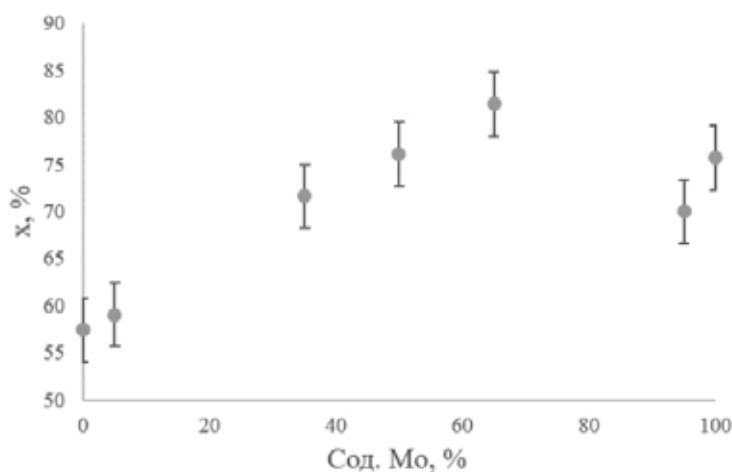


Рисунок 1. Зависимость фотокаталитической активности от содержания молибдена в образце.

По результатам РФА и КРС-спектроскопии фазовый состав образцов соответствует орторомбическому MoO_3 [05-0508] и моноклинному WO_3 [43-1035] при мольных соотношениях $[\text{Mo}]/[\text{W}]$ 95/5, 5/95; при близких соотношениях $[\text{Mo}]/[\text{W}]$ – составам $\text{W}_x\text{Mo}_{1-x}\text{O}_3$ (прим. [32-1391]). Наивероятнейшие диаметры частиц находятся в интервале 0,5-1,7 мкм в зависимости от их состава. Наибольшую каталитическую активность демонстрирует образец с мольным соотношением $[\text{Mo}]/[\text{W}]$ 65/35: в течение 180 минут разложение метиленового синего составляет 95,57%.

Литература:

I.N. Kumar, J. Kaur, V. Kumar, S. Preet, R. Kumar. Synthesis and dye adsorption studies of WO_3/MoO_3 nanocomposites//Journal of Physics and Chemistry of Solids. - №174. - 2023. - 111179.

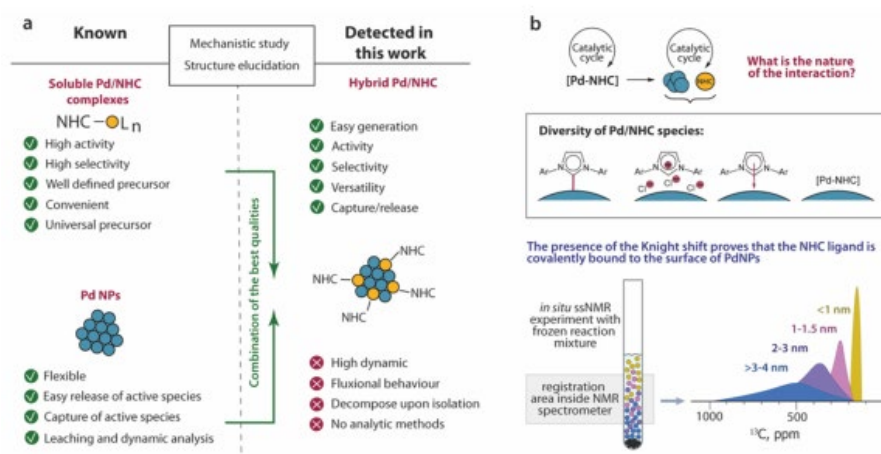
КОНЦЕПЦИЯ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ Pd/NHC

**Прима Д.О.,^а Куликовская Н.С.,^а Новиков Р.А.,^а Костюкович А.Ю.,^а
Бурыкина Ю.В.,^а Чернышев В.М.,^{а,б} Анаников В.П.^а**

^а Институт органической химии РАН им. Н.Д. Зелинского,
119991, Москва, Россия, Ленинский проспект 47,
e-mail: prima@ioc.ac.ru

^б Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова,
346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Россия, ул. Просвещения, 132

В своем недавнем исследовании нами впервые показано образование наночастиц Pd, модифицированных NHC-лигандом, в каталитических реакциях кросс-сочетания. Для этого разработан систематический подход KS SS NMR с использованием сложной техники NMR замороженных реакционных смесей для детектирования состояния лигандов на поверхности PdNPs и выявления типа связывания. На основании всех полученных данных впервые подтверждена концепция гибридного Pd/NHC-катализа – высокоэффективного подхода, сочетающего в себе лучшие свойства молекулярного гомогенного катализа (активность и селективность) с мощными свойствами гетерогенного катализа (гибкость и накопление/высвобождение активных частиц)¹.



Литература

1. Prima D.O., Kulikovskaya N.S., Novikov R.A., Kostyukovich A.Yu., Burykina J.V., Chernyshev V.M., Ananikov V.P., Angew. Chem., 2024, e202317468.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-43-02042.

БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ – НОВЫЕ ИДЕИ ДЛЯ НОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Редина Е.А., Уколова Н.Ю.

*Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 47,
e-mail: redinaea@ioc.ac.ru*

Современную химическую промышленность невозможно представить без каталитических технологий. Более 80% всех реализуемых промышленных процессов протекают в условиях гетерогенного катализа. Разработка новых типов гетерогенных катализаторов является ключевым моментом в создании новых технологий. Нами предложена концепция получения биметаллических катализаторов путем селективной модификации нанесенных наночастиц металла- активной фазы или оксидной подложки оксидами неблагородных металлов. Такой подход позволил создать высокоэффективную систему Pt/CeO₂-ZrO₂ гидрирования карбонильных соединений, α, β-ненасыщенных альдегидов до соответствующих спиртов и нитро-соединений различного строения до первичных аминов при комнатной температуре и атмосферном давлении, что обусловлено возможностью системы активировать водород уже при отрицательных температурах.^{1,2} Селективная модификация нанесенных наночастиц оксидов железа и меди золотом в ультранизких концентрациях (<0,1% масс.) обеспечивает высокую активность катализаторов в окислении глицерина до глицериновой кислоты в мягких условиях.³ А модификация Pd нанесенных наночастиц Cr₂O₃ позволяет создавать новый тип катализаторов с «обращенной» структурой и новыми активными центрами, обеспечивающими селективное гидрирование тройной связи C-C до двойной в обычных условиях.⁴ Модификация синтетического феллосиликата меди оксидом церия позволила получить активный катализатор уникального процесса «one-pot» гидроаминирования 5-NMF нитросоединениями с получением ряда труднодоступных N-фурфуриламинов.⁵

Литература

- 1 Redina E.A., Vikanova K.V., Kapustin G.I., et.al. *Eur. J. Org. Chem.* 2019. 4159-4170.
2. Redina E.A., Krylov I.B., Novikov R.A., et.al. *J. Catal* 2024, **429**, 115231.
3. Redina, E. A.; Kapustin, G. I.; Tkachenko, et.al. *Catal. Sci. Technol.* 2021, **11** (17), 5881–5897.
4. Kirichenko O.A., Redina E.A., Kapustin G. I., et.al. *Catalysts*. 2021, **11** (5), 583.
5. Redina E., Arkhipova N., Kapustin G., et.al. *ChemCatChem*. 2023, **15** (11), e202300294.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-73-00183.

СИНТЕТИЧЕСКИЙ ОПАЛ В СИНТЕЗЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛЕНИЯ СО

Еуров Д.А.,^а Курдюков Д.А.,^а Шилина М.И.,^б Удалова О.В.,^в
Веселов Г.Б.,^г Ведягин А.А.,^г Ростовщикова Т.Н.^б

^аФизико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской Академии Наук,
194021, Санкт-Петербург, Политехническая улица, 26

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, 1/3
e-mail: rtn@kinet.chem.msu.ru

^вФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова Российской Академии Наук,
119991, Москва, улица Косыгина, 4

^гИнститут катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской Академии Наук,
630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 5

Макропористые материалы на основе плотноупакованных субмикронных сферических частиц SiO_2 , так называемые, синтетические опалы, находят применение в катализе. Например, опалы, декорированные оксидами Со и Се, по своей эффективности в окислении СО значительно превосходят аналогичные образцы на микро- и мезопористых кремнеземах [1,2]. В настоящей работе найдены оптимальные условия использования опаловых матриц в синтезе катализаторов окисления СО. Опалы получали седиментацией частиц SiO_2 из водной суспензии с последующими сушкой и отжигом при 800°C [1,2]. Оксиды Со и Се вводили методом капиллярной пропитки, варьировали их содержание и порядок введения. Каталитическое окисление СО проводили в трех режимах: в инертной атмосфере, в избытке H_2 (CO-PROX) и в присутствии углеводородов и оксидов азота в условиях форсированного термического старения при нагреве до 1000°C, моделирующих работу трехмаршрутных автомобильных катализаторов. Во всех режимах проведения испытаний наилучшие результаты достигнуты для биметаллических систем, полученных при последовательном нанесении на опал оксида церия и затем оксида кобальта в соотношении 1:3. По данным СЭМ, ПЭМ, РФЭ- и ИК-спектроскопии только в этих условиях достигается равномерное распределение высокодисперсных оксидов на поверхности кремнеземной матрицы. Синергическое действие оксидов Со и Се проявляется в повышенной активности, селективности и стабильности полученных катализаторов.

Литература

1. Eurov D.A., Rostovshchikova T.N., Shilina M.I. et al. *Appl. Surf. Sci.*, 2022, **579**, 152121.
2. Rostovshchikova T.N., Eurov D.A., Kurdyukov D.A. et al. *Russ. J. Phys. Chem. A*, 2023, **97**, 1978.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ДИОКСИДА ТИТАНА В ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦАХ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ФОТОКАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Саломатина Е.В., Шелудько П.Н., Смирнова Л.А.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, Нижний Новгород, проспект Гагарина 23
e-mail: salomatina-ev@mail.ru*

Исследована фотокаталитическая активность наноструктурированного полититаноксида (НЧ ПТО), в том числе легированного НЧ Au или Ag, в полимерных матрицах различной природы – органо-неорганических сополимерах на основе полигидроксизтилметакрилата и хитозане. Проведено сравнение свойств НЧ ПТО и порошкообразного TiO_2 с частицами микронного размера анатазной полиморфной модификации. Полимерные композиты были приготовлены в виде пленок с использованием $\text{Ti}(\text{OPr}^i)_4$ и прекурсоров НЧ Au и Ag. В процессе синтеза формируются НЧ ПТО анатазного типа, размер которых можно контролировать от 6 до 900 нм, НЧ Au (6 - 12 нм) и НЧ Ag (9 – 20 нм), равномерно распределенных в органической полимерной матрице. Структура образцов подтверждена методами РМУ, РФА и ВИМС. Фотокаталитические свойства нанокompозитов подтверждены:

1) в разложении органических загрязнителей воды – азо-красителей (метиленового оранжевого, конго красного, метиленового синего), фенола и пара-нитрофенола при облучении УФ- и видимым светом. Оказалось, что наноструктурированный ПТО и ПТО, легированный НЧ Au или Ag, на 50% и 90-100% эффективнее порошкообразного TiO_2 , соответственно, при УФ-облучении. Более того, легирование ПТО наночастицами Au или Ag приводит к увеличению степени очистки воды в ~ 200 раз при облучении видимым светом.

2) в разложении загрязняющих веществ на поверхности материалов - на примере стеариновой кислоты как модельной системы.

3) при обезвреживании патологически опасных бактерий. Образцы инактивируют грамположительный микроорганизм *S. aureus* в концентрации 105 КОЕ/мл за 1 час на 100%, а грамотрицательный микроорганизм *E. coli* - в два раза (индекс антибактериальной активности образца составил 54,1%).

Разработанные материалы перспективны для использования в элементах систем водоподготовки и самоочищающихся покрытий при облучении светом в широком диапазоне длин волн.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 23-74-10069

НАНЕСЕННЫЕ Pt-MeOx КАТАЛИЗАТОРЫ НА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБКАХ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ ДБТ В СОСТАВЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Сальников А.В., Яшник С.А., Хайрулин С.Р.

*Институт катализа СО РАН,
630090, Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, 5,
e-mail: salnikov@catalysis.ru*

Окислительная каталитическая очистка является безводородной технологией удаления дибензотиофена (ДБТ) и его алкилзамещенных производных из дизельных фракций [1]. Использование молекулярного кислорода, как доступного окислителя, при мягких условиях определяет преимущества технологии в производстве низкосернистого дизельного топлива (с содержанием серы менее 10 ppm) на НПЗ малой мощности [2]. Для практического применения технологии необходимо решение ряда задач, в первую очередь связанных с разработкой высокоактивных и селективных катализаторов.

Углеродные наноматериалы (УНМ), в том числе с нанесёнными наночастицами Pt-металлов, представляют особый интерес, для окисления сернистых соединений при низких температурах и атмосферном давлении [3]. Целью работы являлась разработка эффективных катализаторов на УНТ для процесса окислительной каталитической очистки дизельных фракций.

В работе обсуждается влияние различных методов синтеза и активации УНТ, их модифицирования оксидами переходных (CuO, MoO_x и т.д.) и благородных (Pt, Pd) металлов на эффективность в целевом процессе. Комплексом физико-химических методов (CHNSO-анализ, ДТА-ТГ-МС, ПЭМ, ТПВ и др.) изучены состав, морфология и структура катализаторов. Проведен подбор оптимальных условий проведения процесса. Предложен механизм окисления типичных сернистых соединений углеводородного сырья (тиофен, бензотиофен, ДБТ и их алкилзамещенные производные).

Литература

1. Stanislaus A., Marafi A., Rana M.S. *Catalysis Today*, 2010, **152**, 1.
2. Ismagilov Z.R., Yashnik S.A., Kerzhentsev M.A., Parmon V., Bourane A., Al-Shahrani F.M., Hajji A.A., Koseoglu O.R. *Catalysis Reviews: Science and Engineering*, 2011, **53**, 199.
3. Подъячева О.Ю., Субоч А.Н., Яшник С.А., Сальников А.В., Черепанова С.В., Кибис Л.С., Сименюк Г.Ю., Романенко А.И., Исмагилов З.Р. *Журнал структурной химии*, 2021, **62**, 827.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект FWUR-2024-0033).

ИЗОМЕРИЗАЦИЯ ЭПОКСИДА α -ПИНЕНА НА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ НАНОТРУБКАХ В «ЗЕЛЕННЫХ» РАСТВОРИТЕЛЯХ

**Сидоренко А.Ю.,^а Маматкодиров Б.Д.,^б Якубов Й.Ю.,^б Халимонюк Т.В.,^{а,в}
Ибрагимов А.Б.,^б Мурзин Д.Ю.,^в Гу Я.,^г Агабеков В.Е.^а**

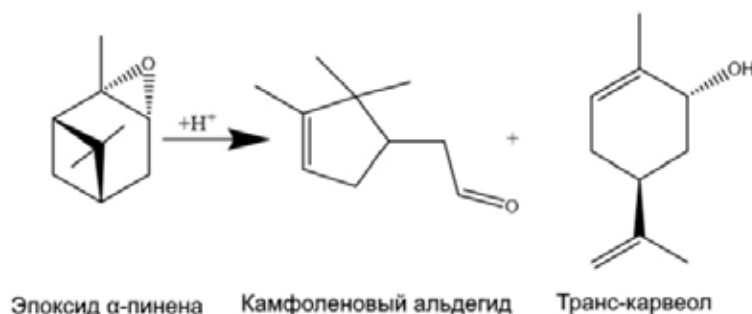
^аИнститут химии новых материалов НАН Беларуси, 200084, ул. Скорины, 36, Минск, Беларусь,
e-mail: sidorenko@ichnm.by

^бИнститут общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан, пр. М. Улугбека, 77А,
Ташкент, 100071, Узбекистан

^вУниверситет Åbo Akademi, Henriksgatan 2, 20500, Турку, Финляндия

^гУниверситет науки и технологий Хуачжун, Ухань 430074, Китай

Основными продуктами изомеризации эпоксида α -пинена являются камфолоновый альдегид и *транс*-карвеол, используемые в парфюмерной промышленности¹. Перспективными катализаторами таких реакций являются алюмосиликатные нанотрубки². В настоящей работе впервые изучены каталитические свойства галлуазитовых (HNT, Sigma-Aldrich) и синтетических каолиновых нанотрубок (KNT). KNT получены методом последовательной интеркаляции каолина (Узбекистан) диметилсульфоксидом (ДМСО), метанолом и хлоридом цетилтриметиламмония. После функционализации нанотрубок раствором пираньи (H₂SO₄-H₂O₂), концентрация кислотных центров на их поверхности достигала 59,0 мкмоль/г.



Установлено, на исследованных катализаторах (HNT-Pir, KNT-Pir) реакция эффективно протекает в ряде «зеленых» растворителей с наибольшей селективностью по *транс*-карвеолу (56,8%) в ДМСО, а по камфолоновому альдегиду (50,4%) – в этиллактате при полной конверсии реагента.

Литература

1. Naikwadi, D.R., Dabas, S., Ravi, K., Singh, A.S., Advani, J.H., Subramanian, S., Biradar, A.V. *Adv. Sust. Syst.*, 2023, **7**, 2300157.
2. Massaro, M., Noto, R., Riela, S. *Catalysts*, 2022, **12**, 149.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (проект X22КИТГ-026)

МЕХАНИЗМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГАЗОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В РЕАКТОРЕ С МЕМБРАННЫМ КАТАЛИЗАТОРОМ

Скудин В.В., Сапунов В.Н.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9.
e-mail: skudin.v.v@muctr.ru*

Интенсификация газохимической каталитической реакции углекислотной конверсии метана (УКМ) была установлена нами на пористых мембранных катализаторах (МК) и основана на новом для катализа виде активированного массопереноса – тепловом скольжении. Это явление наблюдается в порах кнудсеновского диапазона и индуцируется тангенциальным градиентом температуры в открытых поровых каналах каталитического слоя МК. Как было установлено, интенсификация в процессе УКМ выражается в увеличении константы скорости реакции крекинга метана, примерно, на порядок (в 20 – 40 раз), по сравнению с аналогичной константой на традиционном катализаторе (раздробленном или порошкообразном) идентичного состава в одинаковых условиях (одинаковой температуре процесса, одинаковом составе смеси реагентов) осуществления этого процесса.

Учитывая особенности массопереноса в порах МК в условиях теплового скольжения, была обоснована кинетическая схема УКМ и получено ее математическое описание. Используя это математическое описание, были определены константы прямых и обратных реакций на всех промежуточных стадиях УКМ, как на мембранном, так и на традиционном катализаторах. Также математическое описание было использовано нами при анализе режимов работы реактора с мембранным катализатором. Было установлено, что интенсификация наблюдается во всех режимах мембранного реактора, но с разными значениями констант скоростей прямых и обратных реакций на промежуточных стадиях УКМ. Оказалось, что проявление теплового скольжения не ограничивается только интенсификацией гетерогенных стадий, но также проявляется в изменении состояния равновесия. Например, в режиме контактора все гетерогенные стадии УКМ проходили как необратимые реакции. Этот неожиданный, на первый взгляд, результат объяснялся не «избирательностью переноса через мембрану одного из продуктов обратимой реакции», как это происходило в экспериментах академика В.М. Грязнова, а благодаря двум особенностям УКМ на мембранных катализаторах. Во-первых, все стадии гетерогенные стадии этого процесса происходят с увеличением объема продуктов. И, во-вторых, благодаря разреженному состоянию газов в поровых каналах каталитического слоя мембранного катализатора.

Литература

1. Н. Н. Гаврилова, С. А. Губин, М. А. Мячина, В. Н. Сапунов, В. В. Скудин, // Мембр. и мембр. техн., 2023, Т. 13, № 6, С. 505–520.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSSM-2023-0004).

СТРУКТУРИРОВАННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ПРОЦЕССОРОВ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ: ОТ РАЗРАБОТКИ ДО ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Бадмаев С.Д.^а, Левченко Е.А.^б, Рогожников В.Н.^а, Потемкин Д.И.^а,
Сивак А.В.^б, Снытников П.В.^а**

^аИнститут катализа СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 5,
e-mail: pvsnyt@catalysis.ru

^бООО «НИЦ «ТОПАЗ», 121205, г.Москва, территория Инновационного центра «Сколково»,
Большой бульвар, д. 42, стр. 1, эт.1, пом.334, раб. 54

В докладе суммированы результаты проведенных в Институте катализа СО РАН многолетних работ, направленных на разработку структурированных катализаторов, их методов синтеза, рассматриваются примеры конструкций реакторов на их основе для получения синтез газа из различного углеводородного сырья: природного газа, сжиженного углеводородного газа (пропан-бутановых смесей), спиртов и эфиров, жидких углеводородов для питания топливных элементов [1-3]. Обсуждаются подходы по применению платформенных решений, направленных на унификацию базовых стадий процесса изготовления катализаторов для улучшения технологичности процесса и снижения его себестоимости при организации опытного производства.

Обобщены данные по функционированию катализаторов разнообразного состава: на основе благородных металлов (Rh, Ru, Pd, Pt), переходных элементов (в основном Ni, Co, Cu), биметаллических композиций в комбинации с варьированием носителя из индивидуальных или смешанных оксидов Zr, Ce, Gd, La, Y, Pr, Al, а также допированных щелочными и щелочно-земельными металлами. Обсуждается опыт их применения в составе электрохимических генераторов на основе топливных элементов.

Литература

1. Badmaev S.D., Belyaev V.D., Sobyatin V.A. International J of Hydrogen Energy, 2024, **51**, 648.
2. Shilov V.A., Rogozhnikov V.N., Potemkin D.I., Snytnikov P.V. Kinetics and Catalysis, 2023, **64**, 96.
3. Shilov V., Potemkin D., Rogozhnikov V., Snytnikov P. Materials, 2023, **16**, 599:1

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект FWUR-2024-0033), Фонда поддержки проектов Национальной технологической инициативы, грантов Российского научного фонда (проекты 19-19-00257, 21-79-30051, 17-79-30071).

ИММОБИЛИЗОВАННЫЕ ИОННЫЕ ЖИДКОСТИ С МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИМИ АНИОНАМИ В КАТАЛИЗЕ

Тарханова И.Г.^а, Зеликман В.М.^а, Буряк А.К.^б

^а *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, химический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 3*

e-mail: itar_msu@mail.ru

^б *Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина Российской академии наук,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, корп. 4*

Ионные жидкости (ИЖ) широко используют в качестве растворителей и экстрагентов, а при наличии активного центра в составе катиона или аниона - как каталитические композиции. Указанные свойства сохраняются и при нанесении ИЖ в виде тонких слоев на носители различной природы, при этом полученные твердые материалы обладают всеми достоинствами гетерогенных катализаторов¹.

В настоящей работе представлены результаты проведенного авторами многолетнего исследования с помощью широкого набора физико-химических методов состава, структуры и каталитических свойств иммобилизованных ИЖ с металлсодержащими анионами, такими как галогенидные комплексы железа и меди, а также полиоксометаллаты вольфрама и молибдена. В качестве органических катионов применяли производные имидазолия с разными алкильными заместителями, в том числе содержащими кислотные центры. Полученные твердые катализаторы использовали в различных органических реакциях с участием галогенуглеводородов, серо- и азотсодержащих соединений²⁻⁴. Одним из важных направлений применения указанных материалов является пероксидное окисление гетероатомных компонентов углеводородного сырья^{5,6}.

Литература

1. Романовский Б.В., Тарханова И.Г. *Успехи химии*, 2017, **86**, 444.
2. Tarkhanova I.G., Gantman M.G., Sigeev A.S., Maslakov K.I., Zelikman V.M., Beletskaya I.P. *Mendeleev Commun.*, 2018, **28**, 261.
3. Bryzhin A.A., Gantman M.G., Buryak A.K., Tarkhanova I.G. *Appl. Catal. B: Environ.*, 2019, **257**, 117938.
4. Ivanin I.A., Ali-Zade A.G., Golubeva E.N., Zubanova E.M., Zelikman V.M., Buryak A.K., Tarkhanova I.G. *Molec. Catal.*, 2020, **484**, 110727.
5. Gorbunov V., Buryak A., Oskolok K., Popov A., Tarkhanova I. *Catalysts*, 2023, **13**, 664.
6. Тарханова И.Г., Брыжин А.А., Анисимов А.В., Акопян А. В., Э. А. Караханов. Доклады РАН. *Химия, Науки о материалах*, 2023, **508**, 5.

Работа выполнена в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова (тема № ААА-А-А21-121011590090-7), с использованием оборудования, приобретенного по Программе развития МГУ имени М.В. Ломоносова.

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МЕТАЛЛОЦЕН/ АРИЛОКСИД ИЗОБУТИЛАЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛЕН-ПРОПИЛЕНОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ

Файнгольд Е.Е., Саратовских С.Л., Панин А.Н., Бабкина О.Н.,

*Жарков И.В., Капашаров А.Т., Бравая Н.М.
ФИЦ ПХФ и МХ РАН, г. Черноголовка, пр. акад. Семенова 1
E-mail: fine@cat.icp.ac.ru; fevgeny@mail.ru*

Этилен-пропиленовые сополимеры – одни из ключевых эластомерных полимерных материалов, которые находят широкое применение в автомобилестроении, резинотехнической и кабельной промышленности, производстве строительных материалов, ударопрочных пластиков и многих других отраслях. Современными и эффективными катализаторами для синтеза таких сополимеров являются металлоценовые и пост-металлоценовые комплексы [1]. Для активации металлорганических катализаторов в процессах полимеризации применяют дорогостоящий, используемый в больших мольных избытках по отношению к металлорганическому комплексу ($Al/M=10^3-10^4$) и неустойчивый при длительном хранении активатор - метилалюмоксан (МАО). Важной задачей является разработка новых эффективных активаторов и создание каталитических систем с их участием.

Разработаны новые каталитические системы на основе металлоценов и арилоксидов изобутилалюминия разного строения для сополимеризации этилена(Э) с пропиленом(П). Показано влияние строения металлоценов и арилоксидов изобутилалюминия на активность каталитических систем, состав и молекулярно-массовые характеристики сополимеров, которые, в свою очередь, определяют физико-механические свойства полимерных образцов. Варьированием соотношения компонентов системы можно регулировать активность каталитической системы (от 70 до 4600 кг сополимера/моль $M^*ч*атм$), содержание сомономеров в сополимерах (П от 0 до 39 вес. %), молекулярные массы ($M_w=60 - 500$ кDa), прочность на разрыв (2- 20 МПа) и удлинение при разрыве (100 – 1000%) сополимеров. Полученные результаты указывают на перспективность применения каталитических систем для получения этилен/пропиленовых сополимеров с широким набором свойств.

Литература

1. Бравая Н.М., Файнгольд Е.Е., Бадамшина Э.Р., Сангинов Е.А. Высокомолекулярные соединения. Серия С, 2020, 62, 3.

Работа выполнена по государственному заданию Минобрнауки РФ, № гос. Регистрации 124013000722-8.

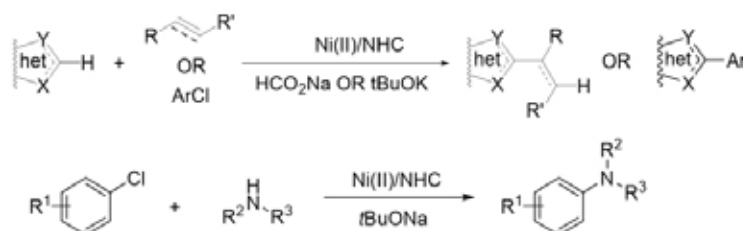
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ Ni(II) С N-ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ КАРБЕНАМИ В КАТАЛИЗЕ РЕАКЦИЙ C-H АКТИВАЦИИ И C-N КРОСС-СОЧЕТАНИЯ

Хазипов О.В., Чернышев В.М.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск, 346428,
e-mail: hazipov@bk.ru

Каталитические системы на основе комплексов никеля с N-гетероциклическими карбенами (Ni/NHC) получили широкое распространение в органическом синтезе. Для достижения высокой эффективности таких систем в большинстве случаев необходимо использование комплексов Ni(0)/NHC. Однако, зачастую соединения Ni(0) крайне нестабильны на воздухе, что сильно осложняет работу с ними.

В докладе будут освещены последние достижения нашей научной группы по использованию стабильных на воздухе Ni(II)/NHC прекатализаторов в катализе реакций C-H арилирования, алкилирования или алкенилирования гетероароматических соединений,^{1,2} а также C-N кросс-сочетания³:



Для достижения высокой активности каталитических систем на основе комплексов Ni(II)/NHC, нами применялись следующие подходы: 1) добавление HCO₂Na, tBuONa или tBuOK в реакцию для *in situ* генерации каталитически активных форм Ni(0)/NHC; 2) синтез Ni(II)/NHC прекатализаторов с двумя циклопентадиенил-анионными со-лигандами, выполняющие роль внутренних восстановителей Ni(II) в Ni(0)

Литература

1. Khazipov O.V., Shepelenko K.E., Pasyukov D.V., Chesnokov V.V., Soliev S.B., Chernyshev V.M., Ananikov V.P. *Org. Chem. Front.*, 2021, **8**, 2515-2524
2. Khazipov O.V., Shepelenko K.E., Soliev S.B., Nikolaeva K.A., Chernyshev V.M., Ananikov V.P., *ChemCatChem*, 2022, e202201055.
3. Khazipov O.V., Pyatachenko A.S., Chernyshev V.M., Ananikov V.P., *ChemCatChem*, 2023, e202300466.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект FENN-2024-0002.

ПОДХОДЫ К СЕЛЕКТИВНОМУ ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЮ CO₂ И РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА

**Хризанфоров М.Н.^{а,б} Самороднова А.П.,^а Загидуллин А.А.,^а Наильева Ф.Ф.,^а
Шекуров Р.П.,^а Безкишко И.А.,^а Синяшин О.Г.,^а Милюков В.А.^а**

^а*ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН,
420088, Россия, г. Казань, ул. Арбузова, д. 8.;*

e-mail: khrizanforov@gmail.com

^б*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Химический институт
им. А.М. Бутлерова, 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18.*

В работе представлены три основные стратегии разработки эффективных электрокатализаторов восстановления углекислого газа (CO₂RR). Первая стратегия представляет включение конкретных функциональных групп в структуры катализаторов, которые выбраны для усиления адсорбции и активации молекул CO₂, тем самым способствуя их восстановлению. Вторая стратегия описывает создание специализированных поверхностей из растворов в процессе электрохимического восстановления. Этот подход предполагает разработку поверхностей катализатора на молекулярном уровне для оптимизации их взаимодействия с молекулами CO₂. Модификации направлены на увеличение количества активных центров и улучшение характеристик переноса электронов, которые имеют решающее значение для эффективности снижения CO₂. Третий подход демонстрирует каталитические системы, которые благодаря своей уникальной геометрической конфигурации обеспечивают селективное восстановление CO₂. Конструкция этих катализаторов направлена на формирование пространственного расположения атомов для создания селективных путей конверсии CO₂, тем самым сводя к минимуму нежелательные реакции и улучшая общие каталитические характеристики.

Кроме того, будут изучены синергетические эффекты комбинирования катализаторов CO₂RR и реакции выделения водорода. Работа описывает интегрированные системы, которые смогут одновременно снижать выбросы CO₂ и производить водород, ценный экологически чистый носитель энергии. Эта двойная функциональность не только повышает практичность таких систем в области устойчивой энергетики, но и повышает общую энергоэффективность процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-73-10203.

СТРУКТУРНАЯ НАСТРОЙКА АДсорбЦИИ O И CO НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ AU-CU: ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ

Чепкасов И.В., Квашнин А.Г.

*Сколковский институт науки и технологий, Большой бул., 30, стр 1, Москва, 121205, Россия,
e-mail: I.Chepkasov@skoltech.ru*

Наночастицы - это удивительные нанообъекты, которые активно изучаются и широко применяются в различных областях, таких как гетерогенный катализ и современные электродные материалы. Их локальная атомная структура и состав могут существенно влиять на свойства. Мы использовали современные первопринципные расчеты для изучения влияния структуры и состава наночастиц AuCu на электронные свойства, распределение заряда и энергии адсорбции CO и O. В данном исследовании были рассмотрены два типа наночастиц: наночастицы ядро-оболочка (Cu@Au, Au@Cu) и частицы биметаллического сплава (Au-Cu), имеющие средний диаметр 2 нм (321 атом) и обладающие ГЦК, икосаэдрической и аморфной структурами. В ходе исследования были всесторонне изучены электронные и адсорбционные свойства предложенных наночастиц с точки зрения их способности адсорбировать CO и O, что открывает возможности для тонкой настройки их свойств путем модификации атомной структуры и состава. Регулировка соотношения ядра и оболочки позволяет точно настроить энергии адсорбции O и CO на поверхности наночастиц, особенно в ГЦК наночастицах. Это приводит к более узкому диапазону энергий адсорбции, особенно для адсорбции CO, чего нельзя достичь в биметаллических сплавах. Наше исследование показывает значимость этого подхода для тонкой настройки энергии адсорбции на поверхности наночастиц.

ГИДРОКОВЕРСИЯ РАПСОВОГО МАСЛА НА НИКЕЛЬ-ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ, НАНЕСЁННЫХ НА КОМПОЗИТНЫЕ НОСИТЕЛИ ОКСИД АЛЮМИНИЯ-ЦЕОЛИТ

**Шаманаев И.В., Власова Е.Н., Пахарукова В.П., Герасимов Е.Ю.,
Яковлев И.В., Федоров А.Ю., Бухтиярова Г.А.**

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева 5,
e-mail: i.v.shamanaev@catalysis.ru

Одностадийная гидродеоксигенация – гидроизомеризация – гидрокрекинг (гидроконверсия – ГК) является привлекательным методом для производства высококачественных топлив из сырья на основе триглицеридов жирных кислот, таких как пищевые растительные масла. Фосфид никеля является эффективным катализатором гидродеоксигенации и не требует добавок серосодержащих соединений как традиционные $\text{NiMoS}/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализаторы гидроочистки. В данной работе были приготовлены Ni_2P катализаторы на композитных носителях Al_2O_3 -цеолит, изучены их физико-химические свойства (методами хим. анализа, адсорбции N_2 , РФА, ПЭМ, РФЭС, ^{27}Al и ^{31}P MAS ЯМР) и каталитические свойства в ГК рапсового масла ($290\text{--}350\text{ }^\circ\text{C}$, 2.0 МПа, ОСПС=5.3 ч^{-1}). В качестве цеолитного компонента использовали ZSM-23, ZSM-22 и ZSM-5. Содержание цеолита составляло 30%, содержание Ni — 5–6 %.

Анализ методами РФА и ПЭМ подтвердил формирование Ni_2P с близким распределением частиц по размерам и средним размером 6–8 нм. Показано, что качество продуктов зависит как от природы цеолита, так и от условий реакции (рис. 1). Регулируя свойства катализатора, можно получать такие продукты, как биобензин, биоавиакеросин и грин-дизель.

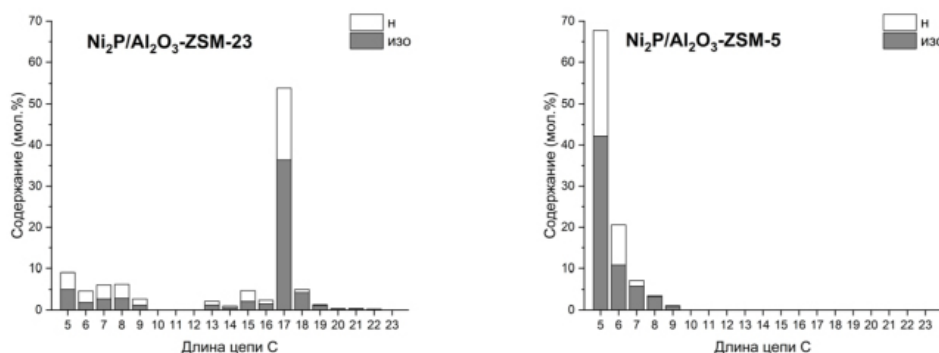


Рисунок 1. Распределение продуктов ГК рапсового масла. 340 $^\circ\text{C}$, 2.0 МПа, 5.3 ч^{-1} .

Литература

1. Shamanaev, I.V.; Vlasova, E.N.; Scherbakova, A.M.; Pakharukova, V.P.; Gerasimov, E.Y.; Yakovlev, I.V.; Bukhtiyarova, G.A. *Microporous and Mesoporous Materials* 2023, **359**, 112667.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-13-00371.

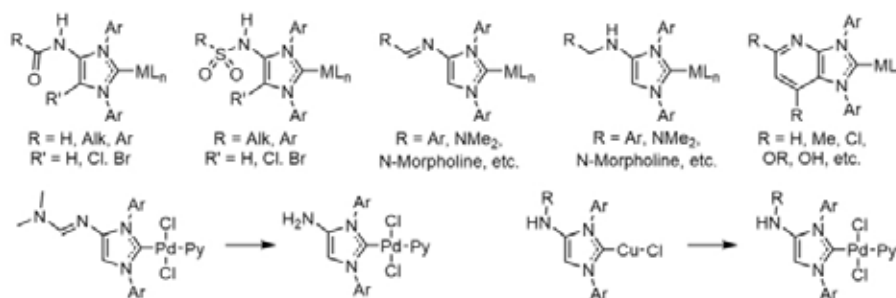
4-АМИНОИМИДАЗОЛИЕВЫЕ СОЛИ КАК ПРЕКУРСОРЫ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ М/ННС

Шевченко М.А., Шепеленко К.Е., Чернышев В.М.

Южно-Российский Государственный Политехнический Университет им. Платова (НПИ),
346428, Новочеркасск, ул. Просвещения 132
e-mail: maxshevch@yandex.ru

Дизайн молекулы N-гетероциклических карбенов (NHC) остается актуальной задачей современного органического синтеза ввиду широкого применения комплексов М/ННС в качестве гомогенных катализаторов.¹ В частности, интересными оказались производные 4-(NHR)имидазола.²

В работе рассматривается синтетический потенциал ранее неизвестных солей 4-(NH₂)имидазолия, удобный метод синтеза которых был разработан нашим коллективом.³ Показаны закономерности их взаимодействия с электрофильными реагентами и дальнейших трансформаций. Продемонстрированы оптимальные условия металлирования полученных пролигандов по карбеновому атому C2, с учетом минимизации нежелательного образования «abnormal» C5-комплексов, выявленного в ряде случаев палладирования NH-кислых производных.



Кроме получения различных функционально-замещенных М/ННС комплексов (М = Pd, Ni, Cu, Au, и т.д.) рассмотрены возможности их пост-модификации и трансметаллирования, а также показана высокая каталитическая активность некоторых представителей в реакциях кросс-сочетания Сузуки-Мияуры, Бухвальда-Хартвига и др.

Литература

1. Bellotti, P.; Koy, M.; Hopkinson, M. N.; Glorius, F., *Nat. Rev. Chem.*, 2021, **5**, 711.
2. Danopoulos A.A., Massard A., ..., Braunstein P., *Angew. Chem., Int. Ed.*, 2018, **57**, 14550
3. Шевченко М.А., Пасюков Д.В., ..., Чернышев В.М., *Доклады РАН*, 2024, в печати.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-23-00426.

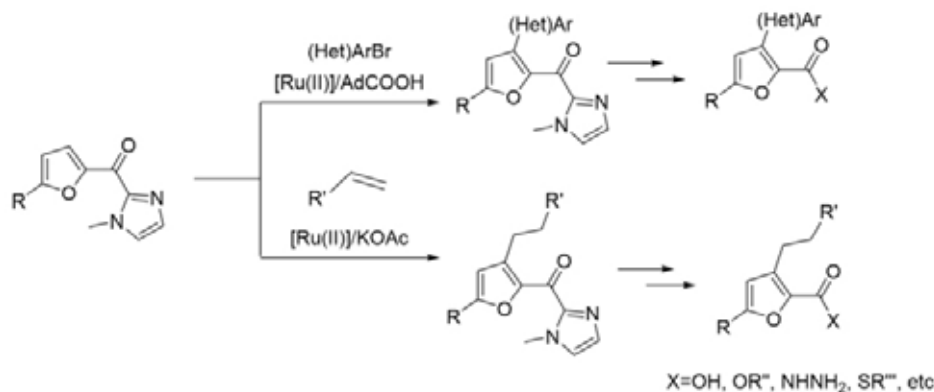
НОВЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ С-3-ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2-ФУРАНКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ НА ОСНОВЕ РУТЕНИЙ-КАТАЛИЗИРУЕМЫХ РЕАКЦИЙ С-Н ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ

Шепеленко К.Е., Чернышев В.М.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск, 346428,
e-mail: kon1990@bk.ru

Производные фуранкарбонных кислот, получаемые из углеводов растительной биомассы, представляют интерес как возобновляемый источник химического сырья для получения полимеров, биологически-активных веществ и др. ценных химических продуктов¹⁻³. Однако методы функционализации таких соединений, в настоящее время включают либо использование функциональных групп либо реакции, в том числе при катализе переходными металлами, по более активному положению 5, в то время как селективная функционализация положения 3 фуранового ядра является более сложной задачей.⁴

В докладе представлены новые методы селективной С(3)-Н функционализации фуранового ядра 2-фурил-N-метилимидазолов в условиях рутениевого катализа. В данном случае имидазольный фрагмент выступает в роли направляющей группы, а полученные С-3 функционализированные продукты могут быть легко переведены в соответствующие производные фуранкарбонной кислоты.



Литература

- [1] V. M. Chernyshev, O. A. Kravchenko, V. P. Ananikov, *Russ. Chem. Rev.*, **2017**, 86, (5), 357-387.
- [2] V. P. Kashparova, D. V. Chernysheva, V. A. Klushin, V. E. Andreeva, O. A. Kravchenko, N. V. Smirnova, *Russ. Chem. Rev.*, **2022**, 90, 750-784.
- [3] X. Yue, Y. Queneau, *ChemSusChem*, 2022, **15**, e202102660.
- [4] B. Y. Karlinskii; V. P. Ananikov. *ChemSusChem*, **2021**, 14, 558.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проект 23-73-10129.

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ Cu/Ce- МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ В РЕАКЦИЯХ ОКИСЛЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

Иванин И.А.^а, Удалова О.В.^б, Шилина М.И.^а

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1/3
e-mail: mish@kinet.chem.msu.ru

^бФИЦ химической физики им. Н.Н.Семенова Российской Академии Наук,
119991, Москва, улица Косыгина, 4

Особенности кристаллического строения алюмосиликатных цеолитов позволяют направленно формировать на их поверхности катализаторы окисления с новым типом активных центров, не характерных для обычных оксидных систем. Недавно мы показали, что в катализаторах на основе кобальт модифицированного цеолита ZSM-5, ключевую роль в адсорбции и катализе играют оксокаатионы кобальта $[\text{Co}_x\text{O}_y]^{n+}$ ($n = 1, 2$), содержащие Co(III) [1]. Введение церия в такие системы приводит к увеличению каталитической активности [2,3]. В настоящей работе рассмотрена активность и синергизм в действии биметаллических систем на основе Cu/Ce цеолитов в реакции окисления CO в отсутствие и в присутствии водорода. Серия катализаторов с различным соотношением меди и церия была синтезирована с использованием цеолитов ZSM-5 с различным отношением Si/Al = 40, 28 и 15 и Beta (Si/Al=19). По данным ПЭМ, РФА, РФЭС, ЭСДО, ИК-спектроскопии ДО адсорбированного CO и H₂-ТПВ эффект синергизма металлов в окислении CO на катализаторах, содержащих медь и церий, обусловлен участием двух типов активных центров, вклад которых определяется соотношением металлов и содержанием алюминия в каркасе цеолита. При Cu/Ce ≥ 1 ключевую роль играют ионы Cu⁺, связанные с частицами CeO₂ на поверхности, а при Cu/Ce < 1 и низком значении Si/Al – смешанные медь-цериевые оксокаатионы в каналах цеолита [4, 5]. Катализатор Cu/Ce-ZSM-5 с Cu/Ce=0.5 позволяет снизить значение остаточной концентрации CO в водороде до 10 ppm.

Литература

1. Shilina M.I., Rostovshchikova T.N., et al. *Mater. Chem. Phys.* 2019, **223**, 287
2. Shilina M.I., Udalova O.V., Krotova I.N. et al. *ChemCatChem*. 2020, **12**, 2556
3. Ivanin I.A., Krotova I.N., Shilina M.I. et al. *Kinetics and Catalysis*. 2021, **62**, 799
4. Ivanin I.A., Kruchinin T.V., Shilina M.I. et al. *Kinetics and Catalysis*. 2023. **64**, 655
5. Ivanin I.A., Udalova O.V., Kaplin I.Yu., Shilina M.I. *Appl. Surf. Sci.*, 2024, **655**, 159577.

Работа выполнена при поддержке Программы развития МГУ имени М.В.Ломоносова.

ДИЗАЙН ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ДЕБЕНЗИЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ ГЕКСА-АЗАИЗОВЮРЦИТАНА

Юдин Н.В.,^а Карпычев Ю.В.,^б Краснов А.И.,^б Коробова А.С.^б, Бугаева Т.Н.^а

^а РХТУ им. Д. И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9
 e-mail: yudin.n.v@mustr.ru, yudin71@list.ru

^б АО "ГосНИИ "Кристалл", 606007, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Зеленая, д.6

В последнее время новый импульс к развитию получила химия производных гексаазаизовюрцитана (ИВ) среди которых имеется не только мощные взрывчатые вещества, но и перспективные биологически активные соединения. Например, тиовюрцин, разработанный в ИПХЭТ СО РАН является перспективным ненаркотическим анальгетиком и прошёл стадию доклинических испытаний. Ключевой стадией известных схем промышленного синтеза производных ИВ является двухстадийное восстановительное дебензилирование (ВДБ) гексабензильного производного на палладиевых катализаторах. Процесс осложняется высокими требованиями к размеру частиц палладия на носителе, что связано с низким значением TOF. Соответственно, дезактивация катализатора происходит преимущественно за счет увеличения размера частиц Pd от 3-5 нм в исходном катализаторе до 20-30 нм и более в отработанном катализаторе.

В ходе цикла работ разработан ряд катализаторов, как на основе активированных углей и углеродных материалов, так и керамического носителя, в том числе с углеродным покрытием¹. Определены пути стабилизации частиц Pd, заключающиеся в использовании углеродных материалов полученных пиролизом азот- и кислородсодержащих полимеров в матрице активированных углей и на поверхности керамики. Отметим, что наиболее активные катализаторы получены на основе азотсодержащих прекурсоров, в этом случае количество Pd может быть снижено вплоть до 3%. Созданные катализаторы отличаются низким уровнем потерь Pd в ходе ВДБ, пригодны не только в классическом процессе с использованием уксусного ангидрида, но и при использовании иных ацилирующих агентов, таких как Восангидрид, что расширяет синтетические возможности метода и позволяет получать производные ИВ замещенные в 2, 6, 8 и 12 положениях^{2,3}.

Литература

1. Козлов А.И., Збарский В. Л., Грунский и др., *Патент №2451020 РФ*, 2010.
2. Юдин Н.В., Пролубщиков Н.В., Биктанова А.М., и др., *V Всероссийская с междуна-родным участием конференция по органической химии*, 2018, Владикавказ, 162.
3. Sinditskii V.P., Yudin N.V. et al., *Energetic Materials Frontiers*, 2024, **5**, 27.

ВЛИЯНИЕ ПРОМОТИРУЮЩИХ ДОБАВОК Pt, Pd, Ru И Ni НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОБАЛЬТОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ CO И H₂

Яковенко Р.Е., Зубков И.Н., Савостьянов А.П.

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
346428, Новочеркасск, ул. Просвещения 132,
e-mail: jakovenko39@gmail.com*

Технология XTL (X-to-liquid) для производства топлив и других продуктов с высокой добавленной стоимостью из синтез-газа путем каталитического синтеза Фишера-Тропша, совмещенного с гидропереработкой образующихся углеводородов в одном реакционном аппарате, является коммерчески перспективной. Синтетическая нефть, полученная на бифункциональном кобальтовом катализаторе, разработанном в НИИ «Нанотехнологии и новые материалы», содержит большое количество алкенов (> 40 %), которые негативно влияют на эксплуатационные свойства моторных топлив. Снизить долю ненасыщенных углеводородов возможно путем добавления в катализатор дополнительных гидрирующих компонентов, например, Pt, Pd, Ru и Ni. При этом важным является метод (пропитка, ионный обмен) и последовательность (в кислотную или кобальтсодержащую, на готовый катализатор и др.) введения промотирующих добавок. Таким образом, цель работы заключается в исследовании влияния метода введения промотирующих добавок Pt, Pd, Ru и Ni на каталитические свойства бифункционального катализатора на основе кобальта для совмещенного процесса синтеза Фишера-Тропша и гидропереработки углеводородов.

Показано, что содержание непредельных углеводородов в продуктах синтеза при введении гидрирующего компонента методом пропитки цеолита увеличивается в ряду: Pd < Pt < Ru < Ni, а содержание разветвлённых углеводородов уменьшается в ряду: Pt > Pd > Ru >. В продуктах синтеза, полученных на катализаторах, содержащих Pt и Pd, доля непредельных углеводородов практически одинакова, а содержание разветвлённых углеводородов выше на 30 % на катализаторе, промотированном Pt.

Установлено, что наиболее эффективным способом введения гидрирующей добавки Pt в состав катализатора является нанесение Pt на цеолит методом ионного обмена. Катализатор, полученный этим способом, характеризуется самым высоким показателем изо/н при исследованных температурах 240 °C и 250 °C – 1,55 и 1,86 соответственно.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ 23-73-10108.

БИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ХЛОРИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИЛАНОВ

Абарбанель Н.В., Зарубин Д.М., Марков А.Н., Воротынцев А.В., Петухов А.Н.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина 23,
e-mail: abarbanel.natash@mail.ru*

В России потребность микро- и нанoeлектронной промышленности в поликристаллическом кремнии (poly-Si) на фоне прекращения зарубежных поставок обуславливает необходимость развития и расширения собственного производства высокочистых веществ (моносилан, дихлорсилан, трихлорсилан и др.) – предшественников poly-Si. Закономерным последствием этого является возникновение проблемы утилизации большого количества высокотоксичного побочного продукта в процессе его производства – тетрахлорида кремния (ЧХК). Таким образом, исследования в области совершенствования традиционного производства poly-Si с целью увеличения промышленной и экологической безопасности, а также уменьшения его себестоимости за счет разработки и применения высокоселективных каталитических систем на сегодняшний день являются актуальными. В настоящей работе предложены бифункциональные катализаторы на основе пористого полимерного носителя (сополимера дивинилбензола и 4-винилбензилхлорида), функционализированного имидазолиевыми ионными жидкостями, которые проявляют высокую каталитическую активность в процессе диспропорционирования трихлорсилана (ТХС)¹, и хлоридами металлов (рения, никеля и кобальта), показавших хорошие результаты в реакции водородного восстановления ЧХК². Оценку каталитической активности проводили путем выдерживания в термостатируемом реакторе, заполненном катализатором, смеси ТХС и гелия с последующей подачей водорода для протекания реакции гидрирования ЧХК. Анализ газовой смеси из реактора осуществляли хромато-масс-спектрометрическим методом. Показана активность каталитических систем для обеих реакций: конверсия ЧХК – 23%, выход моносилана – 2.73% (при максимальном теоретическом 5.9%).

Литература

1. Vorotyntsev A.V., Petukhov A.N., et al. *Journal of Catalysis*, 2019, **375**, 427.
2. Vorotyntsev A.V., Petukhov A.N., et al. *Appl. Catal. B: Environmental*, 2016, **198**, 334.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта № FSWR-2022-0008.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ АКТИВНОСТИ БЕЗМЕТАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА, ПОЛУЧЕННЫХ НАПРАВЛЕННЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ ПУЧКОМ ИОНОВ, ОТ СТРУКТУРЫ АЗОТОСОДЕРЖАЩИХ ДЕФЕКТОВ

Алексеева Е.В., Харисова К.А., Корусенко П.М., Кальнин А.Ю., Левин О.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. 7-9
e-mail: e.v.alekseeva@spbu.ru*

Реакция восстановления кислорода (РВК) является ключевым процессом для ряда перспективных электрохимических накопителей энергии, таких как топливные элементы и металл-воздушные аккумуляторы. Производительность таких устройств ограничивается медленной кинетикой РВК на катоде, что требует использования катализаторов. Коммерчески доступные катализаторы содержат значительное количество платины. Хотя платиновые катализаторы проявляют наибольшую активность в отношении РВК, они имеют высокую стоимость и низкую стабильность. Поэтому снижение содержания платины или полное исключение ее из состава катализатора является одним из основных направлений развития технологий электрохимических накопителей энергии, использующих РВК в качестве электродной реакции.

В данной работе представлен новый метод получения безметалльных катализаторов РВК облучением пучком ионов приповерхностной области многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ), направленный на создание пиридиновых и пиррольных азотных дефектов в их стенках. Этот метод предполагает облучение МУНТ ионами азота с помощью высокодозного ионного имплантера, что приводит к встраиванию атомов азота в структуру нанотрубки. Структурные и химические изменения, вызванные ионно-лучевой обработкой, были тщательно изучены.

Известно, что структура и свойства углеродных материалов, а также их легирование азотом оказывают существенное влияние на свойства получаемых катализаторов. В рамках данной работы исследована была определена зависимость активности полученных безметалльных катализаторов от структуры азотсодержащих дефектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-13-00035)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ СОЛЕЙ ФОСФОНИЯ ПО МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ПЛЕНКАМ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Архипова Д.М., Бойко Д.А., Анаников В.П.

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

Определение молекулярной структуры веществ представляет собой фундаментальную задачу химии. Как правило, для этой цели используют классические методы аналитической химии, такие как ЯМР спектроскопия, масс-спектрометрия, ИК спектроскопия и рентгеноструктурный анализ. Распознавание молекулярной структуры из данных визуального наблюдения является недооцененной и малоизученной областью исследований. Развитие уровня микроскопических техник и применение методов машинного обучения позволяют разрабатывать новые подходы для решения этой сложной задачи. Новая методология открывает перспективы для разработки новых веществ и материалов¹⁻³. Вместе с тем, использование данных микроморфологии и микроструктуры для предсказания свойств новых материалов является одной из самых сложных современных задач в химии⁴⁻⁵.

В настоящей работе была разработана и успешно применена нейросетевая модель, способная распознавать молекулярную структуру и предсказывать свойства гомологичных солей четвертичного фосфония на основе изображений микрокристаллических пленок, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа. Дополнительно было использовано глубокое обучение, чтобы распространить метод на оптические микрофотографии. Для демонстрации универсальности подхода модель также была протестирована на бинарных со-кристаллизатах солей фосфония, что позволило выявить домены, которые имеют морфологию, отличную от индивидуальных соединений.

Литература

1. Sanchez-Lengeling B., Aspuru-Guzik A. *Science*, 2018, **361**, 360.
2. Shen S.C., Khare E., Lee N.A., Saad M.K., Kaplan D.L., Buehler M.J. *Chem. Rev.*, 2023, **123**, 2242.
3. Mungofa P., Schumann A., Waldo L. *BMC Res. Notes*, 2018, **11**, 703.
4. Durmaz A.R., Müller M., Lei B., Thomas A., Britz D., Holm E.A., Eberl C., Mücklich F., Gumbsch P. *Nat. Commun.*, 2021, **12**, 6272.
5. Goswami L., Deka M.K., Roy M. *Adv. Eng. Mater.*, 2023, **25**, 2300104.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-73-10177.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НА ПРЕВРАЩЕНИЕ CO₂ В ЦИКЛИЧЕСКИЕ КАРБОНАТЫ

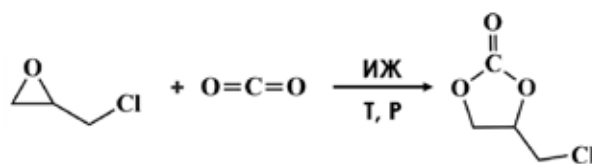
**Атласкина М.Е.^а, Казарина О.В.^{а,б}, Смородин К.А.^а, Крючков С.С.^а,
Степакова А.Н.^а, Толмачева М.А.^а, Маркин З.А.^{а,б}, Атласкин А.А.^а,
Воротынцев И.В.^а**

^а *Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, 125047 Россия*
E-mail: atlaskina.m.e@gmail.com

^б *Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, 603022 Россия*

В связи с сохраняющейся зависимостью от ископаемого топлива, настоящее время существует проблематика улавливания CO₂ и превращения его в ценные продукты. Одним из решений является химическая фиксация CO₂ в циклические карбонаты (ЦК), которые применяются в качестве растворителей в различных продуктах, например, в литий-ионных батареях, чистящих и обезжиривающих средствах, промышленных смазочных материалах и присадках к топливу. Синтез ЦК циклоприсоединением CO₂ и эпоксидов является атом-экономичной и более безопасной альтернативой токсичному фосгеновому пути. Получение ЦК с помощью ионных жидкостей (ИЖ) в качестве катализаторов оценивается как перспективный подход конверсии CO₂.

В настоящей работе было изучено влияние различных факторов на протекание реакций карбоксилирования оксидов непредельных соединений на примере модельной реакции с эпихлоргидрином в широком спектре технологических условий проведения процесса с ИЖ в качестве катализаторов.



Было изучено влияние воздействия давления, температуры, загрузки катализатора, а также воздействия ультразвука и микроволнового излучения на конверсию и селективность реакции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-79-10302.

МЕТАТЕЗИС ОЛЕФИНОВ: РАЗРАБОТКА ОРИГИНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ЭТЕНОЛИЗА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Афанасьева А.В.^{1,2}

¹Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", факультет химии,
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20

e-mail: avafanaseva_2@edu.hse.ru

²Институт нефтехимического синтеза им А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29

Кросс-метатезис возобновляемых эфиров жирных кислот (FAME), полученных из растительного масла с этиленом (этенотиз) с использованием селективных катализаторов (рис. 1) является коммерчески перспективным способом получения метилового эфира деценовой кислоты и "био"децена-1, экологически и экономически более выгодным в сравнении с традиционными методами синтеза этих соединений, используемых в производстве моторных масел IV группы и поверхностно-активных соединений.

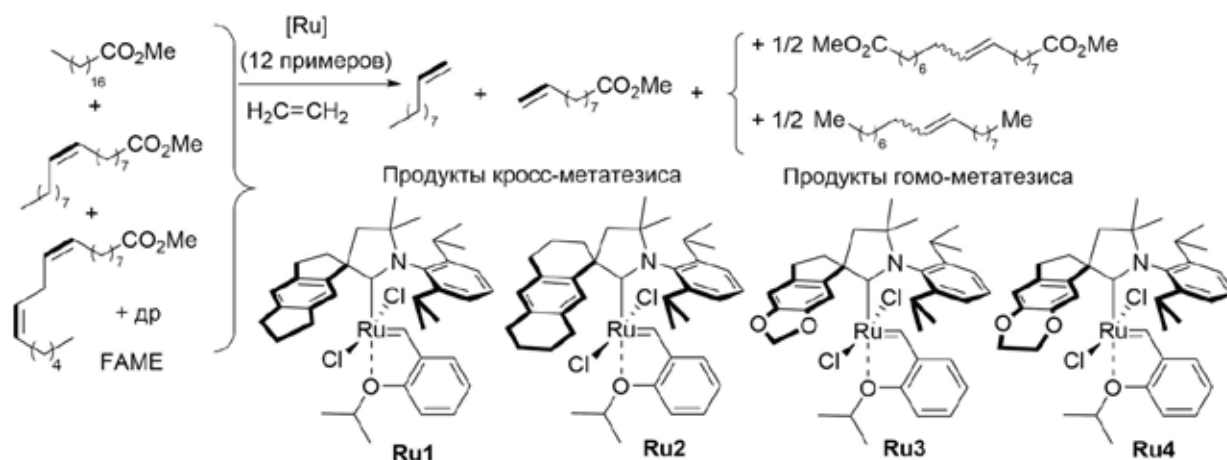


Рисунок 1. Этенотиз FAME

В ходе наших исследований разработан новый one-pot подход к высокопроизводительным катализаторам этенотиза, позволяющий масштабирование синтеза катализаторов и их использование в производстве децена-1 и метилового эфира деценовой кислоты исходя из FAME. Синтезирована серия новых рутений-карбеновых комплексов **Ru1-Ru12**. Комплекс **Ru2** проявил себя как наиболее производительный катализатор кросс-метатезиса FAME с этиленом, продемонстрировав TON 215800 и селективность 98% при загрузке 2 ppm.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант 24-43-20016.

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДОВ НА МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ CoFeNi-M (M= Pd, Cu) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

**Афонникова С.Д.^а, Попов А.А.^б, Бауман Ю.И.^а, Шубин Ю.В.^б,
Ведягин А.А.^а, Мишаков И.В.^а**

^аИнститут катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева 5,
e-mail: afonnikova@catalysis.ru

^бИнститут неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, 630090,
Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева 3

Разложение попутного нефтяного газа (ПНГ) относится к одной из основных задач нефтегазовой промышленности. Каталитический пиролиз ПНГ, состоящего преимущественно из лёгких углеводородов C₁-C₆, является перспективным подходом. В результате можно получить водород и углеродный наноматериал в виде нановолокон (УНВ)¹. В свою очередь, УНВ представляют отдельный интерес в области материаловедения, поскольку обладают уникальными физико-химическими свойствами.

Мульти-компонентные сплавные системы (МКС), содержащие от 4-х различных металлов, привлекают всё больший интерес учёных в связи с ярким синергетическим эффектом, проявляющимся при их использовании в различных каталитических процессах².

В работе показано, что при использовании сплавных систем CoFeNi-M (M=Pd, Cu) удаётся получать более 50 г УНВ на 1 г катализатора (Рис. 1) в процессе каталитического пиролиза.

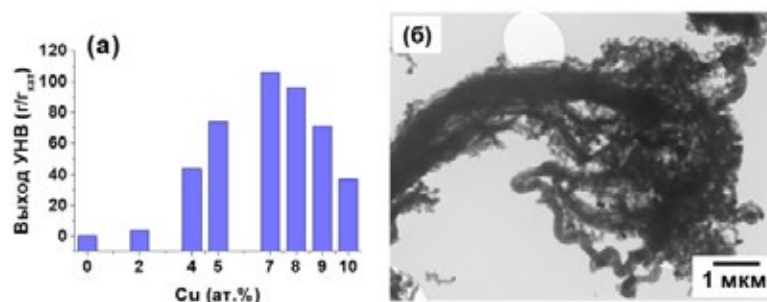


Рисунок 1. Зависимость выхода УНВ (г/г_{кат}) от концентрации Cu в образце.
Условия эксперимента: C₂-C₄/H₂/Ar, 30 мин. (б) – данные ПЭМ образца УНВ.

Литература

1. Manawi Y.M., et al. *Materials*, 2018, **11**(5), 822.
2. George E.P., Raabe D., Ritchie R.O. *Nature reviews materials*, 2019, **4**, 515.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 22-13-00406.

СИНТЕЗ ГЕТЕРОГЕННЫХ МАРГАНЕЦ-ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Ахмедьянова Р.А., Васильева Э.А., Мухамедзянов Р.Р.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
420015, г.Казань, ул.К.Маркса, д.68
e-mail: achra108@rambler.ru*

При разработке гетерогенных катализаторов окисления изопентана, в качестве активного компонента был использован марганец, который по сравнению с другими металлами, например, кобальтом, обеспечивает протекание мягкого окисления углеводородов.

Установлены основные закономерности процесса жидкофазного окисления изопентана кислородно-азотной смесью в присутствии гетерогенного марганец-оксидного катализатора в периодических условиях. С увеличением продолжительности окисления, а также концентрации Mn в катализаторе, в реакционной массе увеличивается конверсия изопентана, сопровождающаяся накоплением в реакционной массе гидропероксида изопентана (ГПИП) и других кислородсодержащих продуктов. С повышением температуры процесса в интервале 90-120°C повышается конверсия изопентана, в реакционной массе растет содержание кислородсодержащих продуктов с 0,2 до 69,9%, однако падает селективность по спиртам.

Для повышения эффективности марганец-оксидных гетерогенных катализаторов на стадии синтеза катализатора были применены ультразвук (УЗ) и сверхкритические флюиды (СКФ).

Подобраны условия приготовления марганец-оксидного катализатора в УЗ поле, обеспечивающие конверсию изопентана 69,75 %, селективность по кислородсодержащим продуктам 85,74 %, по сравнению с образцом катализатора, полученным без УЗ конверсия изопентана 22,50 %, селективность по кислородсодержащим продуктам 62,21 %, что свидетельствует о перспективности использования УЗ при получении гетерогенных марганец-оксидных катализаторов окисления углеводородов.

Синтезированы и охарактеризованы образцы марганец-оксидных катализаторов полученные пропиткой гамма оксида алюминия избытком водных растворов солей марганца с различным содержанием марганца в сверхкритических условиях.

Показано, что максимальная активность наблюдается для катализаторов, полученных в СКФ с содержанием марганца 2,5% при $T = 350^{\circ}\text{C}$, при этом селективность по спиртам увеличивается с ростом концентрации марганца.

ГРАНУЛИРОВАННЫЕ ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ЦЕОЛИТЫ Yh В СИНТЕЗЕ 3,5-КСИЛЕНОЛА АРОМАТИЗАЦИЕЙ АЦЕТОНА

**Кирсанов В.Ю.,^а Бикбаева В.Р.,^а Коржова Л.Ф.,^б
Григорьева Н.Г.,^а Кутепов Б.И.^а**

^аИнститут нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, 450075, Уфа, про-спект Октября, 141,
e-mail: vrbikbaeva@mail.ru

^бАО «Институт Нефтехимпереработки», 450065, г. Уфа, ул. Инициативная, 12

3,5-Ксиленол – важнейшее сырье для получения гидравлических и смазочных огнестойких жидкостей, а также интермедиат в производстве высокоэффективных дезинфицирующих средств, инсектицидов, лекарственных препаратов, антиоксидантов, красителей. В настоящее время наиболее перспективным, с точки зрения технологии и экологической безопасности, является получение изофорона альдольной конденсацией ацетона на гетерогенных катализаторах.

Примеров использования цеолитных катализаторов в процессе получения 3,5-ксиленола ароматизацией изофорона не обнаружено. В связи с этим целью работы является исследование каталитических свойств новых катализаторов на основе модифицированного оксидами металлов гранулированного цеолита с иерархической (микро-мезомакро) пористой структурой Na-Yh в указанной реакции.

Установлено, что в ряду цеолитных катализаторов Na-Yh, HNa-Yh, H-Yh, MgO/Na-Yh, La₂O₃/Na-Yh, TiO₂/Na-Yh наиболее активным и селективным в синтезе 3,5-ксиленола является цеолит La₂O₃/Na-Yh (селективность образования целевого соединения составляет 69% при конверсии изофорона 94%); близкие к цеолиту La₂O₃/Na-Yh показатели достигнуты на образце MgO/Na-Yh (селективность по 3,5-ксиленолу 63%, конверсия изофорона 87%).

Высокая активность и селективность цеолитов La₂O₃/Na-Yh, MgO/Na-Yh обусловлена наличием в них основных центров, Льюисовских кислотных центров и невысокой концентрации слабых Бренстедовских кислотных центров. Цеолиты, на поверхности которых присутствуют сильные Льюисовские и Бренстедовские кислотные центры, способствуют превращению изофорона в триметилбензолы (мезитилен, псевдокумол и гемимеллитол), и далее в *о,м,п*-ксилолы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 23-13-00213.

РАЗРАБОТКА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО СИНТЕЗА ВЫСОКОЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Бразовская Е.Ю.^а, Беляева К.А.^а, Голубева О.Ю.^а, Омаров Ш.О.^б,
Сидоренко А.Ю.^в, Халимонюк Т.В.^в**

^а *Институт химии силикатов им. И.В. Гребенникова РАН,
199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2
e-mail: Brazovskaya.ics@gmail.com*

^б *Санкт-Петербургский государственный технологический институт,
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А*

^в *Институт химии новых материалов НАН Беларуси, 220141, г. Минск, ул. Ф.Скорины, 36*

Создание ценных химических соединений из растительного сырья – это ключевая задача для промышленности. Одним из перспективных сырьевых компонентов является α -пинен, который может быть использован для производства различных продуктов, начиная от смол до фармацевтических промежуточных продуктов и топлива высокой плотности. Изомеризация α -пинена порождает ценные соединения, такие как камфен и лимонен.

Монтмориллониты (МТ) обладают потенциалом в качестве катализаторов для этого процесса. Однако природные МТ имеют ряд недостатков, включая изменчивость состава, структуры и свойств поверхности, что затрудняет контроль над их каталитической активностью. Для решения этих проблем были синтезированы слоистые силикаты со структурой МТ с широким диапазоном изоморфных замещения атомов магния в октаэдрических слоях на алюминий ($\text{Na}_{2x}(\text{Al}_2(1-x)\text{Mg}_{2x})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $0 < x < 1$). Наличие изоморфных замещений и контроль условий синтеза позволит получить образцы разного химического состава, с различными пористо-текстурными характеристиками и свойствами поверхности и установить влияние этих характеристик на каталитическую активность МТ в изомеризации α -пинена.

Все образцы без кислотной активации проявляют активность, давая камфен в качестве основного продукта с селективностью около 50%, что сопоставимо с результатами, полученными на коммерческом монтмориллоните К-10. Причем высоким процентом конверсии обладают только те образцы, которые помимо слабых и средних к.п. имеют некоторое количество сильных а.ц. Также была установлена зависимость между составом образцов и изменением их общей кислотности.

Таким образом, направленный синтез слоистых алюмосиликатов с заданным набором характеристик открывает широкие возможности разработки новых катализаторов с улучшенными свойствами.

СМЕШАННЫЕ ОКСИДЫ LN-AL (LN = LA, CE, PR): СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ПРОЦЕССЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА

Васютин П.Р.^а, Синев М.Ю.^а, Гордиенко Ю.А.^а, Лагунова Е.А.^а, Ивакин Ю.Д.^б

^аФедеральный исследовательский центр химической физики
им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, 119991, Москва, Косыгина 4,
e-mail: vasytinpavel@yandex.ru

^бМосковский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы 1.

Алюминаты редкоземельных элементов (РЗЭ) общей формулы LnAlO_3 со структурой перовскита являются перспективными катализаторами получения продуктов окислительной конденсации метана (ОКМ) – этана и этилена. Для понимания механизма их каталитического действия представляет интерес сравнительное исследование свойств алюминатов La, Ce и Pr, различающихся способностью к изменению степени окисления.

Рассмотрены закономерности формирования алюминатов La, Ce и Pr. CeAlO_3 получен обработкой смеси оксидов Ce и Al в токе H_2 при 800°C. Он имеет низкую эффективность в процессе ОКМ и распадается в кислород-содержащих средах с образованием CeO_2 и аморфного Al_2O_3 .

Однофазные алюминаты La и Pr получены прогревом аморфных предшественников при 900°C на воздухе. В отличие от CeAlO_3 , алюминат Pr устойчив в реакционной среде при окислении метана и демонстрирует более высокие активность и селективность в образовании этилена по сравнению с LaAlO_3 в силу способности катиона Pr^{3+} , в отличие от La^{3+} , активировать молекулы O_2 за счёт переноса электрона с изменением степени окисления Pr и образованием активных поверхностных форм кислорода:



Известно, что ион-радикалы O^- в оксидных системах являются активными центрами, ведущими процесс образования продуктов ОКМ:



Показана возможность варьирования морфологии, химического и фазового состава получаемых систем при использовании обработки в среде водных и водно-аммиачных флюидов. Такая обработка предшественников La-Al оксида ведёт к получению материалов, содержащих фазы LaAlO_3 и La_2O_3 и демонстрирующих повышенную эффективность в процессе ОКМ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 23-13-00360, <https://rscf.ru/project/23-13-00360/>.

ГИДРОДЕОКСИГЕНАЦИЯ И ГИДРОИЗОМЕРИЗАЦИЯ РАПСОВОГО МАСЛА НА MoS_2 КАТАЛИЗАТОРАХ, НАНЕСЕННЫХ НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИЕ НОСИТЕЛИ

**Власова Е.Н., Шаманаев И.В., Бухтиярова М.В.,
Александров П.В., Бухтиярова Г.А.**

*Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук,
630090, Новосибирск, Проспект ак.Лаврентьева 5,
e-mail: evgenia@catalysis.ru*

Разработка полифункциональных катализаторов, обеспечивающих протекание нескольких реакций одновременно (ГДО, гидроизомеризация и гидрокрекинг) для одностадийного процесса гидропереработки триглицеридов жирных кислот в компоненты биоавиакеросина является перспективным направлением исследований, активно развивающимся в последние годы.

Были приготовлены гранулированные носители Al_2O_3 и Al_2O_3 -цеолит (30 масс.% цеолита). Мо катализаторы синтезировали методом пропитки по влагоемкости с последующей сушкой при 110°C в течение 4 часов.

Сравнительное исследование приготовленных катализаторов в процессе гидропереработки рапсового масла (РМ) проводили в проточном реакторе в широком диапазоне условий (310 и 330°C , 3.0 и 5.0 МПа, 600 и 1200 $\text{Нм}^3/\text{м}^3$, 18 и 36 ч $^{-1}$). Жидкую и газовую фазы анализировали с помощью газовых хроматографов, анализатор Vario EL Cube использовали для контроля кислорода в жидких продуктах.

MoS_2 , нанесенный на Al_2O_3 -цеолит (ZSM-22, SAPO-11) обеспечивает высокую селективность в процессе превращения РМ по маршруту «прямой» ГДО (70 - 94% в зависимости от условий реакции). Соотношение изо/н сильно зависит от условий процесса. Увеличение температуры и соотношения Н/С приводит к увеличению изо/н. Повышение давления, наоборот, приводит к снижению соотношения изо/н. Вероятно, это вызвано ингибирующим эффектом H_2S (образующегося при разложении ДМДС, используемого для сохранения сульфидного состояния) и небольшого количества выделяющегося СО. При повышении давления увеличивается растворимость этих газов в жидких продуктах, что приводит к ингибированию реакции гидроизомеризации. Следует отметить, что количество продуктов крекинга ($<\text{C}_9$) варьируется в диапазоне 1 - 10% в зависимости от условий реакции и используемого цеолита.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-13-00371).

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ИЗОТОПНЫЙ ОБМЕН МЕЖДУ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ И ПАРАМИ ВОДЫ

Вораксо И.А., Растунова И.Л., Чеботов А.Ю., Шимко В.Г.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1
e-mail: vorakso.i.a@muctr.ru*

С точки зрения термодинамики одним из наиболее перспективных методов разделения изотопов кислорода является химический изотопный обмен между углекислым газом и водой¹. При использовании гетерогенного катализатора процесс протекает в две стадии: каталитический изотопный обмен между углекислым газом и парами воды и фазовый изотопный обмен между водой и её парами. Для осуществления противоточного процесса разделения необходимо исключать попадания жидкой воды на активные центры катализатора, чего можно достичь, используя гидрофобный катализатор или проводя процесс в устройствах, в которых катализатор пространственно отделён от потока жидкой воды².

В таблице 1 представлены результаты исследования активности катализаторов на основе оксидов металлов, нанесённых на γ - Al_2O_3 . В качестве показателей каталитической активности были выбраны наблюдаемая константа скорости (k , с^{-1}) и скорость изотопного обмена (РИО , $\text{моль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$).

Катализатор	$\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{NiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Ce}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$
k , с^{-1}	0.927 ± 0.067	1.50 ± 0.17	2.13 ± 0.20	4.98 ± 0.55	1.04 ± 0.10
РИО , $\text{моль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$	5.68 ± 0.38	9.2 ± 1.0	13.1 ± 1.3	30.5 ± 3.4	6.38 ± 0.64

Таблица 1. Активность катализаторов в реакции изотопного обмена между углекислым газом и парами воды при $T=348 \text{ К}$; $P=0,1 \text{ МПа}$; $G_{\text{CO}_2}=1,2 \text{ моль/ч}$; $G_{\text{H}_2\text{O}}=0,3 \text{ моль/ч}$

Из исследованных катализаторов наибольшую каталитическую активность в реакции изотопного обмена между углекислым газом и парами воды показал оксид никеля, нанесённый на оксид алюминия. Данный образец показал вдвое большую активность по сравнению с промышленным катализатором НТК-10-2ФМ, который был исследован ранее (при тех же условиях $k=2,35 \pm 0,35 \text{ с}^{-1}$; $R_{\text{ИО}}=14,4 \pm 2,2 \text{ моль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$).

Литература:

1. Андреев Б.М. и др. Разделение изотопов биогенных элементов в двухфазных системах. – М.: ИздАТ, 2003. – 376 с.
2. Растунова И.Л., Розенкевич М.Б. Патент 2375107 РФ, 2009.

Работа выполнена в рамках программы развития РХТУ им. Д.И. Менделеева «Приоритет 2030».

[M]-/ОРГАНО-КАТАЛИЗИРУЕМАЯ АЭРОБНАЯ Si-H- И C-H-ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Гончарова И.К.,^{a,b} Арзуманян А.В.^{a,b}

^a Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Вавилова 28с1,

e-mail: aav@ineos.ac.ru

^b Центр НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества»,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, 105005, Москва.

Синтез кремнийорганических продуктов, содержащих «полярную» функциональную группу в органическом обрамлении, является одной из наиболее важных задач современной химии силиконов. Функционализация кремнийорганических соединений открывает уникальные возможности для их дальнейшей модификации и получения новых сополимеров, MOF, HOF и других гибридных материалов.

Нами был предложен метод аэробного окисления гидрид- и *n*-толил-силоксанов (рис. 1).¹⁻⁴ Этот метод основан на использовании «зеленых», коммерчески доступных, простых и недорогих реагентов, и протекает в мягких условиях: каталитическая система – соль переходного металла и органо-катализатор, окислитель – O₂, температура реакции – от 30 до 60°C, давление – атмосферное.

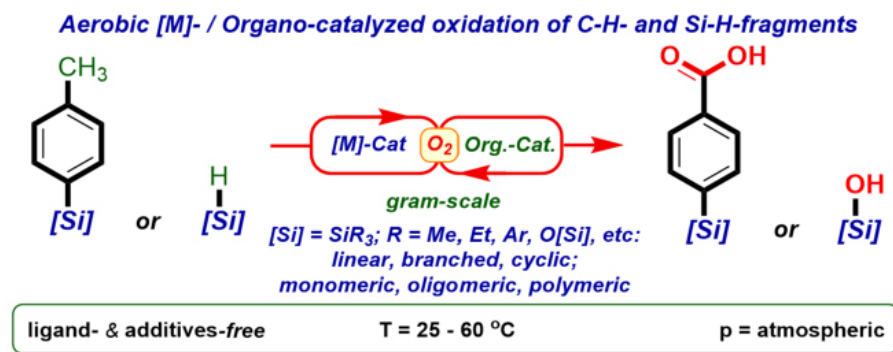


Рис. 1. Аэробное [M]-/органокатализируемое окисление Si-H- и C-H-групп.

Литература

1. A. V. Arzumanyan, I. K. Goncharova, R. A. Novikov, et al. Green Chem. 2018, **20** (7), 1467.
2. I. K. Goncharova, K. P. Silaeva, A. V. Arzumanyan, et al. J. Am. Chem. Soc. 2019, **141** (5), 2143.
3. I. K. Goncharova, A. V. Arzumanyan, et al. Eur. J. Org. Chem. 2022, 2022, **35**, e202200871.
4. I. K. Goncharova, D. N. Kholodkov, A. V. Arzumanyan et al. Macromol. Rapid Commun. 2021, **42** (5), 2000645.

КОМПЛЕКСЫ ЗОЛОТА И МЕДИ: СРАВНЕНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ И КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

**Грудова М.В.,^а Галушко А.С.,^а Ильюшенкова В.В.,^а
Скуратович В.А.,^{а,б} Анаников В.П.^а**

^аИнститут органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 47 с.1,
e-mail: grudovamv@gmail.com

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

Благодаря своим уникальным химическим и каталитическим свойствам, соединения золота и меди активно изучаются последние двадцать лет.^{1,2} В области каталитических исследований используются либо хорошо определенные комплексы, либо металлические частицы с хорошо/плохо определенной структурой, каждая из которых демонстрирует уникальное каталитическое поведение.

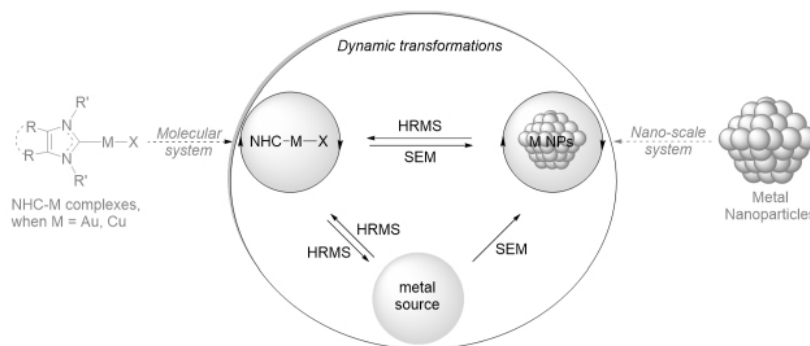


Рисунок 1. Динамическое поведение металлокомплексов и наночастиц в системах М-NHC (когда М = Au, Cu).

В данной работе были изучены химические и физические свойства комплексов золота и меди.^{3,4} С помощью масс-спектрометрии высокого разрешения с ионизацией электрораспылением и электронной микроскопии были изучены динамические превращения металлокомплексов. Для сравнения действия комплексов золота и меди были изучены некоторые наиболее характерные каталитические реакции (такие как А³-сочетание, гидратация алкинов, реакция Чан-Лама и др.).

Литература

1. Collado A., Nelson D. J., Nolan S. P., *Chem. Rev.*, 2021, **121**, 8559–8612.
2. West M. J., Fyfe J. W., Vantourout J. C., Watson A. J., *Chem. Rev.*, 2019, **119**, 12491–12523.
3. Grudova M.V., Galushko A.S., Ilyushenkova V.V., Minyaev M.E., Fakhrutdinov A.N., Prima D.O., Ananikov V.P., *Inorg. Chem. Front.*, 2024, **11**, 1839-1851.
4. Galushko A.S., Skuratovich V.A., Grudova M.V., Ilyushenkova V.V., Ivanova N.M., *Russ. Chem. Bull. Chem. Series*, 2024, **73** (5).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-13-00171.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФЕРИТА ВИСМУТА (BiFeO_3), ЗАМЕЩЕННОГО БАРИЕМ (Ba)

Гюлахмедов Р.Р.^а, Абдурахманов М.Г.^а, Фараджев Ш.П.^а, Алиханов Н.М-Р.^{а,б}

^а ФГБОУ ВО Дагестанский Государственный Университет, г. Махачкала, Россия, 367000

^б Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, г. Махачкала, Россия, 367015,
e-mail: raha.keyt@gmail.com

Фотокаталитическое разложение органических загрязнителей является одним из наиболее перспективных методов очистки водных ресурсов. В качестве фотокатализаторов выступают полупроводниковые материалы, такие как: TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , CdS , ZnS ¹. Большинство фотокатализаторов имеют большую ширину запрещенной зоны, что является серьезной проблемой из-за низкой фотокаталитической активности в области видимого света.

На их фоне мультиферроики с малой шириной запрещенной зоны выглядят наиболее привлекательными в области фотокатализа. Наиболее исследуемым мультиферроиком является BiFeO_3 , с ромбоэдрически искаженной структурой перовскита и имеющий ширину запрещенной зоны около 2,2 эВ².

В недавних исследованиях сообщалось о допированных Ba наноструктурах BiFeO_3 ³. Замещение Ba может уменьшить ширину запрещенной зоны и увеличить удельную площадь поверхности, что благоприятно скажется на фотокаталитической активности BiFeO_3 .

В данном исследовании методом сжигания смеси нитрат-органических прекурсоров были синтезированы наночастицы BiFeO_3 , легированные Ba . Было исследовано влияние содержания Ba на морфологию, структуру и фотокаталитическую активность.

Литература

1. Low J. et al. Advanced materials, 2017, 29, 20, 1601694.
2. Abdelmadjid K. et al. Materials, 2022, 15, 3, 961.
3. Soltani T. et al. Journal of hazardous materials, 2016, 316, 122-133.

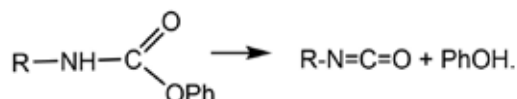
Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-22-00416.

КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ КАК КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИЙ ПЕРВИЧНЫХ АМИНОВ С ДИФЕНИЛКАРБОНАТОМ

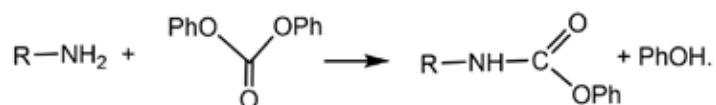
Исламов Д.Р., Самуилов Я.Д.

*Казанский национальный исследовательский университет, 420015, Казань, Карла Маркса 68,
e-mail: islamD327@yandex.ru*

Изоцианаты являются мономерами для получения полиуретанов, полимочевин, которые находят широкое применение в самых различных отраслях. На их основе получают конструкционные детали, покрытия, клеи, герметики, лаки, электро-, тепло- и звукоизоляционные материалы, взрывозащищающие изделия. Классическая технология производства изоцианатов основана на взаимодействии высокотоксичного фосгена с первичными аминами. В ходе реакции выделяется много хлористого водорода, который необходимо утилизировать. Поэтому актуальными являются бесфосгенные методы получения изоцианатов. Среди таких методов наибольшее внимание привлекает получение изоцианатов термическим разложением фениловых эфиров карбаминовых кислот:



Фениловые эфиры карбаминовых кислот получают взаимодействием первичных аминов с дифенилкарбонатом:



Выделяющийся фенол может быть использован для получения дифенилкарбоната, что делает этот подход практически безотходным.

Нами изучено взаимодействие 4,4'-метилendiанилина с дифенилкарбонатом, приводящего к дифенилкарбамату 4,41-дифениметандиизоцианата.

Некаталитическое взаимодействие протекает медленно. Поэтому оно не может быть положено в основу промышленных процессов. Изучено влияние различных катализаторов на рассмотренный процесс. Показано что эффективными катализаторами этого процесса являются карбоновые кислоты, среди которых высокую активность показала уксусная кислота (выход более 95% при 80°C). Достоинством ее является также легкое удаление из бис-карбамата.

Обсужден механизм каталитического действия карбоновых кислот на взаимодействие первичных аминов с органическими карбонатами, предполагающий, что карбоновые кислоты выступают в данном превращении и как кислоты, и как основания Бренстеда-Лаури.

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ДЕГИДРИРОВАНИЯ ПРОПАНА НА КАТАЛИЗАТОРАХ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ВАНАДИЯ

Каичев В.В.,^а Сараев А.А.,^а Чесалов Ю.А.^а

*Институт катализа СО РАН, 630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева 5,
e-mail: vvk@catalysis.ru*

Дегидрирование пропана на монослойном ванадий-титановом катализаторе¹ исследовали *in situ* методами ИК-Фурье спектроскопии и РФЭС. Установлено, что полное восстановление V^{5+} до V^{4+} и V^{3+} происходит в пропане при 420°C. Одновременно атомное соотношение $[V]/[Ti]$ существенно уменьшается, что указывает на образование аморфных 3D-кластеров оксида ванадия. Этот процесс обратим, и полное окисление ванадия до состояния V^{5+} сопровождается восстановлением атомного соотношения $[V]/[Ti]$ в кислороде даже при 350°C. В процессе окислительного дегидрирования пропана было обнаружено частичное восстановление V^{5+} до V^{4+} без существенного изменения атомного соотношения $[V]/[Ti]$. Это означает, что адсорбция пропана инициирует восстановление V^{5+} до V^{3+} , сопровождающееся ослаблением взаимодействия ванадий-титан. По данным ИК-Фурье спектроскопии, пропан адсорбируется в основном в виде изопропоксида, который затем превращается в пропилен. В присутствии кислорода в газовой фазе происходит быстрое окисление V^{3+} с восстановлением структуры монослойного катализатора V_2O_5/TiO_2 .

Литература

1. Kaichev V.V., Popova G.Ya., Chesalov Yu.A., Saraev A.A., Zemlyanov D.Y., Beloshapkin S.A., Knop-Gericke A., Schlögl R., Andrushkevich T.V., Bukhtiyarov V.I. *Journal of Catalysis*. 2014, **311**, 59

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-13-00217.

СМЯГЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НОВЫМИ КАТАЛИТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

**Капинос А.А.^{а,б} Марков А.Н.^а Докин Е.С.^а Грачев П.П.^а
Воротынцев А.В.^а Петухов А.Н.^{а,б}**

^а Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, г.Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23,
e-mail: kapinos98@gmail.com

^б Новомосковский институт Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева,
301665, Новомосковск, ул. Дружбы, 8

Реакция восстановления CO_2 водородом, водой или другими источниками протонов с помощью термохимического, электрохимического или фотохимического процесса позволяет получать такие виды топлива, как метан (CH_4), метанол (CH_3OH) и монооксид углерода (CO). Вследствие термической стабильности молекулы CO_2 , достижение высоких конверсий при гидрировании до ценных продуктов является сложной задачей¹.

В данной работе были разработаны каталитические системы на основе наночастиц металлов, полученных методом индукционной потоковой левитации и проведена отработка режимов под разные типы металлов и физико-химическая характеристика полученных наночастиц. Проведена оценка каталитической активности чистых металлов, металлов, нанесенных на инертные подложки и инверсионных каталитических систем типа «core-shell» устойчивых к окислению и механической деградации.

Полученные каталитические системы для гидрирования углекислого газа, позволили снизить давление протекания реакции до 30 атм с сохранением высокой конверсии по CO_2 – 57%. По полученным данным было определено, что давление не оказывает значительного влияния на протекание каталитической реакции, по сравнению с температурой. Катализатор на основе наночастиц «core-shell», продемонстрировал наилучшие показатели.

Литература

1. Jin F. et al. High-yield reduction of carbon dioxide into formic acid by zero-valent metal/metal oxide redox cycles // Energy Environ. Sci. 2011. Vol. 4, № 3. P. 881.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

ДИЗАЙН НОВЫХ АНСА-ГЕТЕРОЦЕНОВ С ДЛИННЫМ МОСТИКОМ SiOSi В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ СЕЛЕКТИВНОЙ ДИМЕРИЗАЦИИ ОКТЕНА-1

Киселев А.В.^{а,б}

^а *Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук, 119991, Москва, Ленинский проспект 29,*

e-mail: avkiselev@ips.ac.ru

^б *Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", факультет химии, 101100, Москва, Мясницкая улица 20.*

Метилалканы $RC(=CH_2)CH_2CH_2R$ являются ценным сырьем для синтеза разветвленных функционализированных органических соединений с широким спектром применения. Селективная координационная димеризация α -олефинов - простой и недорогой способ получения метилалканов, однако известные в настоящее время катализаторы димеризации обладают низкой производительностью, $TON \sim 10^3$.

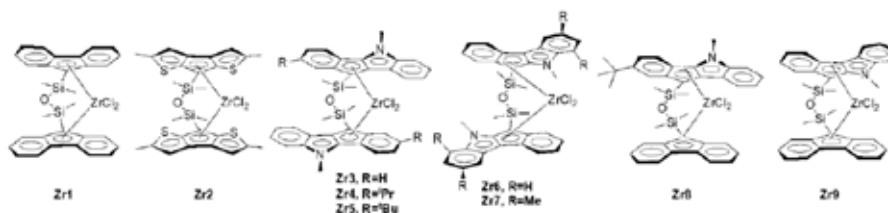


Рисунок 1. Перспективные (Zr1–Zr9) гетероцены для селективной димеризации.

Синтезированы новые $-SiMe_2OSiMe_2-$ мостиковые анса-цирконоцены **Zr1–Zr9**, производные 9H-флуорена, цикlopenta[1,2-*b*:4,3-*b'*]дитиофена, 5,10-дигидроиндено[1,2-*b*]индола и 5,6-дигидроиндено[2,1-*b*]индола. Комплексы охарактеризованы методами ЯМР и РСА [1] и исследованы в димеризации октена-1 с использованием активаторов ММАО-12 и ТИБА/[PhNMe₂H][B(C₆F₅)₄] при мольном соотношении [октен-1]/[Zr] $3 \cdot 10^4$ в отсутствие и в присутствии H₂. В отсутствие H₂ комплексы **Zr6** и **Zr7** продемонстрировали высокую активность и селективность димеризации до 94% при использовании [PhNMe₂H][B(C₆F₅)₄] в качестве активатора. В атмосфере H₂ при активации комплекса **Zr9** ТИБА/[PhNMe₂H][B(C₆F₅)₄] селективность димеризации достигала более 99% и не наблюдалось гидрирования димера.

Литература

1. Kiselev A.V., Nifant'ev I.E., Vinogradov A.A., Vinogradov A.A., Bagrov V.V., Afanaseva A.V., Minyaev M.E., Ivchenko P.V. Appl. Catal. A Gen., 2024, 680, 119756.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 21-73-30010.

ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В ПРИСУТСТВИИ ГИДРОПРОИЗВОДНЫХ СОЛЕЙ ОРТО-БИПИРИДИНА

Климаева Л.А.^а, Гуцин А.В.^а

^а ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н. П. Огарёва»

430005, Россия, Республика Мордовия, Саранск, ул. Большевикская, 68а

^б Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
603022, Россия, Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23
e-mail: l_klimaeva@mail.ru

Электролиз воды – наиболее перспективный вариант генерации чистого водорода, однако использование дорогостоящих катализаторов процесса заметно сдерживают внедрение этой технологии в промышленные циклы.

Особо актуальным вопросом в этой связи значится создание синтетических систем, которые бы являлись конкурентоспособными по эффективности, селективности и воспроизводительности металлическим аналогам.

Ранее было показано, что повышение эффективности каталитического процесса образования водорода возможно в результате объединения двух пиридин-содержащих фрагментов по орто-положению за счет изменения финальной стадии механизма реакции^{1,2}.

При помощи ряда электрохимических методов были изучены электрохимические свойства и электрокаталитическая активность гидропроизводных перхлоратов 2,2'-бипиридина. Показано, что в реакции образования молекулярного водорода в присутствии исследуемых солей реализуется при одинаковых потенциалах, но по разным механизмам. В случае изучаемых соединений, при потенциале -0.85 В по механизму СЕСЕ, тогда как при потенциале -1.25 В по механизму ЕСЕС.

Литература

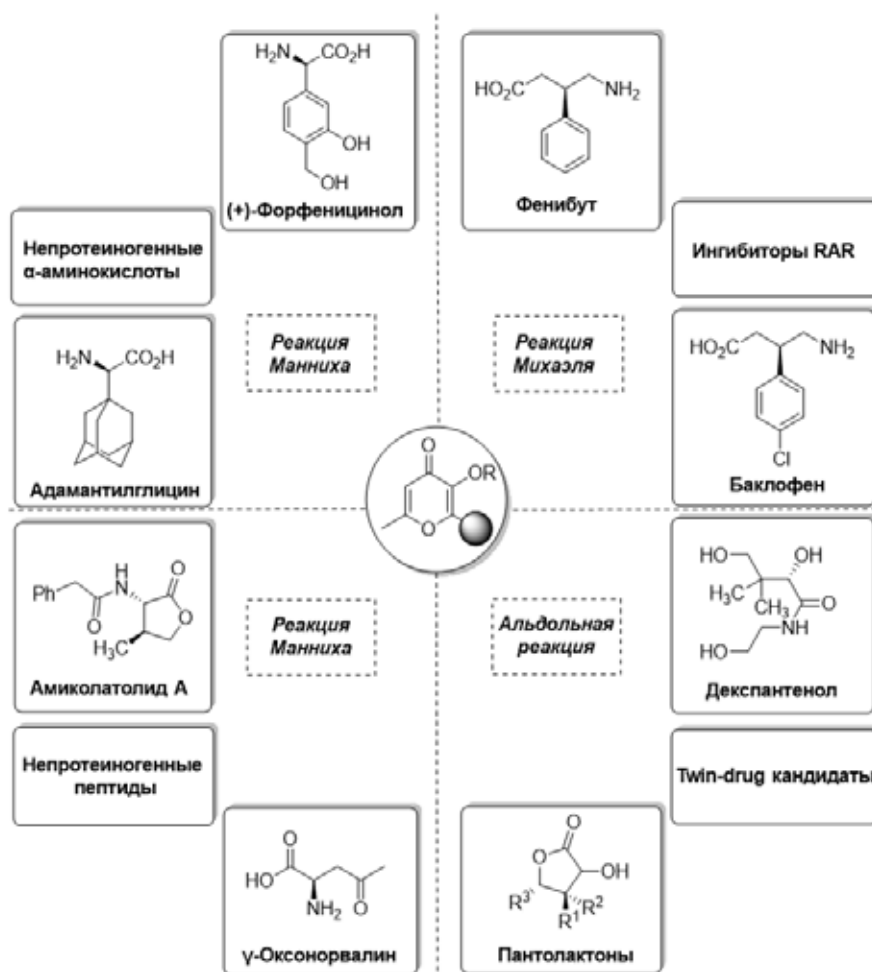
1. Dolganov A.V., Chernyaeva O.Y., Kostyukov S.G., Balandina A.V., Solovyova E.O., Yudina, A.D., Akhmatova A.A., Lyukshina Y.I. *Int. J. of Hydrogen Energy*. 2020, **45**, 501.
2. Dolganov A.V., Klimaeva L.A., Kostyukov S.G., Yudina A.D., Zagorodnova A.S., Tankova A.V. *Int. J. of Hydrogen Energy*, 2024, **51**, 85.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121111000064-5) в рамках государственного задания Мордовского государственного национального исследовательского университета им Н.П. Огарева (создание новых молодежных лабораторий).

СИМБИОЗ АСИММЕТРИЧЕСКОГО ОРГАНОКАТАЛИЗА И ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ: НОВАЯ МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ОПТИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЛЕКАРСТВ

**Ковалевский Р.А., Кучеренко А.С., Осташевская И.И., Жанабаева М.,
Васечкин К.В., Кузнецова О.Ю., Злотин С.Г.**

Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН
119991, г. Москва, Ленинский пр.47;
e-mail: ruskov2000@ioc.ac.ru, alexkucherenko@yandex.ru



Литература

1. M. V. Smirnov, A. S. Kucherenko, I. D. Gridnev, A. A. Korlyukov, S. G. Zlotin, *Adv. Synth. Catal.* **2022**, 364, 3245-3262.
2. R. A. Kovalevsky, A. S. Kucherenko, S. G. Zlotin, *Chem. Commun.* **2022**, 58, 12827–12830.
3. R. A. Kovalevsky, K. V. Vasechkin, A. S. Kucherenko, S. G. Zlotin, *Adv. Synth. & Catal.* **2023**, 365, 3162-3166.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-13-00250.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАССИВНЫХ И НАНЕСЕННЫХ НА ОКСИД АЛЮМИНИЯ ОКСИДОВ $\text{Ce}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_y$

**Матус Е.В.^{а,б}, Коваленко Е.Н.^{а,б}, Сухова О.Б.^а, Капишников А.В.^а, Стонкус О.А.^а,
Ушаков В.А.^а, Яшник С.А.^а, Хайрулин С.Р.^а**

^а Институт катализа СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5,

^б Новосибирский государственный технический университет,

630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,

e-mail: lizavetakovalenko@mail.ru

Сложные оксиды, в которых катионы каталитически активного компонента встроены в структуру оксидного носителя, являются перспективными предшественниками катализаторов [1, 2]. Для развития методов направленного регулирования функциональных свойств материалов путем варьирования их структурных характеристик представляет интерес оценка влияния носителя на генезис и свойства сложных оксидов. Цель настоящей работы – сравнительный анализ физико-химических и каталитических свойств массивных и нанесенных на оксид алюминия оксидов $\text{Ce}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_y$ и установление корреляционной зависимости «состав–структура–функциональные свойства». Показано, что после термообработки в окислительной среде синтезированные образцы являются мезопористыми материалами, содержащими в своем составе твердые растворы на основе оксида церия (IV). В ходе восстановительной активации для образцов $\text{Ce}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_y/\text{Al}_2\text{O}_3$ по сравнению с образцами $\text{Ce}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_y$ температура образования частиц NiO увеличивается (530 vs. 340°C), а их средний размер уменьшается (6.5 vs. 15 нм). После реакции риформинга метана текстурные и структурные характеристики образцов $\text{Ce}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_y/\text{Al}_2\text{O}_3$ сохраняются. Установлено, что при содержании Ni ~10 мас. % катализаторы $\text{Ce}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_y/\text{Al}_2\text{O}_3$ обеспечивают более высокие, чем $\text{Ce}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_y$, значения конверсии метана (96 vs. 65%) и CO_2 (83 vs. 69%), выхода водорода (95 vs. 74%) и устойчивость к дезактивации в реакции паровуглекислотного риформинга метана. Выявлена взаимосвязь между характеристиками материалов и их функциональными свойствами.

Литература

1. Matus E., Sukhova O., Kerzhentsev M., Ismagilov I. et al., *Catalysts*, 2022, **12**, 1493.
2. Jeong H., Kim Y.H., Won B.R., Jeon H., Park C., Myung J. *Chem. Mater.* 2023, **35**, 3745.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект FWUR-2024-0033).

ОПТИМИЗАЦИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РОСТА ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Хабушев Э.М., Красников Д.В., Яковлев В.Я., Гольдт А.Е., Насибулин А.Г.

*Сколковский институт науки и технологий, 121205 Москва, ул. Нобеля 3,
e-mail: d.krasnikov@skoltech.ru*

В настоящее время метод аэрозольного химического осаждения из газовой фазы (CVD) на поверхности катализатора рассматривается как один из наиболее перспективных подходов для каталитического получения высококачественных однослойных углеродных нанотрубок (ОУНТ)— класса материалов с перспективой широкого применения в самых передовых областях науки и технологии. К преимуществам данного метода можно отнести отличную масштабируемость, высокое качество производимого материала, а также возможность осаждения как тонких пленок, так и индивидуальных ОУНТ на практически любую поверхность, что открывает отличные перспективы для создания компонентов электронных и оптических устройств. Кроме того, аэрозольный синтез позволяет управлять свойствами ОУНТ посредством настройки газового состава. Однако, отсутствие однозначной модели, описывающей механизм роста нанотрубок, осложняет определение количественной связи между условиями синтеза и параметрами ОУНТ, и, как следствие, препятствует точному контролю их свойств. Несмотря на то, что основные особенности роста ОУНТ уже изучены, многопараметричность процессов, происходящих в ходе синтеза, а именно: активации катализатора, роста и терминеции нанотрубок, происходящих в газовой фазе, препятствует применению классических методов для регулирования синтеза и актуализирует разработку новых подходов.

Машинное обучение зарекомендовало в качестве эффективного инструмента для решения сложных многопараметрических задач. В данной работе мы описываем применение численных моделей машинного обучения для обработки экспериментальных данных, полученных с использованием аэрозольного метода каталитического синтеза ОУНТ, основанного на термическом разложении ферроцена (предшественник катализатора) и реакции Будуара на поверхности наночастиц железного катализатора, формирующихся в газовой фазе. Нами продемонстрирован синтез ОУНТ с предсказываемыми свойствами, а именно: выход, диаметр и дефектность, с точностью до 4%. Для этого мы разработали предсказательную модель на основе искусственной нейронной сети и обучили ее на предварительно обработанных данных, состоящих из условий эксперимента (температура и состав газовой смеси), подстраивая гиперпараметры модели для достижения ее наилучшего качества [1]. Для демонстрации превосходства численных методов над традиционной оптимизацией синтеза методом проб и ошибок мы также решили задачу регрессии с целью уточнить условия синтеза для оптимизации свойства пленок ОУНТ в качестве прозрачного и проводящего материала. Такой подход позволил нам производить тонкие пленки ОУНТ (прозрачные электроды) с эквивалентным поверхностным сопротивлением (при 90% пропускания на длине волны 550 нм) 39 Ом/□ — что является одним из самых низких значений в области, достигнутых до сих пор [2,3]. Собранный набор данных, подкрепленный экспериментальным доказательством концепции, лег в основу более тонкой оптимизации других характеристик ОУНТ, управляемым алгоритмами машинного обучения.

Таким образом, наши результаты обосновывают эффективность применения машинного обучения для каталитического роста ОУНТ с высокоточным контролем их выходных характеристик, что является ключевым шагом на пути к их широкому внедрению в технологию. Продemonстрированное конкурентоспособное качество прозрачного и проводящего материала, полученного с использованием простой лабораторной установки, свидетельствует о том, что результаты могут быть значительно улучшены путем разработки более сложной промышленной системы с обратной связью и использованием алгоритмов машинного обучения с подкреплением в рамках концепции умного (SMART) реактора.

Литература

1. V.Y. Iakovlev, D. V. Krasnikov, E.M. Khabushev, J. V. Kolodiaznaia, A.G. Nasibulin, Carbon. 153 (2019) 100–103.
- 2 E.M. Khabushev, D. V. Krasnikov, O. T. Zaremba, A. P. Tsapenko, A. E. Goldt, A. G. Nasibulin, J. Phys. Chem. Lett. 10 (2019) 6962–6966.
3. Dmitry V. Krasnikov, Eldar M. Khabushev, Andrey Gaev, Alisa R. Bogdanova, Vsevolod Ya. Iakovlev, Anna Lantsberg, Tanja Kallio, and Albert G. Nasibulin Carbon, 202 (2023), 76

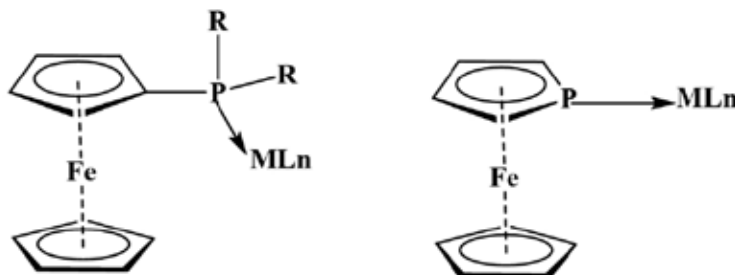
Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 20-73-10256..

ТЕТРААРИЛЗАМЕЩЕННЫЕ ФОСФАФЕРОЦЕНЫ В КАЧЕСТВЕ ЛИГАНДОВ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РЕДОКС-ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Лакомкина А.Р., Загидуллин А.А., Хризанфоров М.Н.

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, Арбузова 8, Казань, Россия
e-mail: alena.lakomkina.00@mail.ru*

Для построения редокс-переключаемых катализаторов используют редокс-активные фрагменты. Так, окисление ферроцена до катиона ферроцена приводит к более электроноакцепторному лиганду и увеличивает дефицит электронной плотности на каталитическом центре, что, в свою очередь, облегчает стадию восстановительного элиминирования, ускоряет каталитическую реакцию и увеличивает выход продукта. В редокс-переключаемых лигандах расстояние между атомом Fe в ферроцене и металлическим каталитическим центром составляет три связи (Fe-C-P-ML_n), что несколько уменьшает влияние электроноакцепторных свойств катиона ферроцена из-за разрыва сопряжения в экзоциклической C-P связи. В связи с этим большой интерес представляет группа фосфорсодержащих ферроценов – фосаферроценов, в которых реализуется η^1 тип координации фосфоильного лиганда с каталитическим центром и максимально короткое расстояние между атомом Fe^{+3} и металлическим каталитическим центром (через 2 связи (Fe-P-ML_n)). Данный факт позволяет надеяться на максимально «эффективную» передачу электронных эффектов, что приведет к более электронодефицитным каталитическим центрам, тем самым ускоряя каталитическую реакцию и улучшая выходы. [1] [2]



Литература

1. Ananikov, V. P., Musaev, D. G., & Morokuma, K. *Organometallics* 2005, **24**, 715-723
2. Xue, L., & Lin, Z. *Chemical Society Reviews* 2010, **39**, 5, 1692-1705.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 22-73-10203.

ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ НИТРОАРЕНОВ С КАР-БОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ С ОБРАЗОВАНИЕМ АМИДОВ

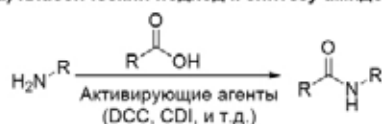
**Лосев М.А., Козлов А.С., Харитонов В.Б., Афанасьев О.И.,
Логинов Д.А., Чусов Д.А.**

Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, Москва, ул. Вавилова, 28, 119991,
e-mail: mihaillosev5@gmail.com

Амидные связи являются одной из наиболее важных функциональных групп в химии и биологии. Они содержатся в широком спектре соединений, включая пептиды, белки, полимеры и лекарственные препараты. Классический подход к синтезу амидов подразумевает модификацию карбоновой кислоты с выделением соответствующих реакционноспособных промежуточных продуктов, или *in situ* модификацию с использованием определенных добавок¹. Подобные модификации требуют использования стехиометрических количеств токсичных активаторов, в результате чего образуются эквивалентные количества отходов, снижается атомно-экономичность процесса.

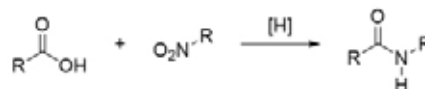
Одним из возможных способов преодоления этих проблем является использование нитроаренов в качестве источника азота. Восстановление нитроаренов является классическим способом получения аминов. Ранее в нашей научной группе была разработана прямая реакция нитроаренов с карбоновыми кислотами, с использованием конвертерного газа в качестве восстановителя². В данной работе мы разработали катализируемый родием метод, использующий монооксид углерода в качестве восстановителя, позволяющий синтезировать алифатические и ароматические амиды с большим разнообразием функциональных групп. Данный подход решает основные проблемы ранее описанных методов прямого амидирования нитросоединениями такие как: использование твердых восстановителей, высокие загрузки карбоновых кислот и низкая селективность.

а) Классический подход к синтезу амидов



- ✗ Требуется активирование реагентов
- ✗ Низкая атомно-экономичность, токсичные побочные продукты

б) Прямое амидирование нитросоединениями



Данная работа:

- ✓ Нет стехиометрических побочных продуктов
- ✓ Высокая атомно-экономичность
- ✓ Толерантность к функциональным группам

Литература

- 1) Dunetz, J. R. *et al.* *Org Process Res Dev* **2016**, 20 (2), 140–177.
- 2) Runikhina, S. A. *et al.* *Chem Sci* **2023**, 14 (16), 4346–4350.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ СИНТЕЗИРОВАННОГО ГЕМАТИТА В ГЕТЕРОГЕННОМ ФОТО-ФЕНТОН ПРОЦЕССЕ

Магомедова А.Г., Исаев А.Б., Оруджев Ф.Ф.

*Лаборатория «Smart materials», Дагестанский государственный университет,
367015, Республика Дагестан, Махачкала, ул. М. Гаджиева 43-а,
e-mail: asiyat_magomedova1996@mail.ru*

Гетерогенный Фентон-подобный процесс является одним из самых эффективных методов разрушения компонентов сточных вод до нетоксичных продуктов. Оксиды железа имеют минимальное выщелачивание ионов железа, легко регенерируются после очистки сточных вод и проявляют высокую активность в течение длительного периода эксплуатации. В данной работе нами были проведены исследования гетерогенного Фентон-подобного процесса с использованием железосодержащего катализатора $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Синтез оксида железа (III) осуществлялся следующим образом: проводили электролиз 0,1 М водного раствора хлорида натрия с использованием железного шлама в качестве электродов, подключаемых как анод и катод, при плотности тока 0,1 А/см².

Полученный материал был детально исследован методами РФА, СЭМ, СДО, КР, ИКС, РФЭС и вибрационный магнетометрии. Исследование структуры и морфологии показало, что $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ является фазово чистым высококристаллическим порошком с ромбоэдрической (гексагональной) структурой, имеющим квазисферическую морфологию с размером частиц около 200-500 нм и размерами кристаллитов 64 нм.

Каталитическую активность синтезированного порошка определяли при разложении родамина Б в фото-стимулированном процессе Фентона. Исследована зависимость скорости окисления родамина Б от количества катализатора, пероксида водорода и красителя.

Оптимальные концентрации катализатора, пероксида водорода и красителя позволили достичь высокой скорости деградации - 0,506 мин⁻¹ со степенью разложения красителя 99,15% за 12 минут. Стабильность катализатора была исследована в 5 последовательных циклах.

Также был исследован механизм процесса с использованием экспериментов по улавливанию активных радикалов. Показано, что фотогенерированные электроны восстанавливают Fe^{3+} до Fe^{2+} , который, вступая в реакции с H_2O_2 и O_2 приводит к генерации $\cdot\text{OH}$ и $\cdot\text{O}^{2-}$ радикалов, являющихся основными окислителями РодБ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 22-73-10091.

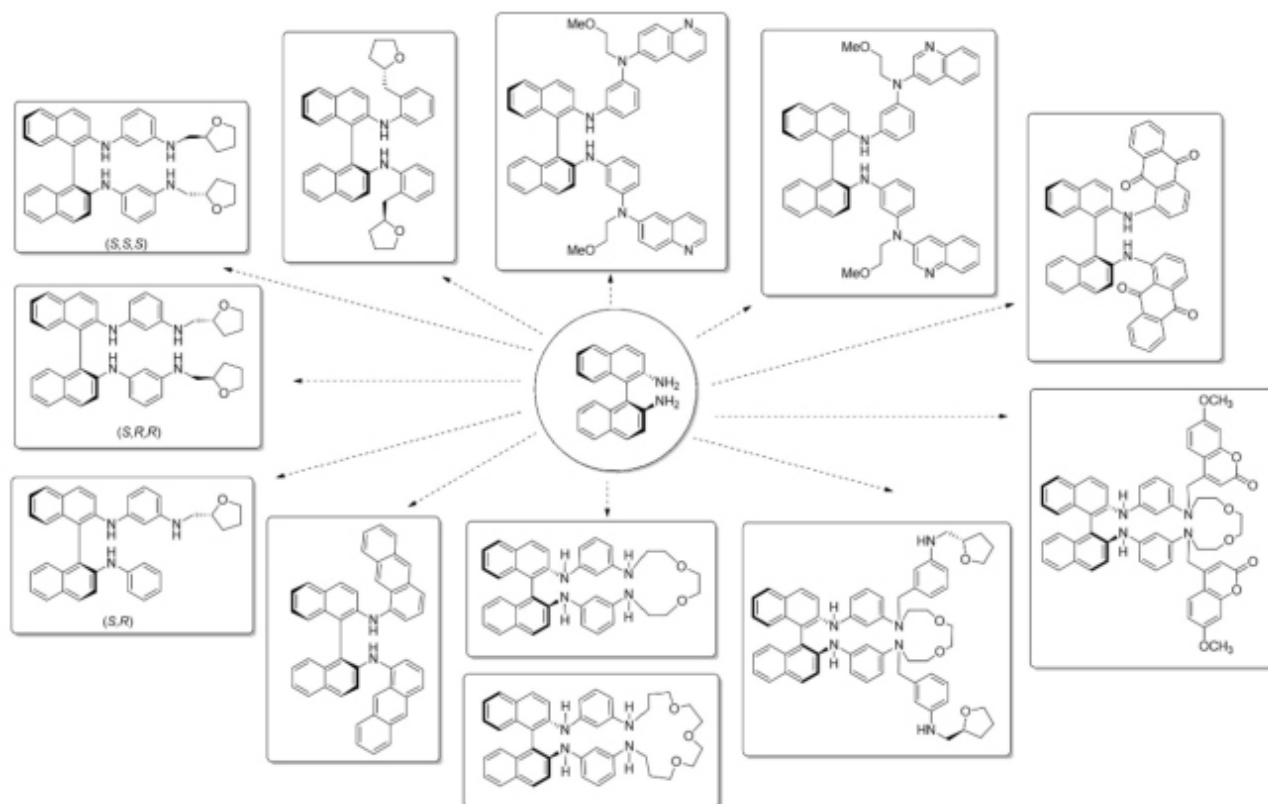
ПРОИЗВОДНЫЕ БИНАМА ДЛЯ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АМИНОСПИРТОВ И КАТИОНОВ МЕТАЛЛОВ

Малышева А.С., Аверин А.Д., Белецкая И.П.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет,
119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр.3,
e-mail: Annette9513@yandex.ru

Детектирование и количественный анализ оптически активных органических соединений является важнейшей задачей современной химии, производства фармакологических и агрохимических препаратов. Одним из наиболее перспективных методов является флуоресцентное детектирование с использованием энантиоселективных молекул-хемосенсоров.

В данной работе с помощью Pd-катализируемого аминирования синтезирован ряд новых, в том числе, макроциклических производных 2,2'-диамино-1,1'-бинафталина (БИНАМа). Полученные соединения отличаются длиной полиоксадиаминовой цепи, наличием экзоциклических флуорофорных групп (дансил, кумарин, хинолин) и дополнительных хиральных заместителей с гетероатомами азота и кислорода. Показано, что для ряда полученных соединений наблюдается изменение спектров эмиссии в присутствии хиральных аминоспиртов и катионов некоторых металлов, что указывает на возможность их применения в качестве флуоресцентных детекторов.



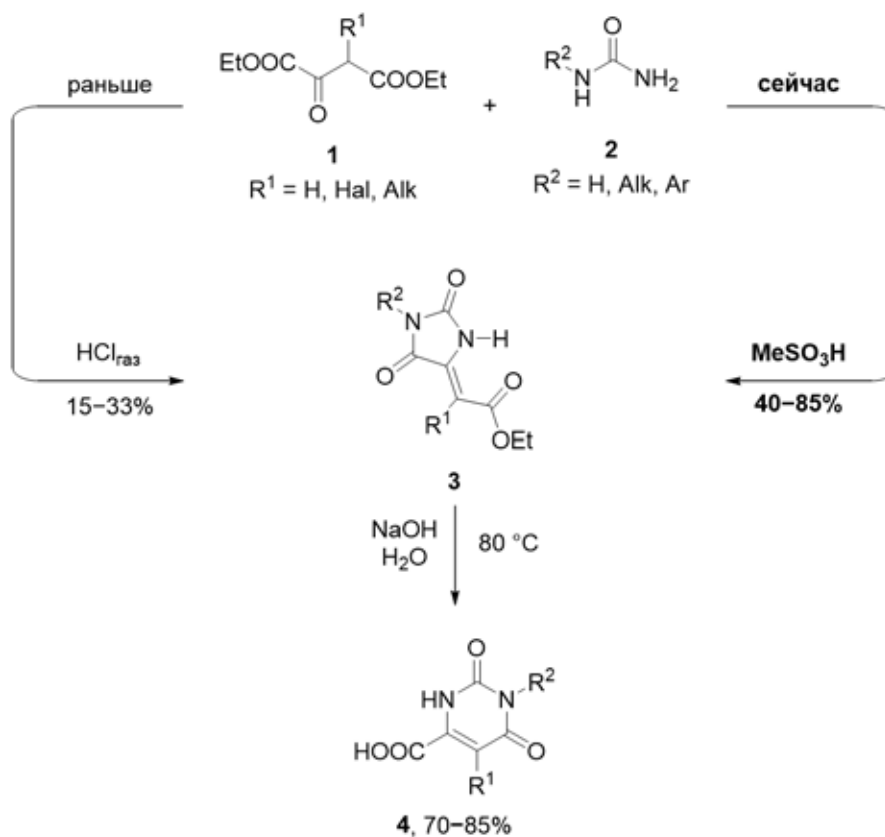
НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА 5-КАРБОКСИМЕТИЛИДЕНГИДАНТОИНОВ

Марков О.Н., Финько А.В., Белоглазкина Е.К.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия*

5-Метилиденгидантоины представляют интерес для медицинской химии, поскольку обладают высокой биодоступностью и простотой получения.

5-Карбоксиметилиденгидантоины легко превращаются в производные оротовой (урацил-6-карбоновой) кислоты в основных условиях. В настоящем сообщении мы представляем модифицированный метод получения 5-карбоксиметилиденгидантоинов в отсутствии газообразного хлороводорода и с увеличенными выходами.



Литература

1. Konnert L. et al. Chem Rev, 2017, V. 117, P. 13757–13809.
2. Colarusso S. et al. Synthesis, 2006, V. 2006, I. 08, P. 1343–1350.

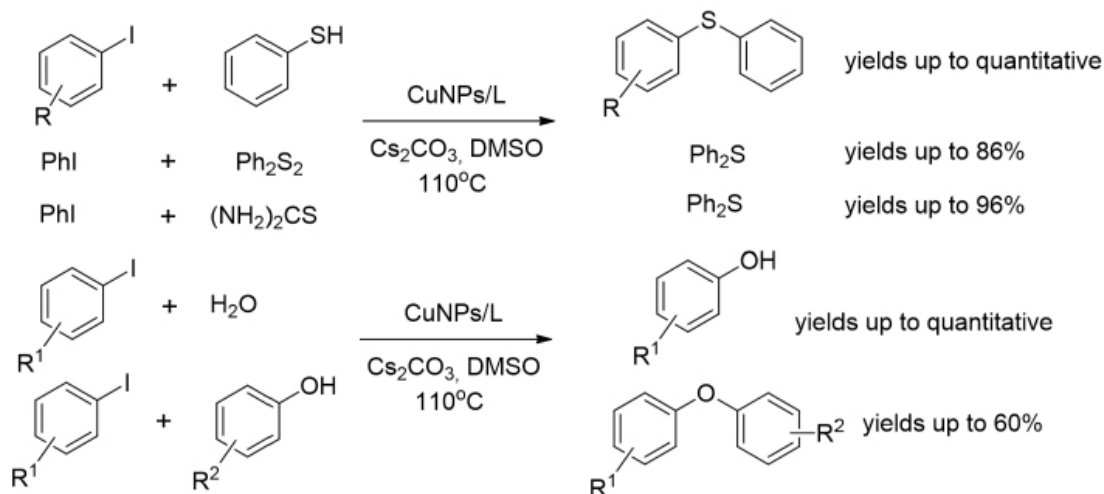
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-23-00207.

НАНОЧАСТИЦЫ МЕДИ В КАТАЛИЗЕ ОБРАЗОВАНИЯ СВЯЗЕЙ C-O И C-S

Мурашкина А.В., Фоменко В.И., Аверин А.Д., Белецкая И.П.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
химический факультет, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 3;
e-mail: arinamr@mail.ru

Важное направление в современной каталитической химии связано с использованием наночастиц в качестве катализаторов для образования связи углерод-углерод и углерод-гетероатом. В настоящей работе исследовано образование диарилсульфидов, фенолов и диариловых эфиров в реакциях арилиодидов, соответственно, с тиофенолами, диарилдисульфидами и тиомочевинной с целью получения соединения со связью C-S, и с водой, алифатическими спиртами и фенолами для синтеза производных со связью C-O. В качестве катализаторов исследованы коммерчески доступные свободные наночастицы меди различного среднего размера (25 нм, 10/80 нм, 72 нм, 86 нм), наночастицы CuO (65 нм), проведено сравнение с микроразмерными порошками Cu₂O и CuO. Реакции проводили в ДМСО при 110°C в присутствии лигандов (2-изобутирилциклогексанон, *рац*-БИНОЛ) и без лигандов. Установлено, что выходы продуктов тиолирования в целом более высокие и во многих случаях близки к количественным, в первую очередь, при взаимодействии между ArI и Ar'SH. В случае взаимодействия с O-нуклеофилами легче всего идут реакции с водой, а труднее – с алифатическими спиртами. Всесторонне исследовано влияние заместителей в арилиодидах на выходы продуктов реакций. Изучены индукционные периоды реакции и вымывание меди в раствор в различных условиях.



Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-23-00149.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛУЧАЕМЫХ ХИМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ НАНЕСЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОВ ПЕРЕМЕННОЙ ВАЛЕНТНОСТИ

Небыков Д.Н., Панов А.О., Разваляева А.В.

*Волгоградский государственный технический университет
Россия, 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28.
e-mail: nervwho@gmail.com*

Исследование направлено на разработку новых эффективных каталитических подходов к синтезу ценных химических продуктов. Реакции гидрирования являются одним из наиболее важных типов превращений в органическом синтезе. Процессы гидрирования практически значимых соединений требуют либо жестких условий проведения при применении доступных никелевых и медных катализаторов, либо использования катализаторов на основе дорогостоящих металлов (Pt, Pd, Ir, Rh). Разработка и внедрение в практику органического синтеза новых экологичных и экономически обоснованных подходов к проведению реакций гидрирования на гетерогенных катализаторах не только представляет несомненную практическую значимость, но является важной фундаментальной задачей. Значительное влияние на свойства нанесенных металлических катализаторов оказывают природа предшественника и способ синтеза активной фазы. Применение химического восстановления прекурсора боргидридом натрия и/или гидразин моногидратом позволяет получать катализаторы с уникальной морфологией, что позволяет в значительной степени управлять активностью и селективностью получаемых катализаторов за счет использования различных носителей и предшественников активной металлической фазы.

Исследование направлено на изучение закономерностей протекания процессов гидрирования в проточных системах при атмосферном давлении водорода двойных связей углерод-углерод, нитрильной, нитро- и карбонильной групп в составе широкого ряда практически значимых соединений в присутствии нанесенных наноструктурированных катализаторов, полученных химическим восстановлением солей или координационных соединений металлов переменной валентности. Использование такого типа катализаторов на основе d-металлов позволяет не только интенсифицировать процессы гидрирования при мягких условиях за счет размерного эффекта, но и снизить экономические затраты на изготовление катализатора, за счет замены классических катализаторов гидрирования на основе металлов платиновой группы на более доступные без потери активности используемого.

СИНТЕЗ ГИБРИДНЫХ МАГНИТО-ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Оруджев Ф.Ф.

Лаборатория Smart Materials, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»,
367000, Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, 43-а
e-mail: farid-stkha@mail.ru

Создание стимул-чувствительных умных катализаторов способных с высокой эффективностью разлагать органические красители является актуальной задачей для экологии. Сочетанием преимуществ фотоактивных пьезоматериалов и сегнетоэлектрических полимеров можно эффективно решать задачу сбора механических вибраций и энергии света¹.

Методом электропрядения были синтезированы волоконные мембраны на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) и феррита висмута ($\text{BiFeO}_3/\text{BFO}$). Образцы исследованы методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (Рисунок 1), ИК-Фурье спектроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и вибрационной магнитометрии.

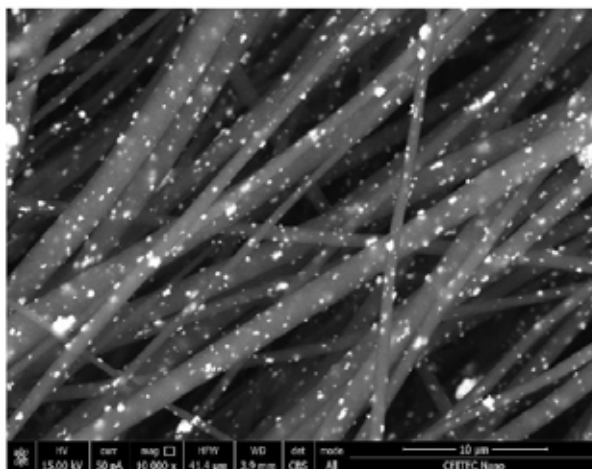


Рисунок 1. СЭМ изображение волокон ПВДФ/ВФО.

Результаты пьезофотокаталитических экспериментов по разложению красителя Метиленового Синего (МС) показали, что при совместном воздействии ультразвуковой обработки и облучения как видимым, так и УФ светом скорость реакции увеличивалась по сравнению с фотолизом, сонолизом, пьезокатализом. Для подтверждения генерации пьезоэлектрического потенциала при механическом воздействии или ультразвуковой обработке был изготовлен и протестирован пьезоэлектрический наногенератор.

Литература

1. Orudzhev F., Sobola D., Ramazanov S., Částková K., Papež N., Selimov D.A., Holcman V. *Polymers*, 2023, 15(1), 246

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-73-10091.

ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНЫЕ И СТАБИЛЬНЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ ГИДРИРОВАНИЯ 2-МЕТИЛ-3-БУТИН-2-ОЛА В МИКРОКАПИЛЛЯРНОМ РЕАКТОРЕ

Охлопкова Л.Б., Хайрулин С.Р.

*Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского Отделения Российской Академии Наук,
630090, Новосибирск, проспект Лаврентьева 5,
e-mail: mila65@catalysis.ru*

Полугидрирование алкиновых спиртов в соответствующие енолы является важным этапом промышленного производства фармацевтических препаратов, агрохимикатов и ароматизаторов¹. В синтезе витамина Е участвуют енолы, такие как 2-метил-3-бутен-2-ол (МВЕ), линалоол и изофитол. Обычно эти енолы получают селективным гидрированием алкинолов на катализаторах на основе палладия в мягких условиях. Контроль за степенью гидрирования и предотвращение полного гидрирования связей $C\equiv C$ до связей $C-C$ имеет ключевое значение для достижения высоких выходов енолов. Учитывая возрастающий рыночный спрос на енолы, для получения высококачественной продукции предлагается использовать микрокапиллярные реакторы непрерывного действия, внутренняя поверхность которых покрыта высокоселективным, активным и стабильным катализатором. Данная работа посвящена разработке высокоселективных каталитических покрытий для полугидрирования 2-метил-3-бутин-2-ола с акцентом на роль вторых металлов (Zn, Ag), стабилизатора коллоидных наночастиц, носителей катализаторов на основе чистого TiO_2 и допированного Zr, Ce и Zn^2 , а также влиянию условий реакции и исследованию кинетики каталитической реакции для установления ее механизма и главных факторов для повышения селективности. Наконец, предложена стратегия разработки высокоэффективных и селективных каталитических покрытий для гидрирования алкинолов без растворителя в микрокапиллярном реакторе.

Литература

1. Bonrath W., Medlock J., Schütz J., Wüstenberg B., Netscher T. Hydrogenation in the Vitamins and Fine Chemicals Industry – An Overview. – Intech, 2012, 69.
2. Okhlopkova L., Prosvirin I., Kerzhentsev M., Ismagilov Z. *Catalysts*, 2022, **12**, 1660

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект FWUR-2024-0033).

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ Pd-Ag/TiO₂: ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИОЛЬНЫМ СПОСОБОМ, ХАРАКТЕРИСТИКА И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ В СЕЛЕКТИВНОМ ГИДРИРОВАНИИ 2-МЕТИЛ-3-БУТИН-2-ОЛА

Охлопкова Л.Б., Петрова Е.Ю., Хайрулин С.Р.

*Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского Отделения Российской Академии Наук,
630090, Новосибирск, проспект Лаврентьева 5,
e-mail: mila65@catalysis.ru*

Реакции селективного гидрирования используются с начала этого столетия, а именно алкенолы, являющиеся наиболее важными промышленными продуктами фармацевтической и парфюмерной промышленности, в основном производятся путем селективного гидрирования соответствующего алкинового спирта. Биметаллическая композиция Pd-Ag является эффективным катализатором селективного гидрирования концевых и внутренних алкинов. В настоящее время влияние структуры Pd-Ag наночастиц на каталитические характеристики этой системы в жидкофазном гидрировании алкинолов исследованы недостаточно. Полиольный процесс позволяет синтезировать монодисперсные неагломерированные металлические частицы драгоценных металлов в нанометровом диапазоне. Кроме того этот метод используется для синтеза одноатомного сплава (SAA) со структурой ядро-оболочка¹, для этого второй металл (оболочка) последовательно восстанавливается на поверхности наночастиц первого металла (ядро). Целью настоящей работы является применение этого процесса для получения каталитических пленок на основе монометаллических (Pd) и биметаллических (Pd-Ag) наночастиц с различной структурой; и сравнение эффективности каталитических пленок на их основе в жидкофазном гидрировании 2-метил-3-бутин-2-ола. Для биметаллической пленки Pd₃₃Ag₆₇/TiO₂ показано увеличение производительности в 10 раз в случае структуры Pd ядро-Ag-Pd оболочка по сравнению со структурой Pd-ядро-Ag оболочка; селективность возросла для биметаллической пленки Pd₃₃Ag₆₇/TiO₂ со структурой Pd ядро-Ag-Pd оболочка (S=96%) по сравнению с монометаллической Pd/TiO₂ (S=89%) при конверсии 97% и стабильной работы в течение 64 ч в микрокапиллярном реакторе.

Литература

1. Zhang S., R. Wang R., Zhang X., *RSC Adv*, 2024, 3936.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект FWUR-2024-0033).

ПОЛУЧЕНИЕ МЕЗОПОРИСТЫХ ФОСФАТОВ С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДЬЮ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕГАЗАЦИИ

Пермякова И.А., Гладких Е.О., Вольхин В.В.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г.Пермь, Комсомольский проспект, 29,
e-mail: iapermyakova@pstu.ru*

Фосфаты магния вызывают большой интерес как группа веществ, которые могут применяться в катализе, электрокатализе, в качестве полупроводниковых материалов, удобрений пролонгированного действия¹. Существует широкое разнообразие форм их кристаллогидратов. Разнообразие составов и в ряде случаев структур фосфатов позволяет регулировать многие их свойства, в частности удельную площадь поверхности, что особенно актуально при производстве катализаторов.

Синтез мезопористых фосфатов можно осуществлять методом термической дегазации¹. При повышении температуры материал-предшественник отдаёт часть, образуя пустоты в матрице основного вещества, и это увеличивает удельную площадь поверхности итогового материала. В данной работе обобщаются результаты исследования роли материала-предшественника в ходе термической дегазации при получении материалов (таблица 1) с высоко развитой поверхностью.

Материал-предшественник	Потеря массы при дегазации, %	Удельная площадь поверхности, м ² /г	Средний радиус пор, нм
$Mg_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O$	24,7	74	5,23
$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	13,2	45	3,95

Таблица 1. Пример результатов температурной дегазации материалов-предшественников при 90°C в течении 2 часов.

Важным показателем становится доля потери массы при термической обработке материала, которая коррелирует с итоговым ростом удельной площади поверхности материала и средним радиусом пор. Дальнейшее исследование предусматривает оптимизацию условий синтеза материалов-предшественников и параметров их температурной дегазации при формировании мезопористых материалов с высокой удельной площадью поверхности как основы относительно недорогих каталитических материалов.

Литература

1. Hövelmann J., Stawski T. M., Besselink R., Freeman H. M., Dietmann K. M., Ma-yanna S., Pauw B. R., Benning L. G. *Nanoscale*, 2019, **11**, 6939.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН, ПОЛУЧЕННЫХ В ХОДЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ТРИХЛОРЭТИЛЕНА НА МИКРОДИСПЕРСНЫХ Ni-М КАТАЛИЗАТОРАХ

Потылицына А.Р.,^а Руднева Ю.В.,^б Попов А.А.,^б Бауман Ю.И.,^а
Шубин Ю.В.,^б Ведягин А.А.,^а Мишаков И.В.^а

^а *Институт катализа СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 5
e-mail: potylicy@catalysis.ru*

^б *Институт неорганической химии СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 3*

Углеродные нановолокна (УНВ) представляют собой наноразмерные нитевидные структуры, состоящие из слоёв графена. Сочетание таких характеристик, как большая удельная поверхность, инертность, хорошая электро- и теплопроводность, обуславливает широкий выбор областей, где данные материалы могут применяться.

В данной работе углеродные нановолокна были получены в результате каталитического разложения трихлорэтилена (C_2HCl_3 , ТХЭ) на массивном никеле и его сплавах. Наличие хлора в молекуле субстрата определяет уникальное сегментированное строение получаемого продукта (Рис. 1а). Однако, как показывает данное исследование, структурные особенности УНВ зависят не только от типа разлагаемого субстрата, но также и от состава катализатора. Волокна с сегментированным строением были получены на Ni-Mo и Ni-W катализаторах (Рис. 1а). В то же время материал, синтезированный на Ni-Pd и Ni-Sn сплавах, представлен длинными сплошными волокнами, растущими параллельно и образующими макроструктуру в виде «сетки» (Рис. 1б).

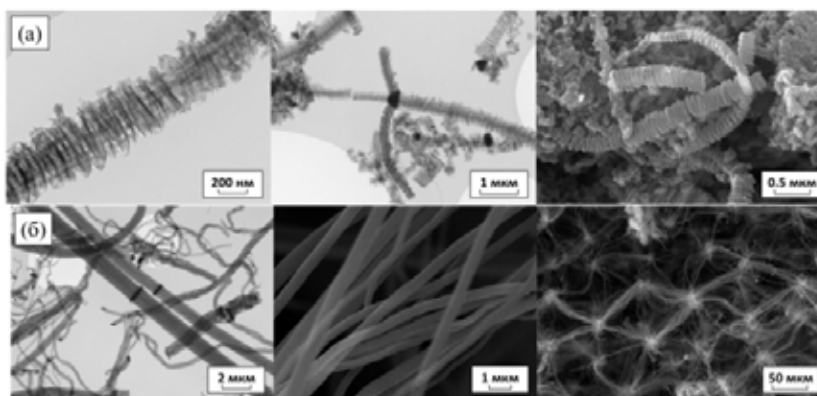


Рисунок 1. Снимки СЭМ и ПЭМ углеродных нановолокон, полученных разложением ТХЭ при 600°C а) на 96Ni-4W катализаторе; б) на 99.75Ni-0.25Sn катализаторе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №22-13-00406.

НАНОЗВЕЗДЫ КАК ВЫСОКОАКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР В МЕМБРАННЫХ ВОДОРОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Пушанкина П.Д.^а, Андреев Г.А.^а, Иванин С.Н.^а, Папезжук М.В.^а,
Симонов А.И.^а, Прохоров Н.А.^а, Джимак С.С.^{а,б}, Петриев И.С.^{а,б}

^а Кубанский государственный университет, 350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149
e-mail: polina_pushankina@mail.ru

^б Южный научный центр РАН, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41

Каталитические системы на основе палладия являются достаточно устойчивыми к ядам, что делает их перспективными материалами для использования в устройствах диффузионной очистки водорода. Нанесение Pd-наночастиц способно интенсифицировать транспорт водорода через мембраны на основе палладия в условиях низких температур¹.

В ходе исследования методом электролитического осаждения было синтезировано два вида покрытий на поверхности Pd-Ag пленок на основе классических сферических наночастиц и нанозвезд.

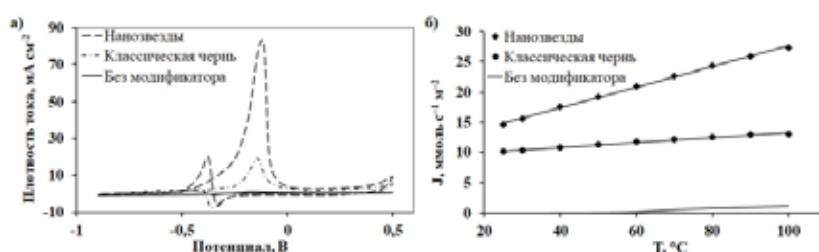


Рисунок 1. (а) Каталитические и (б) мембранные исследования модифицированных Pd-Ag пленок.

Модифицированные нанозвездами пленки продемонстрировали превосходные показатели в каталитических и мембранных процессах, что может обуславливаться повышением адсорбционной активности поверхности. Использование наноструктурированных мембранных материалов позволит значительно интенсифицировать транспорт водорода и снизить рабочие температуры процесса.

Литература

1. Petriev I., Pushankina P., Bolotin S., Lutsenko I., Kukueva E., Baryshev M. *Journal of Membrane Science*, 2021, **620**, 118894.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-19-20068.

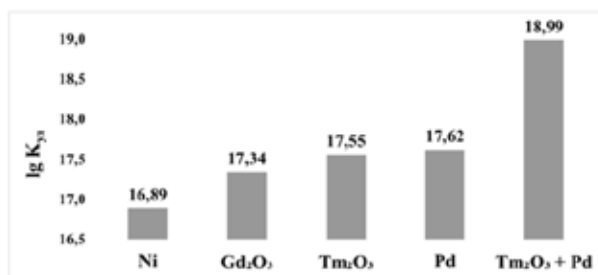
КАТАЛИЗАТОРЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОРТО-ПАРА КОНВЕРСИИ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ С РЗЭ И БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН

Винокуров Е.Г., Пшеницын М.Б., Боева О.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»,
125047 Москва, Миусская пл., 9
e-mail: pshenmichail@gmail.com*

Одним из ключевых этапов перехода к водородной энергетике является разработка высокоактивного и стабильно работающего катализатора конверсии *орто*-H₂ в *пара*-H₂ при получении и хранении жидкого H₂.

Представлены результаты исследования каталитических свойств композитов на основе сплава Ni-P без/с дисперсной фазой оксидов Gd₂O₃, Tm₂O₃, а также композита, инкрустированного наночастицами Pd. В качестве носителя каталитической системы выбрано базальтовое волокно, поскольку материал отличается лёгкостью, экологичностью, прочностью. Модельная реакция – изомерная конверсия H₂ при давлении 0.5 торр и 77 К. Результаты данной работы представлены в виде зависимости удельной каталитической активности К_{уд} (молекул·с⁻¹·г⁻¹) от состава композита.



Нанесение наночастиц Pd на композит с добавкой Tm₂O₃, который обладает высоким атомным магнитным моментом $\mu_{\text{Tm}} = 7,62 \text{ } \mu\text{B}$, привело к синергическому эффекту в каталитических свойствах; К_{уд} Ni-P-Tm₂O₃ увеличилась более чем на 2 порядка по сравнению с исходным никелевым покрытием. Вероятно, значительное изменение активности катализатора вызвано сменой химического механизма конверсии с разрывом связи, на магнитный механизм – без разрыва связи в молекуле H₂, который осуществляется на магнитных центрах атомов РЗМ.

Показано, что покрытие композитом Pd/Ni-P-Tm₂O₃ и базальтовые волокна являются перспективными материалами для катализа реакции низкотемпературной конверсии модификаций H₂.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках программы развития РХТУ им. Д.И. Менделеева "Приоритет-2030".

РАЗРАБОТКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ МЕДЬЦИНКАЛЮМИНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ СИНТЕЗ-ГАЗА

Румянцев Р.Н., Смирнова А.А., Папулова Э.Л., Гордина Н.Е.

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Иваново, Шереметевский проспект 7,
e-mail: rrn@isuct.ru*

Высокая производительность и экономическая эффективность производств напрямую зависит от эффективности и стабильности работы катализаторов на различных стадиях технологического процесса^{1,2}.

В работе затронуты актуальные проблемы создания и дальнейшего промышленного внедрения CuO/ZnO/Al₂O₃ катализаторов для процесса низкотемпературной конверсии монооксида углерода (НТК) водяным паром в производстве аммиака и водорода. В представляемом докладе будут отражены обобщённые данные по опыту разработок медьцинкалюминиевых катализаторов, проводимых в ИГХТУ, в том числе их получение с использованием ресурсо- и энергосберегающих методов, основанных на механохимическом синтезе. Сведения по каталитическим свойствам, в условиях максимально приближенных к промышленным (состав газа, температуры процесса, давление), а также по влиянию параметров технологического процесса на активность и селективность данных катализаторов. Например, изменению селективности в зависимости от давления процесса НТК и содержания монооксида углерода в исходном газе. Представлены методики исследования и результаты оценки стабильности работы катализаторов, основанные на их принудительной дезактивации. В частности, будут отражены данные по изменению физико-химических свойств (активной и удельной поверхности, пористой структуры, дисперсности и размера частиц активного металла) и показана их взаимосвязь с активностью и селективностью. Показаны тенденции изменения этих свойств при термической дезактивации. На основании проведенного анализа сделаны выводы по стабильности работы катализаторов и срокам их службы.

Литература

1. Ильин, А. А., Бабайкин, Д. В., Смирнов, Н. Н., Ильин, А. П. *Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология*, 2013. 56(12), 3-14.
2. Бабайкин, Д. В., Ильин, А. А., Ильин, А. П., Румянцев, Р. Н., Денисова, К. О. *Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология*, 2015. 58(9), 29-33.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2024-0004).

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ

Матус Е.В., Сальников А.В., Никитин А.П., Хайрулин С.Р.

*Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской Академии Наук,
650000, Кемерово, проспект Советский 18,
e-mail: salnikov@catalysis.ru*

Разработка угольных месторождений сопровождается высвобождением метансодержащего газа, улавливание и переработка которого имеет решающее значение для обеспечения метанобезопасности шахт и защиты окружающей среды^{1,2}. С целью создания эффективных катализаторов для ресурсосберегающей конверсии метана угольной отрасли в водородсодержащий газ проведен синтез нанесенных на оксид алюминия сложных оксидов и комплексом физико-химических методов исследованы закономерности их формирования и физико-химические свойства. Для управления функциональными характеристиками катализаторов в целевой реакции разработаны способы конструирования каталитических систем, включающие использование эффектов взаимного усиления действия металлов и модифицирования состава носителя. Взаимное усиление действия металлов достигалось путем модифицирования Ni активного компонента вторым металлом (Me = Pd, Re, Mo) или формированием поверхностного твердого раствора с оксидным промотором (M = Ce, La, Zr, Mg) с последующей его активацией в восстановительной среде. Выполнено тестирование разработанных катализаторов в процессе конверсии угольного метана различного состава и установлена взаимосвязь «состав–структура–функциональные свойства». Выявлены наиболее устойчивые к образованию углеродистых отложений составы катализаторов и параметры их синтеза. Определены факторы, влияющие на достижение высоких показателей процесса. Выявлен состав катализатора – $20\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$, который за счет сочетания термостабильности модифицированного $(\gamma+\delta)\text{-Al}_2\text{O}_3$, сильного взаимодействия Ni–носитель и антикокующих свойств CeO₂, обеспечивает высокие показатели конверсии метана и выхода H₂.

Литература

1. Matus E.V., Ismagilov I.Z., Mikhaylova E.S., Ismagilov Z.R. *Eurasian Chem.-Technol. J.*, 2022, **24**, 69.
2. Yin J., Su S., Bae J. S., Yu X. X., Cunningham M., Jin Y. *Energy Fuels*, 2020, **34**, 655.

Исследование выполнено за счет грантов Российского научного фонда 22-13-20040, <https://rscf.ru/project/22-13-20040/> и Региона Кемеровская область – Кузбасс.

РОЛЬ АМИНО-ГРУПП В ПОРИСТЫХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРАХ ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ CO_2

**Самороднова А.П., Хризанфоров М.Н., Ахматханова Ф.Ф., Загидуллин А.А.,
Шекуров Р.П., Безкишко И.А., Милюков В.А.**

*ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН,
420088, Россия, Казань, ул. Арбузова, 8
E-mail: apsamorodnova@gmail.com*

В контексте реакции конверсии CO_2 нековалентные взаимодействия определяют его адсорбцию и активацию на поверхности катализатора, приводя к повышению каталитической активности и селективности. Анализ нековалентных взаимодействий становится важным аспектом проектирования эффективных электрокатализаторов.

В данной работе основное внимание уделяется анализу влияния нековалентных взаимодействий на стереоселективность синтеза и электронную структуру молекул. Основным инструментом стали различные электрохимические методы с полудифференциальным способом обработки. С их помощью было выявлено, что введение аминоксодержащей группы в лиганд ферроценил-*R*-фосфинат, используемый в синтезе координационных полимеров и катализаторов для восстановления CO_2 , оказывает существенное влияние на электрохимические свойства лиганда и на стереоселективность его синтеза. Однако использование лигандов с аминоксодержащими группами в реакциях восстановления CO_2 возможно не во всех случаях, поэтому при разработке процесса требуется учет неспецифических взаимодействий.

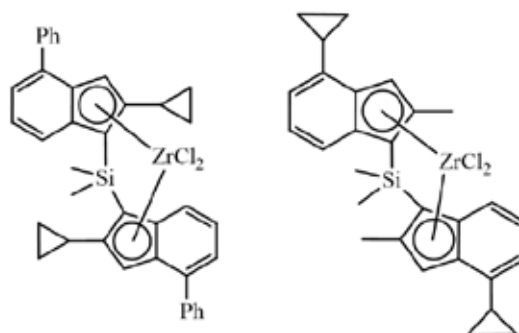
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 22-73-10203.

КАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ОЛЕФИНОВ НА ОСНОВЕ ЦИКЛОПРОПИЛ-ЗАМЕЩЕННЫХ C₂-СИММЕТРИЧНЫХ БИС(ИНДЕНИЛЬНЫХ) ЦИРКОНОЦЕНОВ

**Самсонов О.В., Шариков М.И., Горюнов Г.П.,
Уборский Д.В., Воскобойников А.З.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
химический факультет, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы 1 стр 3
e-mail: oleg.samson@mail.ru*

C₂-симметричные *анса*-комплексы металлов подгруппы титана, активированные МАО или перфторарил-боратными активаторами, являются высокоэффективными катализаторами стереоселективной полимеризации пропилена, для которых надежно установлена взаимосвязь между их строением и каталитическими свойствами.¹ Одним из наиболее успешных примеров являются системы на основе C₂-симметричных *анса*-цирконоценов с Me₂Si-мостиком, алкильными и арильными заместителями во 2-ом и 4-ом положениях инденильных фрагментов, соответственно. В докладе рассмотрены новые комплексы такого типа, содержащие циклопропильные заместители в инденильных фрагментах, например:



Для введения циклопропильного заместителя были использованы Pd-катализируемые реакции кросс-сочетания с участием галогензамещенных инденов. Полученные циклопропилзамещенные индены использовались для синтеза мостиковых лигандов, а затем соответствующих *анса*-металлоценов. На заключительном этапе исследования было показано, что полученные комплексы, активированные МАО или боратным активатором АВ (PhNHMe⁺[B(C₆F₅)₄]⁻), образуют высокоактивные и стереоселективные катализаторы полимеризации пропилена, не уступающие по своим характеристикам металлоценовым катализаторам с обычно используемыми нециклическими алкильными заместителями.

Литература

1. Ehm C., Vittoria A., Goryunov G.P., Izmer V.V., Kononovich D.S., Samsonov O.V., Girolamo R.D., Budzelaar P.H.M., Voskoboynikov A.Z., Busico V., Uborsky D.V., Cipullo R., *Polymers* **2020**, 12(5), 1-21.

СИНТЕЗ ЦЕОЛИТА ZSM-5 С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ НАТРИЯ

Севергина Е.С., Каманова Т.А., Кравчук Д.А., Гордина Н.Е.

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Иваново, пр. Шереметевский, д. 7
e-mail: esevergina@yandex.ru*

В качестве высокоэффективных катализаторов и адсорбентов во многих процессах химической и нефтехимической промышленности наибольшее распространение получили цеолиты ZSM-5. Интерес к этим цеолитам обусловлен наличием в структуре больших полостей и трехмерного кольца, в результате чего данные материалы обладают повышенной диффузионной способностью в поры катализатора крупномолекулярных углеводородов, что значительно расширяет область их использования в технологических процессах¹.

В связи с тем, что наличие натрия снижает активность катализатора во многих технологических процессах, то это влечет за собой требование по практически полному удалению Na^+ , в том числе путем его замещения на NH_4^+ . Таким образом, актуальным является разработка прямого синтеза с низким содержанием натрия.

Образцы готовили по формуле осаждения: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 50\text{C}_2\text{H}_5\text{ONH}_2 \cdot 50\text{SiO}_2 \cdot 525\text{H}_2\text{O}$. Предварительно смесь исходных компонентов подвергали СВЧ-обработке в течение 10 мин², после чего производили гидротермальный синтез в автоклаве объемом 250 мл 24 – 72 ч при температуре 150 °С.

В результате определены оптимальные параметры синтеза цеолита ZSM-5 с пониженным содержанием ионов Na^+ , показано, что через 48 ч продукт кристаллизации представлял собой цеолит ZSM-5 с содержанием кристаллической фазы 95 %, других фаз не было обнаружено. Увеличение времени кристаллизации привело к образованию дополнительной фазы кварца в области угла дифракции 2θ : 25-27 град, что может быть связано с перекристаллизацией продукта, а снижение времени – к получению продукта с высоким содержанием аморфной фазы.

Литература

1. Król M. Crystals. 2020. V. 10. N. 7. P. 622.
2. Gordina, N. E., Rummyantsev, R. N., Borisova, T. N. et al. *Petroleum Chemistry*. 2021. V. 61. P. 292-298.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2024-0004).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЬЕЗО-/ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОВОЛОКОН ПВДФ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НИТРАТОМ МАГНИЯ

Селимов Д.А.^а, Рабаданова А.А.^а, Собола Д.С.^а, Оруджев Ф.Ф.^{а,б}

^а *Smart Materials Laboratory, ФГБОУ ВО Дагестанский Государственный Университет,
 Махачкала, Россия, 367000*

e-mail: daud-selimov@live.com

^б *Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского федерального исследовательского
 центра РАН; Россия, 367015, г. Махачкала, Россия*

С ростом промышленных мощностей увеличивается уровень загрязнения и токсичности, в том числе органических соединений. Одним из перспективных методов очистки являются пьезо-/фотокаталитические процессы, в которых используются два вида природной энергии: солнечная энергия для фотокатализа и механическая энергия для пьезокатализа¹. В данной работе использована композитная полимерная мембрана на основе органического пьезоэлектрического материала поливинилиденфторида (ПВДФ) с добавлением гидратированной соли нитрата магния $Mg(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ синтезированная методом электропрядения².

Полученный образец исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), рентгенофазового анализа (РФА), оптической спектроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (ИК-Фурье), спектроскопии комбинационного рассеяния (КР). Каталитические свойства были изучены при разложении модельного красителя метиленового синего (МС) при облучении Видимым и УФ-видимым светом, а в качестве источника механического напряжения использовали ультразвук с частотой 18кГц. Композитный материал показал высокую фотокаталитическую активность. Результаты показали, что при УФ-видимом облучении пьезофотокатализ проявил самую высокую активность в разложении МС (92% за 25 минут), в то время как в отсутствие светового облучения, пьезокатализ (83% эффективности за 60 минут), а фотокатализ показал 89% эффективности за тот же период времени. При использовании источника видимого света активность фотокатализа и пьезофотокатализа составила 44 и 74% соответственно. Стоит отметить, что ни полимер, ни соль не являются фоточувствительными материалами.

Литература

1. Orudzhev F. et al. ChemistrySelect, 2023, **8**, 43, e202303318.
2. Orudzhev F. et al. Polymers., 2023, **15**, 1, 246.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-73-10091.

СИНТЕЗ ФОТОАКТИВНЫХ Pd/NHC СИСТЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Суржикова Я.И., Бурыкина Ю.В., Анаников В.П.

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

В настоящее время фотокатализ является ценным инструментом для существенного расширения потенциала синтетической органической химии¹. Исследователи со всего мира используют фотокатализаторы для построения C-C и C-гетероатом связей в субстратах, где традиционные методы органического синтеза оказываются неэффективными^{1,2}. Тем не менее, их довольно редко удается регенерировать по окончании реакции, что заставляет задуматься о стабильности фотокатализаторов, а также возможных неизученных процессах их эволюции. Понимание превращений катализаторов, протекающих в реакции, позволит разрабатывать новые высокоэффективные каталитические системы^{3,4}.

В данной работе были синтезированы фотоактивные Pd/NHC (N-гетероциклический карбен) комплексы в качестве примера динамической фотокаталитической системы. Их каталитическая активность была изучена на модельной реакции фотоокислительного амидирования между производными альдегидов и вторичных аминов. Широкий ряд из 28 различных продуктов был синтезирован с выходами от 26 до 92% с целью доказательства эффективности методики.

На следующем этапе было проведено изучение поведения Pd/NHC комплекса в растворе. С помощью масс-спектрометрического мониторинга был изучен механизм реакции, а также было показано наличие динамических превращений Pd/NHC комплекса в условиях реакции амидирования.

Литература

1. Ghosh I., Shlapakov N., Karl T.A., Düker J., Nikitin M., Burykina J.V., Ananikov V.P., König B. *Nature*, 2023, **619**, 87–93.
2. Cheung K.P.S., Sarkar S., Gevorgyan V. *Chem. Rev.*, 2022, **122**, 1543–1625.
3. Grotjahn S., König B. *Org. Lett.*, 2021, **23**, 3146–3150.
4. Kwon Y., Lee J., Noh Y., Kim D., Lee Y., Yu C., Roldao J.C., Feng S., Gierschner J., Wannemacher R., Kwon M.S. *Nat Commun.*, 2023, **14**, 92.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-13-00099.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МОКП ДЛЯ ОРТО-ПАРА КОНВЕРСИИ ВОДОРОДА

Сырцов Д.А., Порываев А.С., Федин М.В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
«Международный томографический центр» Сибирского отделения Российской академии наук,
ул. Институтская, 3А, Новосибирск, 630090,
E-mail: d.syrtsov@g.nsu.ru*

В последние года водородная энергетика - одно из самых активно развивающихся направлений науки и технологий. Проблема хранения и транспортировки водорода является ключевой на пути внедрения водорода в качестве топлива. Сжижение водорода – наиболее простой и хорошо изученный метод, позволяющий хранить водород с высокой энергетической плотностью. Ключевая стадия данного процесса – орто-пара конверсия водорода. При нормальных условиях концентрации изомеров соотносятся как 1/3, в то время как при температуре кипения в равновесии водород практически полностью состоит из пара изомера. По этой причине предварительная орто-пара конверсия необходима, чтобы избежать самопроизвольного вскипания и взрыва водорода. В промышленности для орто-пара конверсии водорода обычно используются катализаторы на основе оксидов железа (например, Ionex®). Однако эти материалы имеют достаточно низкую пористость и доступность ионов металлов для водорода. С другой стороны, пористость, удельная площадь поверхности и доступность парамагнитных ионов металлов для водорода намного выше в металлорганических координационных полимерах (МОКП). В связи с этим должны быть рассмотрены МОКП, обладающие потенциалом к крупнотоннажному производству, а также необходимо разработать методы формования с целью получения механически прочных частиц необходимого размера.

В данной работе изучена эффективность катализаторов орто-пара конверсии водорода на основе МОКП содержащих парамагнитные ионы металлов. В качестве объектов исследования были выбраны МОКП, обладающие высоким потенциалом к масштабированию и высокой эффективностью в процессе орто-пара конверсии водорода. Также было изучено влияние условий активации и модификации путём допирования для некоторых МОКП на эффективность катализа. Разработаны подходы к формованию рассматриваемых МОКП с целью получения механически прочных и каталитически активных материалов.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-73-10239»

ПРЕИМУЩЕСТВА СЕТЧАТЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ ПРОМВЫБРОСОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА, УГЛЕРОДА И ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ХИМИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Тушканов И.М., Гунич С.В.

ООО «Экострим», 142432, Московская обл., г.о. Черноголовка, Школьный б-р, д. 1 а, оф. 304
e-mail: i.tushkanov@ecostream.tech

Для газоочистки промвыбросов химических предприятий от наиболее распространенных загрязняющих веществ – оксидов азота (I, II, IV) N_2O , NO , NO_2 и оксидов углерода (II) CO , а также для каталитического окисления летучих органических соединений (паров растворителей, аэрозолей лакокрасочных материалов) в выбросах предприятий металлообработки ООО «Экострим» создает каталитические системы на основе сетчатых катализаторов с нанесенными по особой технологии активными компонентами – платина, палладий родий, рутений. Сетчатые каталитические системы, действующие по принципу гетерогенного катализа, являются высокоэффективным способом очистки выбросов в атмосферу благодаря тому, что каталитические взаимодействия в катализаторах такого типа происходят на границе раздела фаз конвертируемой газовой смеси и катализатора. На развитой поверхности сетчатых катализаторов, создаваемых путем нанесения активных компонентов на многослойные носители – кремнеземные ткани (для низкотемпературных процессов до $500^{\circ}C$) или сетки из жаропрочных сплавов на основе нержавеющей стали, фехрали и т.п. (для высокотемпературных процессов от $500^{\circ}C$ до $1000^{\circ}C$), обеспечивается взаимодействие конвертируемых веществ с образованием активированных комплексов в виде промежуточных поверхностных соединений катализатора и реагирующих веществ, формирующих затем продукты катализа, восстанавливающие поверхность катализатора.

Необходимая масса, объем слоя и плотность упаковки сетчатых катализаторов для эффективного осуществления процессов газоочистки подбираются на основе экспериментальных исследований активности, выполняемых в собственной лаборатории на стендовой испытательной установке. Объемная скорость газовой смеси, при которых достигается наибольшая эффективность процессов газоочистки, для сетчатых каталитических систем на основе многослойной кремнеземной ткани по результатам исследований составляет до 40000 час^{-1} , что в 3 – 5 раз выше известных блочных и гранулированных катализаторов.

НАПРЯЖЕННАЯ ДВОЙНАЯ С=C-СВЯЗЬ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В СИНТЕЗЕ И КАТАЛИЗЕ

Флид В.Р., Шамсиев Р.С., Дураков С.А., Замалютин В.В.

*МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова), 119571, Москва, проспект Вернадского 86;
e-mail: vitaly-flid@yandex.ru*

Напряженные карбоциклические соединения являются важнейшими объектами в органической химии углеводов и их производных. Применение каталитических методов и подходов позволяет получать на их основе уникальные соединения с заданными свойствами при помощи весьма ограниченного количества технологических стадий. Важной особенностью таких реакций является реализация возможности использования дополнительной энергии напряжения, заключенной в карбоциклической структуре, для решения вопросов селективности различного уровня – регио-, стерео-, энантио-. Перспективными представителями таких соединений являются норборнадиен (НБД) и производные норборненового (НБ) ряда. Каталитические процессы с их участием открывают возможности для синтеза широкого круга труднодоступных полициклических углеводов. Эффективное использование и сочетание разных синтетических приемов позволяет разработать уникальную стратегию получения насыщенных и ненасыщенных карбоциклических структур.

Проблемы избирательности в многомаршрутных реакциях с участием НБ-производных приобретают первостепенную роль. На примере реакций димеризации и аллилирования НБД и НБ, их содимеризации с ненасыщенными соединениями показана возможность управления скоростью и селективностью процессов. Исследованы пути формирования Ni- и Pd-катализаторов, спектральными и изотопными методами выявлены ключевые интермедиаты, установлены кинетические закономерности, предложены непротиворечивые механизмы. Разработаны новые технологичные гетерогенные катализаторы. Проведено сопоставление эффективности применения гомогенных и гетерогенных катализаторов, выявлены общие черты в реакционных механизмах. Выполнено квантово-химическое моделирование Ni- и Pd-катализируемых процессов с участием НБД. Теоретические подходы позволили осуществить молекулярный дизайн каталитических систем, предсказать наиболее вероятные маршруты реакций и оптимизировать условия их протекания.

Работа выполнена при поддержке РНФ в рамках научного проекта №23-73-00123.

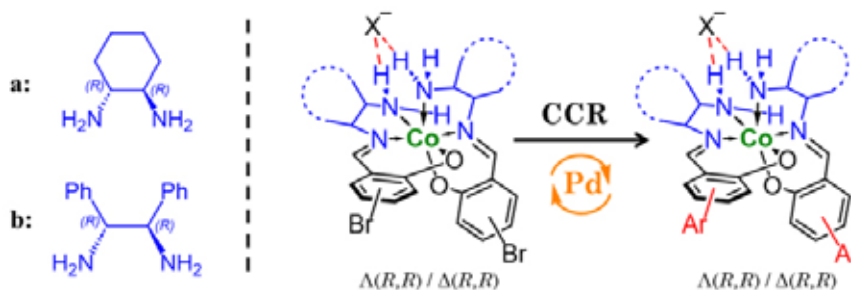
СИНТЕЗ И МОДИФИКАЦИЯ АСИММЕТРИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ХИРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ CO(III) Λ- И Δ-КОНФИГУРАЦИЙ

Хромова О.В., Емельянов М.А., Смольяков А.Ф., Малеев В.И., Ларионов В.А.

*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Вавилова 28, стр. 1
e-mail: olvichrom@gmail.com*

Металл-темплатный органокализ является многообещающим и ещё недостаточно изученным направлением в области асимметрического синтеза. Такой оригинальный подход к получению энантиомерно обогащённых соединений заключается в применении координационно-насыщенных хиральных комплексов переходных металлов в качестве катализаторов. В частности, положительно-заряженные комплексы Co(III) с хиральностью на металле, координированном с двумя хиральными тридентатными лигандами, проявили себя как эффективные доноры водородной связи в асимметрических межфазных реакциях¹.

В данной работе впервые было изучено влияние структуры лигандов на образование диастереомерных комплексов Co(III) с Λ- и Δ-конфигурацией на ионе металла и продемонстрирована прямая модификация хиральных катализаторов с использованием реакции кросс-сочетания Сузуки-Мияуры². На примере модельных асимметрических реакций присоединения по Михаэлю и эпексидирования было показано влияние стереохимии комплексов Co(III) на энантиоселективность реакции³.



Литература

1. Belokon Y.N., Maleev V.I., North M., Larionov V.A., Savel'yeva T.F., Nijland A., Nelyubina Y.V. *ACS Catal.*, 2013, **3**, 1951.
2. Khromova O.V., Emelyanov M.A., Stoletova N.V., Bodunova E.E., Prima D.O., Smol'yakov A.F., Eremenko I.L., Maleev V.I., Larionov V.A. *Organometallics*, 2023, **42**, 2505.
3. Khromova O.V., Emelyanov M.A., Smol'yakov A.F., Fedyanin I.V., Maleev V.I., Larionov V.A. *Inorg. Chem.*, 2022, **61**, 5512.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 20-13-00155-П.

АЛЬГИНАТЫ, КАК "ЗЕЛЕННЫЕ" НОСИТЕЛИ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ ХИРАЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Шандыбо М.А.^а, Аниськин И.С.^б

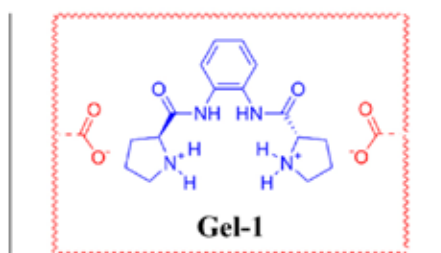
^а Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
факультет химии, Москва, Россия,
e-mail: mashandybo@edu.hse.ru

^б Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева,
федеральный университет, Москва, Россия

Гомогенный катализ является успешным направлением современной химии. Однако, такие катализаторы практически невозможно регенерировать. В то же время гетерогенные катализаторы могут быть легко отделены от реакционной смеси. К сожалению, гетерогенные катализаторы имеют существенные недостатки, такие как неоднородность расположения активных центров в пространстве и неоднородность поверхности носителя.

Это приводит к малой селективности и эффективности гетерогенного катализа, по сравнению с гомогенным¹. Казалось, что проблема решается иммобилизацией гомогенных катализаторов на полимерных твердых носителях. Тем не менее, несмотря на многочисленные попытки решения этой задачи, в промышленности такие катализаторы практически не используются². Причиной этого является высокая цена и недолговечность таких катализаторов.

Мы предлагаем новый тип иммобилизации гомогенных хиральных катализаторов, основанный на использовании доступных природных носителей без использования дорогих методик иммобилизации. В качестве носителя нами был выбран природный полисахарид - альгиновая кислота. Добавляя к нему каталитическую частицу, содержащую несколько основных аминогрупп, мы осуществим ионную иммобилизацию этого катализатора с образованием хирального гетерогенного каркаса **Gel-1**.



Данный каркас был использован в качестве катализатора реакции получения лекарственного препарата варфарина, где показал высокую эффективность и селективность, что открывает широкий спектр возможностей получения новых лекарственных препаратов путем асимметрического гетерогенного катализа.

Литература

1. Waclawek, S., et al, Ecol. Chem. Eng., 2018, 25(1), 9–34.
2. Hübner, S., et al, Adv. Synth. Catal., 2015, 358(1), 3–25.

СИНТЕЗ НОВЫХ НАФТИЛТЕРПИРИДИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ - ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЛИГАНДОВ ДЛЯ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКОГО КАТАЛИЗА

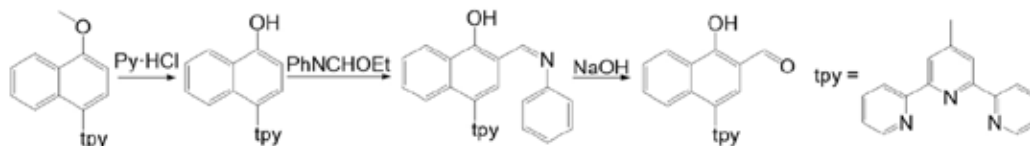
Подшибякин В.А.,^а Шепеленко Е.Н.,^б Шепеленко К.Е.,^в Чернышев В.М.^в

^а Научно-исследовательский институт физической и органической химии
Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, просп. Стачки, 194/2
e-mail: vpodshibakin@sfsedu.ru

^б Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН,
344006, Ростов-на-Дону, ул. Чехова 41
^в Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Новые производные 2, 2':6', 2"-терпиридиновых лигандов привлекает все большее внимание исследователей, благодаря широким возможностям их практического применения в областях катализа, хемосенсорики, оптоэлектроники и супрамолекулярной химии. Это обусловлено их высокой хелатирующей способностью, а также склонностью к π - π -взаимодействию и образованию прочных водородных связей².

4'-(4-Метоксинафталин-1-ил)-2,2':6',2"-терпиридин и 4'-(6-метоксинафталин-2-ил)-2,2':6',2"-терпиридин синтезированы по известной методике³ при помощи реакции Кренке с целью их дальнейшей функционализации. Далее 4,1 и 6,2 производные вводили в реакции в соответствии со схемой.



Полученные соединения представляют собой лиганды NNN-типа и могут представлять интерес для Ni, Ru, Pd катализа.

Литература

1. Winter A., Schubert U. *ChemCatChem*, 2020, 12, 2890.
2. Wei C., He Y., Shi X., Song Z. *Coordination Chemistry Reviews*, 2019, 385, 1.
3. Patel P.N., Desai D.H., Patel D.C., Deshmukh A.G. *Journal of Molecular Structure*, 2022, 1250, 131737.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках ГЗ в сфере научной деятельности, проект FENN-2024-0002.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИРЮЗОВОГО ВОДОРОДА

**Шестакова В.С., Красников Д.В., Рагинов Н.И., Дмитриева В.А.,
Пал А.К., Гольдт А.Е., Насибулин А.Г.**

*Сколковский институт науки и технологий, 121205, Москва, Большой бульвар, д. 30 стр.1,
e-mail: Vlada.Shestakova@skoltech.ru*

Метод каталитического разложения метана является одним из перспективных способов получения бирюзового водорода — важнейшего энергоносителя будущего¹. Несмотря на отсутствие прямых выбросов CO₂, низкая производительность и короткий срок жизни катализаторов не обеспечивают производства H₂ с высоким выходом, необходимого для промышленных целей².

В данной работе мы исследовали новый подход к получению катализаторов – аэрозольный спрей-пиролиз для 10-30 wt. % Fe/Al₂O₃. Методы, рентгенофазового анализа, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии демонстрируют однородное распределение железа внутри аморфных сферических частиц размером 1 мкм. Катализаторы в реакторе с неподвижным слоем³ при 700–800 °C показали конверсию метана до 8,6 % без предварительного восстановления H₂. Исследование влияния прокаливания катализатора при температурах 400 °C и 900 °C выявило снижение скорости реакции в 1,5 раза. Методами просвечивающей микроскопии, комбинационного рассеяния и термогравиметрии было доказано образование многослойных (МУНТ) нанотрубок. Добавление Co в 30% Fe/Al₂O₃ увеличивает выход H₂ и стабильность катализатора в 2 раза. Максимальный выход H₂ был получен при использовании катализатора 30% FeCo₂/Al₂O₃ при 700 °C. Конверсия метана в водород снижается на 2–4% при 700°C, однако наблюдается увеличение срока службы катализатора.

Полученные результаты демонстрируют многообещающие перспективы использования метода аэрозольного пиролиза в каталитических системах для получения бирюзового водорода.

Литература

1. Hanley, E. S.; Deane, J.; Gallachóir, B. Ó. // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier 2018, 82, 3027–3045.
2. Timmerberg, S.; Kaltschmitt, M.; Finkbeiner, M. // Energy Conv.&Man. 2020, 7, 100043.
3. Avdeeva L. B.; Kochubey D. I.; Shaikhutdinov S. K. // Appl. Catal. A 1999, 177, 43–51.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 20–73-10256.



СЕКЦИЯ 8

ПОЛИМЕРЫ И ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(ВКЛЮЧАЯ 2-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СИМПОЗИУМ “MODERN TRENDS IN
DENDRIMER CHEMISTRY AND APPLICATIONS”)

МАКРОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ НАНООБЪЕКТЫ: ИТОГИ ЭКСТЕНСИВНОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ

Музафаров А.М.

ИНЭОС РАН, ИСПИМ РАН

Макромoleкулярные нанообъекты или макромoleкулы-частицы – новый (четвертый) раздел в общей классификации полимеров по строению основной цепи – отличаются наличием трехмерной геометрической формы и конкретных размеров. Возникшие из идеализированных теоретических представлений, они привлекли внимание исследователей своим совершенством и комбинаторными возможностями создания реальных объектов. Все они появились благодаря уникальным синтетическим стратегиям: сверхразветвленные полимеры (Flory), дендримеры (Tomalia, Frechet), многолучевые звезды (Roovers, Василенко), наногели (Мешков, Музафаров), плотные молекулярные щетки (Matyjaszewski, Schmidt, Sheiko). Новые объекты привели к экспоненциальному росту числа исследований, вдохновленных перспективой получения материалов с уникальным комплексом свойств.

Фундаментальное начало в эти исследования внесли научные школы Российской академии наук. Своим примером и последовательным интересом, направленным на решение важнейшей задачи – поиска взаимосвязи структура–свойства для каждой из новых макромoleкулярных форм, они тщательно оберегали генеральную линию от внешних воздействий прикладного характера, типа практического применения, прогнозов и оценки перспектив. Благодаря этому подходу в результате направленного изменения структуры объектов для каждой из вышеупомянутых форм были получены важнейшие результаты, подтверждающие наличие уникальных свойств. Так для дендримеров были открыты наличие качественного перехода от низких к высоким генерациям и способность к кристаллизации при отсутствии специфических взаимодействий; для многолучевых звезд – глобулярный характер объектов и уникальная реология; для плотных макромoleкулярных щеток – принципиально иной вид межмолекулярного взаимодействия по сравнению с классическими системами. Наконец для наногелей прослежен переход макромoleкула-частица по мере изменения соотношения ядро-оболочка.

Таким образом был заложен необходимый фундамент, на основе которого можно критически рассмотреть накопленный фактический материал, определить перспективы дальнейшего развития данной области и перейти к направленному поиску потенциальных практических применений для объектов этого типа.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Пономаренко С.А.

*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, ул. Профсоюзная, 70,
e-mail: ponomarenko@ispm.ru*

Олигомерные и полимерные материалы достаточно давно и широко используются в микроэлектронике в качестве диэлектриков, фоторезистов, защитных покрытий, в составе высоконаполненных полимерных композитов и подложек их них. Однако с появлением растворимых проводящих полимеров спектр их применения существенно расширился и привел к появлению органической электроники, отличающейся легкостью, гибкостью, полупрозрачностью и рядом других ценных характеристик, выделяющих ее в отдельное направление микроэлектроники.

В докладе будут рассмотрены современное состояние и перспективы развития функциональных материалов для органической электроники, среди которых можно выделить проводящие полимеры¹, органические полупроводники и люминофоры. Большинство из них представляют собой линейно-сопряженные или аннелированные гетероциклические соединения² олигомерной или полимерной природы. В зависимости от своих физико-химических характеристик, их можно использовать в качестве различных функциональных слоев в разнообразных устройствах органической электроники: органических полевых³, электрохимических⁴ и светоизлучающих транзисторах⁵, органических светоизлучающих диодах, органических фотовольтаических ячейках и солнечных батареях⁶⁻⁸, разнообразных фото-, хемо- и биосенсорах⁹.

Литература

1. Elschner A., Kirchmeyer S., Lövenich W., Merker U., Reuter K. PEDOT: Principles and Applications of an Intrinsically Conductive Polymer. – CRC Press, 2011. – 355 p.
2. Чарушин В.Н., Вербицкий Е.В., Чупахин О.Н. и др., *Успехи химии*, 2024, **93**, RCR5125.
3. Polinskaya M.S., Trul A.A., Borshchev O.V., et al. *J. Mater. Chem. C*, 2023, **11**, 1937.
4. Shaposhnik P.A., Trul A.A., Poimanova E.Yu. et al. *Organic Electronics* 2024, **129**, 107047
5. Fedorenko R.S., Kuevda A.V., Trukhanov V.A. et al., *Adv. Electron. Mater.*, 2022, **8**, 2101281
6. Yang X., Chen M., Wang S., Y Gao., Shao Y., et al., *Giant* 2023, **16**, 100191.
7. Yang X., Gao Y., Sun R., Chen M., Wang Y., et al., *Macromolecules* 2024, **57**, 1011.
8. Wu X., Yang X., Shao Y., Gao Y., Wan J., et al., *Solar RRL*, 2023, **11**, 2300064
9. Кулешов Б.С., Завьялова Е.Г., Пойманова Е.Ю. и др., *Успехи химии*, 2024, **93**, RCR5116.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема Госзадания FFSM-2024-0003).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Чвалун С.Н.

ИСПМ РАН, НИЦ «Курчатовский институт»

Развитие современных технологий требует разработки широкого ассортимента полимерных и композиционных материалов различной морфологии с регулируемыми физико-механическими характеристиками. В мире проводятся масштабные работы по разработке и внедрению новых материалов в различные отрасли. При этом акцент делается не только на разработку новых соединений, но и на высокотехнологичное использование традиционных материалов, включая новые методы переработки, аддитивные технологии. Широко применяются численные методы с целью эффективного использования имеющихся баз данных о материалах. Финансирование в области материаловедения достигает 1 трлн. долл. Согласно прогнозам, особое внимание будет уделено междисциплинарным исследованиям в области высокомодульных высокопрочных карбидных, углеродных волокон и структур, материалов для энергетики, вторичных источников тока, умных материалов, пьезо- и термоэлектриков, материалов с памятью формы, материалов для гибкой электроники, для мониторинга внешних условий и параметров различных систем и состояния человека, метаматериалов и т.д. В области термо- и реактопластов финансируются работы по разработке пластиков с регулируемым сопротивлением, радиопоглощением и намагниченностью, высокотемпературных, с высокой сорбционной емкостью по различным компонентам, в том числе радиоактивным и токсичным. Особое место занимают работы по разработке материалов на основе природно-го сырья, как конструкционных, так и функциональных: сорбционных, для биотоплива, физиологически активных, в том числе биоразлагаемых. Работы по этим направлениям проводятся как правило, международными группами, с использованием развитой инфраструктуры.

В соответствии с указом Президента от 07.05.2024 № 309 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года" установлены целевые задачи обеспечения технологической независимости в области новых материалов и химии. Приоритетом технологической политики является достижение технологического суверенитета – наличие в стране критических сквозных технологий собственной разработки в направлении «технологии новых материалов и веществ, их моделирования и разработки». Решение поставленных задач в современных условиях является сложнейшей задачей и требует выделения основных приоритетов, которые будут представлены в докладе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 19-73-20236-П.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И РЕЦЕПТОРНЫХ СЛОЕВ ЖИДКОСТНЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ТРАНЗИСТОРОВ

Агина Е.В., Пойманова Е.Ю., Шапошник П.С., Пономаренко С.А.

*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
117393, Москва, Профсоюзная ул., 70,
e-mail: agina@ispm.ru*

В последние годы активно развивается область многоцелевого биологического и химического анализа с параллельным обнаружением одного или нескольких аналитов при помощи органических полевых транзисторов с электролитическим затвором (ОПТЭЗ).¹

В представленном докладе обобщены результаты работ по использованию ОПТЭЗ с активным слоем из органических полупроводниковых материалов и различными вариантами узнающих слоев в качестве платформы для биосенсинга (Рисунок 1).

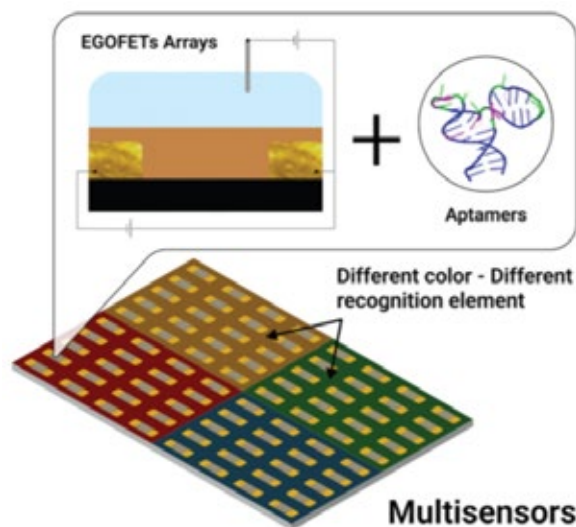


Рисунок 1 - Архитектура мультисенсорной системы на основе ОПТЭЗ с биораспознающим слоем из аптамеров²

Детально рассмотрены принципы работы ОПТЭЗ, их достоинства и недостатки, приведены критерии выбора полупроводниковых и рецепторных материалов, причины деградации и способы их устранения³. Продемонстрированы наиболее успешные примеры мультисенсорных устройств на основе ОПТЭЗ для детектирования биологических и химических маркеров и аналитов.²

Literature

1. F.Torricelli, et al. Nat. Rev. Methods Primers, 66, 1 (2021).
2. B.S.Kuleshov, et al. Russ. Chem. Rev., 2024, 93 (4) RCR5116.
3. P.A.Shaposhnik, et al. Russ. Chem. Rev., 2020, 89 (12) 1483 ÷ 1506.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 23-73-00103).

ПОЛИМЕРНАЯ ОСНОВА ЛИТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Бадамшина Э.Р.,^а Горнев Е.С.^б

*^аФедеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии
Российской академии наук, 142432, Черноголовка, пр. академика Семенова, д. 1,
e-mail: badamsh@icp.ac.ru*

*^бАО "Научно-исследовательский институт молекулярной электроники",
Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6 стр. 1*

Возможность самостоятельного развития отечественной микроэлектронной промышленности определяется необходимостью разработки (включая обязательное проведение научных исследований) и производства всего комплекса материалов. Примерно тысяча из них являются критичными, т.е. теми, от которых зависят характеристики изделий и к которым предъявляются особые требования по чистоте. Сдерживающими факторами по их производству являются малые объемы потребления и, как следствие, длительная окупаемость затрат или их нерентабельность; отсутствие соответствующей материальной базы (инфраструктура и оборудование); отсутствие научно-технического задела – компетенциями по разработке и производству современных материалов обладает ограниченное число организаций.

Пути преодоления существующих проблем развития отечественного производства особо чистых материалов для микроэлектроники, включая такую важную составляющую литографических материалов как полимеры, могут быть следующие:

- создание технологических цепочек (НИИ - прикладные институты - производственные предприятия) по разработке и освоению новых технологических процессов, специализированных материалов;
- организация центров для проведения исследований и микротоннажного производства материалов для микроэлектроники в категоризованных чистых производственных помещениях на базе институтов РАН с целью обеспечения технологического суверенитета России в области литографических материалов для существующих (180-90 нм) и новых (65-28 нм) технологий.

В докладе на примере сложившейся и успешно действующей технологической цепочки (АО НИИМЭ - ФИЦ ПХФ и МХ РАН – АО «НИОПИК» - ООО «Поликетон» - АО «Микрон») представлены работы по исследованию и разработке полимеров для антиотражающих покрытий, фоторезистов и поверхностно-активных веществ.

Работа выполнена в рамках ОКР Композиция-Б, ОКР Резист-1, НИР «Фотолиз».

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ДЕНДРИМЕРОВ ВЫСОКИХ ГЕНЕРАЦИЙ: ОТ ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА К ПЛОТНОЙ УПАКОВКЕ

**Бакиров А.В.^{а,б}, Щербина М.А.^{а,в}, Миленин С.А.^{а,г},
Музафаров А.М.^{а,д}, Чвалун С.Н.^{а,б}**

^а Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
ул. Профсоюзная, 70, Москва, 117393

^б Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
пл. Академика Курчатова, 1, Москва, 123098

^в Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)
Институтский пер., 9, Долгопрудный, Московская обл., 141701

^г Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,
пр. Ленина, 125, Тула, Тульская обл., 300026

^д Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,
ул. Вавилова, 28, Москва, 119334

Карбосилановые дендримеры высоких генераций проявляют свойства как макромолекул, так и наночастиц и позволяют моделировать сложную задачу упаковки мягких квазисферических объектов в хорошо организованную трехмерную структуру. В работе предложен оригинальный подход к кристаллизации дендримеров высоких генераций с использованием процедуры отжига в парах растворителя^{1,2}. Выявление общих особенностей мезофаз, образующихся в дендримерах нескольких генераций, включая образование плотноупакованной кубической FCC и переходов из примитивной кубической BCC в FCC, позволяет понять и выявить общие свойства процесса кристаллизации, происходящего в результате нарушения симметрии.

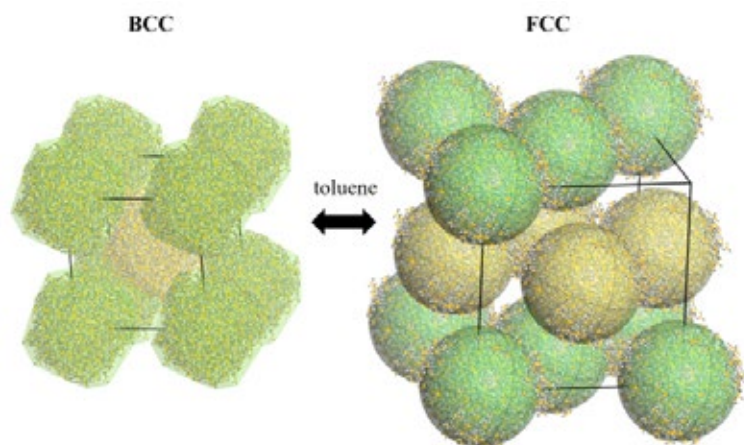


Рисунок 1. Схема фазового перехода при отжиге в парах толуола дендримера G6.

Литература

1. Bakirov A.V., Tatarinova E.A., Milenin S.A., Shcherbina M.A., Muzafarov A.M. and Chvalun S.N., *Soft Matter*, 2018, 14, 9755-9759.
2. Bakirov A.V., Shcherbina M.A., Milenin S.A., Tatarinova E.A., Buzin A.I., Muzafarov A.M., Chvalun S.N. *Macromolecules* 2024, 57, 4, 1625–1631.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 19-73-20236-П.

МАКРОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДИЗАЙН ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННЫХ НОРБОРНЕНОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Бермешев М.В., Возняк А.И., Бермешева Е.В., Алентьев Д.А., Борисов И.Л.

*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29,
e-mail: bmv@ips.ac.ru*

Развитие технологий и ужесточение экологических требований к промышленным процессам делают востребованной разработку новых мембранных полимерных материалов для газоразделения, топливных элементов, разделения энантиомеров из соответствующих рацемических смесей, и др. Перспективным классом мономеров для создания таких полимеров являются напряженные циклоолефины, в частности производные норборнена, обладающие рядом существенных преимуществ. Применение данных мономеров для дизайна мембранных полимерных материалов открывает огромные возможности по варьированию строения мономерного звена и установлению ценных взаимосвязей «структура-свойство». В докладе будут рассмотрены последние достижения в направленном синтезе мембранных материалов на основе производных норборнена, в том числе на основе оптически активных, в сравнении с другими группами полимеров, разрабатываемых для аналогичных целей (рис. 1), включая данные научной группы авторов доклада.

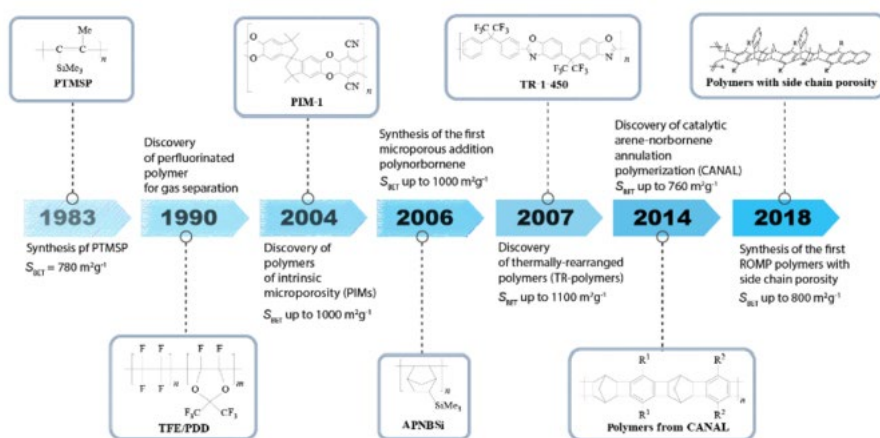


Рисунок 1. Основные классы высокопроницаемых стеклообразных полимеров.^{1,2}

Литература

1. Alentiev D.A. et al. *Polym. Rev.* 2021, **62**, 400. DOI:10.1080/15583724.2021.1933026.
2. Wang X. et al. *Polym. Chem.* 2021, **12**, 2947. DOI:10.1039/D1PY00278C.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант РНФ №20-13-00428-П).

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ В ДИЗАЙНЕ ХИТОЗАНОВЫХ СКАФФОЛДОВ ДЛЯ 3D КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КЛЕТОК

**Привар Ю.О.^а, Борода А.В.^б, Майорова М.А.^б, Скатова А.В.^а,
Голиков А.П.^а, Малышев Д.Д.^б, Братская С.Ю.^а**

*^аИнститут химии ДВО РАН, 690022, Владивосток, проспект 100-летия Владивостока 159
e-mail: sbratska@ich.dvo.ru*

*^б"Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского"
ДВО РАН, 690041, Владивосток, ул. Пальчевского 17*

Криогелирование – простой и экономичный подход к созданию пористых полимерных материалов, которые могут значительно превосходить гидрогели того же химического состава по механической прочности, эластичности и проницаемости. Благодаря структурному сходству с гликозаминогликанами, хитозан и его производные на протяжении десятилетий остаются в центре внимания при разработке материалов для клеточных технологий. В онкологических исследованиях интерес к хитозану определяется еще и его способностью имитировать микроокружение опухоли и повышать уровень экспрессии генов-маркеров стволовых клеток, связанных с устойчивостью клеток к химиопрепаратам. В последние годы было показано, что для разработки более реалистичных моделей микроопухолей в полимерных скаффолдах с использованием разных линий клеток для фармацевтических исследований важно независимо контролировать химические и механические стимулы.

Основные недостатки самого распространенного способа получения криогелей хитозана сшивкой глутаровым альдегидом заключаются в росте цитотоксичности с увеличением плотности сшивки и высокой скорости сшивки, приводящей к гелеобразованию до замораживания раствора полимера. Диглицидиловые эфиры гликолей (ДГЭ) – важнейшие сшивающие агенты для гиалуроновой кислоты, для сшивки хитозана ранее использовались только в щелочной среде и при повышенной температуре.

В данной работе, используя факторный анализ, мы оценили влияние вязкости раствора, pH, длины цепи ДГЭ и мольного отношения ДГЭ:хитозан на набухание, размер пор, заряд поверхности, механические свойства и устойчивость к ферментативному гидролизу криогелей хитозана. В результате культивирования клеток коло ректального рака НСТ 116 в криогелях хитозана и скаффолде, полученном путем лиофилизации и нейтрализации заряда, было установлено, что морфология клеточных агрегатов и форма клеток существенно зависят от характеристик каркаса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 20-13-00399-П.

ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Иванов Д.А.,^{а,б,в} Умаров А.З.,^а Марясевская А.В.,^{а,б} Коняхина А.Ю.,^в
Субчева Е.Н.,^в Чжу С.,^г Мельников А.П.,^{а,д} Анохин Д.В.^{а,б,в}**

^аМГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1,
e-mail: dimitri.ivanov.2014@gmail.com

^бФИЦ ПХФ и МХ, 142432, Черногловка, проспект акад. Семенова, д.1
вНТУ Сириус, Сочи, Краснодарский край, Олимпийский просп., д.1

^вZhejiang Sci-Tech University, 310018, 5 Second Avenue, Xiasha Higher Education Zone, Hangzhou, China,

^гГК Инэнерджи, 111524, Москва

Современные синхротронные источники предоставляют материаловедом большое разнообразие методов для изучения структуры и процессов самоорганизации в материалах. Высокая интенсивность рентгеновских пучков, достигнутая на источниках третьего и четвертого поколений, а также возможность их фокусировки на субмикронных размерах позволяют получать структурные данные с высоким пространственным и временным разрешением.

Один из примеров изучения процессов молекулярной самосборки с использованием нанофокусной рентгеновской дифракции описан для случая самоорганизации секторообразных мезогенов в порах наноразмерного шаблона из оксида алюминия в работе¹. Метод позволяет проводить 2D сканирование образца с субмикронным шагом и количественно определять степень ориентации колончатой фазы мезогенов внутри наноразмерных пор в зависимости от расстояния до свободной поверхности мембраны.

Сочетание микрофокусной дифракции, дифракции в скользящем пучке и ин-ситу сверхбыстрой калориметрии дает возможность детально проанализировать структуру, текстуру и термическое поведение функциональных материалов со сложной иерархической организацией^{2,3}.

Литература

1. Hernandez J.J., Anokhin D.V., Rosenthal M., Zhu X., Ivanov D.A. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2024, **26**, 13412.
2. Jing J., Heinrich B., Prel A., Steveler E., Han T., Bulut I., Méry S., Leroy Y., Leclerc N., Lévêque P., Rosenthal M., Ivanov D.A., Heiser T., *Journal Materials Chemistry A*, 2021, **9**, 24315.
3. Melnikov A.P., Rosenthal M., Ivanov D.A., *ACS Macro Letters*, 2018, **7**, 1426.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-73-30005.

ВАРИАТИВНОСТЬ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОПРЯЖЕННЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Казанцев М.С.

Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН,
630090, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 9
e-mail: kazancev@nioch.nsc.ru

Симметричные сопряженные олигомеры представляют интерес в качестве светоизлучающих и полупроводниковых материалов для органической оптоэлектроники.¹ В частности, соолигомеры на основе фенилена, тιοфена, фурана и флуорена находят свои применения в светоизлучающих диодах, сенсорах, лазерах и полевых транзисторах.²

Материалы на основе олигоарилен-фениленов обладают сочетанием высокой эффективности люминесценции в твердой фазе и транспортом носителей заряда. Показано, что введение гетероциклических фрагментов, терминальных заместителей³ в молекулы, направленная кристаллизация,⁴ полиморфизм и молекулярное допирование⁵ позволяют контролировать кристаллическую структуру, люминесценцию и полупроводниковые характеристики материалов. Производные 9Н-флуорен-9-илидена,⁶ в том числе ((9Н-(диазафлуорен)-9-илиден)метил)арилены обладают агрегационно-индуцируемой люминесценцией, механо- и термохромизмом за счет конформационных перестроек в твердой фазе. Введение атомов азота в флуореновый фрагмент также усиливает электроноакцепторные свойства и стабильность. Показано, что координационные полимеры на основе 1,4-бис((9Н-(4,5-диазафлуорен)-9-илиден)метил)фенилена обладают пористой структурой, люминесценцией и чувствительны к дегидратации.

В работе рассмотрены синтетические, кристаллохимические и физико-химические возможности варьирования как молекулярной, так и кристаллической структуры олигомеров и, соответственно, функциональных свойств полупроводниковых и светоизлучающих материалов на их основе.

Литература

1. Fang H. et al., *Laser Photonics Rev.* 2014, **8**, 687.
2. Hotta S. et al., *J. Mater. Chem. C*, 2014, **2**, 965.
3. Kazantsev M. et al., *CrystEngComm*, 2017, **19**, 1809.
4. Sonina A.A. et al., *Cryst. Growth. Des.*, 2023, **23**, 4, 2710.
5. Kuimov A.D. et al., *New. J. Chem.*, 2022, **46**, 21257.
6. Kazantsev M.S. et al., *Mater. Chem. Front.*, 2019, **3**, 1545.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-10015.

НАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ КАРБОСИЛАНОВЫХ ДЕНДРИМЕРОВ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ИХ КОНФОРМАЦИОННЫМ ПОВЕДЕНИЕМ НА ГИДРОФОБНО-ГИДРОФИЛЬНОЙ МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЕ: АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Крамаренко Е.Ю.,^а Литвин К.А.,^а Курбатов А.О.,^а Балабаев Н.К.^б

^а*Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, Физический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2,
e-mail: kram@polly.phys.msu.ru*

^б*Институт математических проблем биологии РАН – филиал ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 142290, Москов-
ская область, г. Пушкино, ул. проф. Виткевича, д. 1*

Амфифильные дендримеры, в составе которых присутствуют сегменты разной химической природы, привлекают большое внимание благодаря новым возможностям регулирования их свойств в интегральном пространстве «состав-структура», расширяющим круг их практических применений. Изменяя природу поверхностного слоя, который определяет растворимость дендримеров, можно существенно влиять на сродство дендримера к различным растворителям. При этом древовидная структура дендримеров может служить важным фактором управления их поверхностно-активными свойствами и самоорганизацией в растворах и на межфазных границах.

В докладе приведен обзор результатов компьютерного моделирования карбосилановых дендримеров с варьируемыми долей и распределением гидрофильных групп разной химической природы в концевых сегментах. Данные объекты представляют собой идеальные модельные системы благодаря отсутствию в карбосилановом ядре групп со специфическими взаимодействиями, что позволяет изучать фундаментальные эффекты, связанные со структурными особенностями этих макромолекул. Обсуждаются результаты анализа размеров, формы, подвижности и детальных распределений звеньев, полученных в рамках проведенного атомистического моделирования одиночных амфифильных карбосилановых дендримеров в толуоле, воде и на межфазных границах вода/воздух и вода/толуол, в зависимости от строения и номера генерации дендримеров, а также их поверхностная активность в зависимости от доли и распределения гидрофильных групп.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-13-00158) с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова и ЦКП ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

СИНТЕЗ И МОДИФИКАЦИЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАКЦИИ CuAAC

**Миленин С.А.^{а,б,в}, Аристова В.А.^{а,г}, Беликова И.И.^{а,г}, Безлепкина К.А.^{а,б,в},
Ардасьевская С.Н.^{а,б,в}, К.С. Клокова^а, Рыжков А.И.^{а,в}, Мигулин Д.А.^а,
Дроздов Ф.В.^{а,б,в}, Черкаев Г.В.^а, Музафаров А.М.^а**

^а Институт Синтетических Полимерных Материалов им. Н.С. Ениколопова РАН

^б Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого

^в Центр национальной технологической инициативы, Московский Государственный
Технический Университет ИМ. Н.Э. Баумана

^г Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

В работе представлены результаты по введению азидоорганических и ацетиленовых фрагментов в структуру кремнийорганических молекул а также их модификация по механизму реакции азид-алкинового циклоприсоединения (CuAAC). Нами продемонстрировано, что такой подход позволяет эффективно вводить в структуру алкоксисиланов, полисилоксанов и карбосиланов органические заместители, содержащие различные гетероатомы, с образованием триазольного цикла, чего трудно достичь другими синтетическими подходами. Кроме того, нами были рассмотрены различные варианты каталитического и некаталитического использования реакции CuAAC.

Литература

1. Milenin S., Drozdov F., Bezlepina K., Majorov V., Muzafarov A., Macromolecules, 2021, 54, 6, 2921–2935.
2. 14. Kseniya A. Bezlepina, Sofia N. Ardabevskaia, Kseniia S. Klokova, Aleksei I. Ryzhkov, Dmitry A. Migulin, Fedor V. Drozdov, Georgij V. Cherkaev, Aziz M. Muzafarov, and Sergey A. Milenin, ACS Appl. Polym. Mater. 2022, 4, 9, 6770–6783.
3. 15. Kseniya A. Bezlepina, Irina I. Belikova, Vasilissa A. Aristova, Kseniia S. Klokova, Sofia N. Ardabevskaia, Alexander Yu Pereyaslavtsev, Dmitry A. Migulin, Sergey A. Milenin, React. Chem. Eng., 2024, 9, 448–460

Работа выполнена при поддержке Правительства Тульской области (постановление от 30.12.2021 № 899) в рамках Соглашение №11 от 07 сентября 2022 и РНФ № 21-73-10082.

СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Голубев Е.К., Озерин А.Н.

*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, ул. Профсоюзная 70,
e-mail: ozerin@ispm.ru*

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) – это инженерный термопластик, полученный путем полимеризации этилена. СВМПЭ обладает устойчивостью к действию концентрированных кислот и щелочей, экстремально низких температур (до -120°C), характеризуется низким влагопоглощением, низким коэффициентом трения, а также экстремально высокими значениями удельных прочностных характеристик в высокоориентированном состоянии.

Обладая вышеперечисленными преимуществами, СВМПЭ нашел применение в широком числе отраслей и конечных потребительских товаров: машиностроение и производство оборудования; сепараторы аккумуляторных батарей; армирующие сетки дорожных покрытий и строительных подпорных стен, рыболовецкие сети, канаты и стропы; средства индивидуальной защиты; медицинские импланты и пр.

Высокая молекулярная масса СВМПЭ является причиной образования большого числа межмолекулярных зацеплений между соседними макромолекулярными «клубками» полимера, что исключает возможность использования для него традиционных способов переработки полимеров типа экструзии или литья под давлением из расплава.

Несмотря на отмеченные сложности переработки, объемы производства СВМПЭ во всем мире постоянно растут, как и объемы его переработки.

Целью данной работы является анализ ряда новых возможностей в области разработки, создания и производства перспективного класса материалов на основе СВМПЭ, в том числе – с использованием новых каталитических систем для его синтеза и нетрадиционных способов его переработки как в ведущих мировых странах-производителях СВМПЭ, так и в Российской Федерации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FFSM-2021-0006).

РЕДОКС-АКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРЫ КАК ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Щурик Е.В., Мумятов А.В., Баймуратова Г.Р., Краевая О.А., Трошин П.А.

*Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН, Черноголовка, Россия,
E-mail: troshin@icp.ac.ru*

Использование редокс-активных полимеров в качестве электродных материалов открывает принципиально новые возможности для дальнейшего развития аккумуляторных технологий. Во-первых, органические материалы, состоящие из легких элементов (C, H, N, O, S), обеспечивают значительно более высокие удельные емкости по сравнению с соединениями тяжелых переходных металлов. Во-вторых, органические материалы, как правило, нетоксичны и экологически безопасны. В-третьих, полимерные материалы аморфны и легко деформируемы, что позволяет им работать при высоких скоростях заряда и разряда в сверхбыстрых аккумуляторах. Наконец, простые окислительно-восстановительные механизмы полимерных материалов делают их практически неспецифичными по отношению к типу подвижных ионов, что позволило успешно продемонстрировать аккумуляторы с H^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} и другими ионами. Таким образом, использование редокс-активных полимеров создает основы для разработки новых типов аккумуляторов для широкого спектра применений.

В данном докладе мы предоставим обзор результатов наших последних исследований, связанных с разработкой редокс-активных полимеров и их применением в литиевых, натриевых и калиевых источниках тока. В частности, будут представлены катоды для калиевых источников тока с рекордно высокими энергоемкостями до 900 Вт·ч/кг. Аккумуляторы на основе полимеров также показывают хорошую циклируемость без снижения емкости после нескольких тысяч циклов заряда-разряда. Полученные результаты свидетельствуют о том, что органические электродные материалы действительно могут показывать конкурентоспособные характеристики и стать основой для развития нового поколения пост-литиевых технологий металл-ионных аккумуляторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2024-532).

РАДИКАЛЬНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ С ОБРАТИМОЙ ДЕАКТИВАЦИЕЙ ЦЕПИ: ЗАДАЧИ, РЕАЛИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Черникова Е.В.

*Химический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, стр.3,
e-mail: chernikova_elena@mail.ru*

Ренессанс радикальной полимеризации, наблюдаемый в последние десятилетия, обусловлен ее новыми возможностями в молекулярном дизайне полимеров за счет реализации обратимых реакций деактивации цепи. В результате протекания подобных реакций радикальная полимеризация приобретает черты живой анионной полимеризации и может быть использована для контролируемого синтеза макромолекул сложной архитектуры, (со)полимеров с требуемым распределением мономерных звеньев вдоль цепи и заданной функциональности и т.д.

Обратимая деактивация цепи в таких процессах достигается за счет использования специальных соединений, обеспечивающих подавление квадратичного обрыва радикалов роста и его замену реакциями обратимого обрыва и/или обратной передачи цепи. К первому типу относятся процессы полимеризации с участием малоактивных и стабильных радикалов и полимеризация с переносом атома, ко второму – полимеризация с обратной передачей цепи (ОПЦ) по механизму присоединения – фрагментации и полимеризация с вырожденной передачей цепи. Основным отличием перечисленных вариантов контролируемой радикальной полимеризации от живой анионной полимеризации является сосуществование периодов «сна» и «жизни» макромолекул, позволяющих им ступенчато расти в ходе полимеризации и сохранять способность к продолжению цепи после выделения полимера и его добавления к порции нового мономера.

Выбор того или иного способа активации зависит от конкретной решаемой задачи и, соответственно, от химической природы мономеров. В последние годы полимеризация с переносом атома и ОПЦ-полимеризация наиболее активно конкурируют друг с другом за лидерство в области макромолекулярного дизайна. Это привело не только к разработке рутинных и легко масштабируемых методик контролируемого синтеза разнообразных гомо- и сополимеров, но и к развитию новых подходов к иницированию полимеризации (PET – photoinduced electron transfer) и способам ее проведения (PISA – polymerization-induced self-assembly).

Результатом этих исследований является создание многочисленных вариантов умных полимеров для разных приложений и поиск путей коммерциализации контролируемой радикальной полимеризации.

О НЕОБХОДИМОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Щербина М.А., Чвалун С.Н., Музафаров А.М.

*Институт синтетических полимерных материалов РАН им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, ул. Профсоюзная, 70,
e-mail: max-shcherbina@yandex.ru*

Загрязнение мирового океана пластиком является актуальной проблемой международного уровня. По самым скромным оценкам, ежегодно, в океан выбрасывается миллионы тонн пластика, а площадь Большого тихоокеанского пятна составляет 1.5 млн. кв. км.

К сожалению, сегодня международному сообществу навязываются подходы к решению этой проблемы, не имеющие под собой серьезного научного обоснования и глубоко противоречивые в своей основе. Сутью предлагаемых развитыми государствами мер является фиксация текущего положения вещей, при котором небольшой круг стран обладает развитой промышленностью и технологиями (в том числе производством полимерных материалов в широком ассортименте), а для остального мира такое развитие искусственно сдерживается по экологическим соображениям.

Фундаментальный недостаток такого подхода – игнорирование того факта, что жизнь на планете Земля – сама по себе явление, имеющее полимерную основу, несопоставимую по своим масштабам с объемами производства синтетических полимеров, и поэтому в биосфере существует набор эффективных подходов к утилизации и переработке полимерных материалов в рамках замкнутых циклов, например, большой углеродный цикл.

Единственным выходом из сложившейся ситуации стала разработка системной, суверенной концепции РАН, направленной на решение проблемы полимерного мусора, и ее дальнейшее продвижение как на территории нашей страны, так и совместно с заинтересованными странами. Разработанная Концепция предполагает решение проблемы полимерного мусора природоподобными методами и технологиями, выбирая наиболее экономичные и безопасные из них. Она является результатом широкого обсуждения в профессиональной среде специалистов в области полимерного материаловедения и экологии.

В докладе будут обсуждены основные выводы и рекомендации разработанной концепции для руководства к действию по решению проблемы полимерного мусора.

ТЕРМО-, ОГНЕ- И КРИОСТОЙКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Юдин В.Е., Светличный В.М., Диденко А.Л., Ваганов Г.В., Кудрявцев В.В

*Институт высокомолекулярных соединений Российской Академии наук,
199004, г. Санкт-Петербург, В. О. Большой пр. 31
e-mail: imc@hq.macro.ru*

Многофункциональные, легкие и прочные термо-, огне- и криостойкие композиционные материалы на основе полиимидов представляют значительный интерес для высокоскоростного транспорта с точки зрения улучшения дизайна машины и экономии топлива. Они могут применяться в авиации, автомобилестроении, в строительстве в качестве отделочного материала, а также в судостроении. Важная область применения - термо- и огнестойкое виброзащитное покрытие, а также электроизоляционные материалы. По производству полиимидов (электроизоляционных пленок, связующих для композитов, волокон, крио- и термостойких пен и пр.) и необходимых для этого мономеров Россия решительно отстает от США, стран Западной Европы, Японии и Китая. Полиимиды наряду с отличными механическими характеристиками и более высокой теплостойкостью по сравнению с обычными инженерными пластиками (полиамиды, сложные полиэфиры, полисульфиды) обладают дополнительными полезными свойствами: наиболее высокой огнестойкостью в сочетании с высокой ударопрочностью и уникальной стабильностью физико-механических и диэлектрических свойств в диапазоне температур от криогенных до +400°C.

В лекции представлены новые подходы к получению композиционных материалов на основе частично кристаллических термопластов, с использованием водных растворов солей полиамидокислот, а также путем модификации химической структуры полиимида за счет варьирования строения диангидридного и диаминного фрагментов полимерной цепи. Эти подходы направлены не только на использование коммерчески доступных мономеров, необходимых для синтеза полиимидов и частично производимых в РФ, но и на получение на их основе одно-, двух- и трехмерных изделий с использованием современных аддитивных технологий и экологически чистых растворителей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-13-20001.

ПОЛИМЕРНЫЕ ОТХОДЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ярославов А.А., Панова И.Г.

*Химический факультет, Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова,
Москва 119991, Российская Федерация
e-mail: yaroslav@belozersky.msu.ru*

Полимерные материалы рассчитаны на ограниченный срок службы, что делает актуальной минимизацию полимерных отходов и их последующую утилизацию. Этого можно достичь либо за счет переработки, требующей отдельного сбора и сортировки, либо за счет разработки безотходных технологий замкнутого цикла. Окончательная утилизация полимеров происходит при сжигании на мусоросжигательном заводе или при захоронении на свалке. Жизненный цикл свалки заканчивается ее рекультивацией и формированием слоя плодородной почвы на поверхности свалки. Для борьбы с ветровой и водной эрозией, сопровождающейся разрушением верхнего слоя почвы, применяют полимерные стабилизаторы грунтов, в том числе интерполимерные комплексы – продукты взаимодействия противоположно заряженных ионных полимеров. Данная технология позволяет адаптировать свойства стабилизатора к составу обрабатываемой почвы.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА СТИРОЛ-АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ ДЛЯ ПОВЕХНОСТНОЙ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ И КАРТОНА

Журавлев В.И., Барута Д.С., Ширшин К.В.

*ООО «Компания Хома», 606000, Нижегородская область, г.о. город Дзержинск,
г. Дзержинск, ш. Игумновское, Дом 9Т*

Бумага и картон широко используются практически во всех отраслях промышленности. Одним из основных потребительских свойств бумаги является ее устойчивость к воздействию влаги. Необработанная бумага обладает высоким водопоглощением, что часто приводит практически к полной потере прочности бумажного листа. Эту проблему решают проклейкой листов, которая может быть как внутримассной, когда проклеивающий агент добавляют непосредственно к водной суспензии целлюлозы, так и поверхностной, посредством нанесения проклеивающих агентов на поверхность изделия.

В настоящее время поверхностная проклейка стала универсальным технологическим процессом управления свойствами бумаги и картона: гидрофобностью, общей и поверхностной прочностью, пористостью и другими. В настоящее время для повышения эффективности поверхностной проклейки используют эмульсии алкенилантарного ангидрида, алкенкетендимера, анионные и катионные эмульсии на основе сополимеров стирола с малеиновым ангидридом, нитрилом или эфирами акриловой кислоты. Сложности в производстве таких дисперсий на отечественных предприятиях связаны с тем, что природа подобных продуктов и технология их синтеза существенно отличаются от широко распространенных стирол-акриловых дисперсий близкого мономерного состава, использующихся, например, при производстве лакокрасочных материалов. При этом главной отличительной особенностью таких продуктов является многокомпонентность их состава, когда дисперсия гидрофобной добавки состоит как минимум из двух полимеров и ряда специальных добавок.

В представленной работе изучены особенности синтеза анионных стирол-акриловых дисперсий для поверхностной проклейки бумаги и картона. Проведена оценка влияния мономерного состава и молекулярной массы полимера, концентрации и природы анионного ПАВ на эффективность полученных проклеивающих агентов. Изучено влияние на качество получаемого продукта вводимых в реакционную систему природных полимеров на основе крахмала. Показано, что полученные на основе природных полимеров привитые сополимеры выступают в качестве коллоидных стабилизаторов стирол-акриловых дисперсий.

ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ РАЗЛИЧНОГО СТРОЕНИЯ ПО РЕАКЦИИ CUAAC В ПРИСУТСТВИИ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗАТОРА

Безлепкина К.А.,^{а,б,в} Ардабьевская С.Н.,^{а,б,в} Аристова В.А.,^{а,г} Беликова И.И.,^{а,г} Клокова К.С.,^а Переяславцев А. Ю.,^д Мигулин Д.А.,^а Миленин С.А.^{а,б,в}

^а *Институт Синтетических Полимерных Материалов им. Н.С. Ениколопова РАН*

^б *Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого*

^в *Московский Государственный Технический Университет ИМ. Н.Э. Баумана*

^г *Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева*

^д *Институт элементоорганических соединений Российской Академии наук им. А. Н. Несмеянова*

Кремнийорганические молекулы как индивидуального, так и полимерного строения являются неотъемлемой частью современного наукоемкого промышленного производства и высоких технологий. Создание простых методов синтеза таких молекул должно отвечать современным экологическим и экономическим стандартам.^{1,2}

В данной работе продемонстрирована возможность создания ряда функциональных кремнийорганических молекул от оргоалкоксиланов до полидиметилсилоксанов и карбосилановых дендримеров с помощью реакции катализируемого Cu(I) азид-алкинового циклоприсоединения (CuAAC) в присутствии гетерогенного катализатора. Все процессы проводили в безрастворных условиях до полной конверсии функциональных групп в составе кремнийорганических молекул при относительно низкой температуре – 60 °С. Важным результатом работы является изучение выщелачивания меди из гетерогенного катализатора в конечные полисилоксаны и оценка их потенциальной токсичности по отношению к биологическим клеткам.³

Литература

1. Milenin S., Drozdov F., Bezlepkina K., Majorov V., Muzafarov A., Macromol., 2021, 54, 6, 2921–2935.
2. Kseniya A. Bezlepkina, Sofia N. Ardabevskaia, Kseniia S. Klokova, Aleksei I. Ryzhkov, Dmitry A. Migulin, Fedor V. Drozdov, Georgij V. Cherkaev, Aziz M. Muzafarov, and Sergey A. Milenin, ACS Appl. Polym. Mater. 2022, 4, 9, 6770–6783.
3. Kseniya A. Bezlepkina, Irina I. Belikova, Vasilissa A. Aristova, Kseniia S. Klokova, Sofia N. Ardabevskaia, Alexander Yu Pereyaslavtsev, Dmitry A. Migulin and Sergey A. Milenin., React. Chem. Eng., 2024, 9, 448-460.

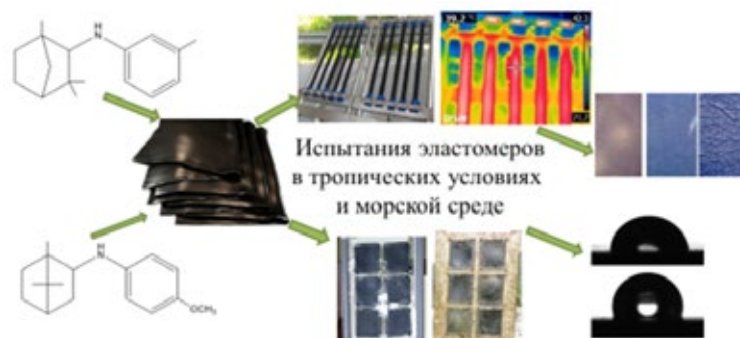
Работа выполнена при поддержке Правительства Тульской области (постановление от 30.12.2021 № 899) в рамках Соглашение №11 от 07 сентября 2022 и РНФ № 21-73-10082.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ВОЗДЕЙСТВИЮ АТМОСФЕРЫ ТРОПИКОВ И МОРСКОЙ СРЕДЫ

Ваниев М.А., Новаков И.А.

*Волгоградский государственный технический институт, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28,
e-mail: vaniev@vstu.ru*

В условиях тропического климата эластомерные изделия наряду с повышенной влажностью подвергаются интенсивному действию солнечной радиации, озона и высоких температур. Кроме того, спецификой является воздействие на резины и резинотканевые изделия грибков и микроорганизмов. Вследствие этого резины должны обладать повышенной стойкостью к тепловому, световому и озонному старению, а также стойкостью к биологическому воздействию.



В работе представлены обобщенные данные по результатам длительных натурных испытаний, проведенных на климатических станциях Кон Зо и Дам Бай на территории Социалистической Республики Вьетнам.

Цель работы – создание эластомерных материалов, обеспечивающих мультипликативный эффект в области повышения эффективности работы оборудования и техники, эксплуатируемых в условиях тропического климата и морской среды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FZUS-2023-0007 на основании Соглашения № 075-03-2024-126 от 17.01.2024 с изменениями)

АМФИФИЛЬНЫЕ ГОМОПОЛИМЕРЫ: ОСОБЕННОСТИ САМООРГАНИЗАЦИИ В ПРИВИТЫХ СЛОЯХ И РАСТВОРЕ

Василевская В.В.

*Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук,
г. Москва, ул. Вавилова 28
e-mail: vvvas@polly.phys.msu.ru*

Амфифильные гомополимеры — это макромолекулы, часть или все мономерные звенья которых содержат существенно разные (гидрофобные и гидрофильные) группы. К амфифильным гомополимерам можно отнести макромолекулы с амфифильными мономерными звеньями, гребнеобразные макромолекулы, полимерные поверхностно-активные вещества, макромолекулы с мицеллообразующими звеньями и т.д. Амфифильные гомополимеры обладают эффективной поверхностной активностью, собираются в специфические структуры с характерным нанометровым масштабом. Особенностью самоорганизации амфифильных гомополимеров является чувствительность к относительному положению групп с различным сродством в мономерных звеньях, что в ряде случаев может привести к возникновению специфического энтропийного притяжения.

В докладе будет описано как это энтропийно-индуцированное притяжение влияет на морфологию раствора амфифильных гомополимеров и структуру плотных привитых слоев [1-4].

Литература

1. Lazutin A. A., Vasilevskaya. *Polymer*, 2022, **255**, 125172.
2. Buglakov A. I., Larin D. E., Vasilevskaya V. V. *Polymer*, 2021, **232**, 124160.
3. Mitkovskiy D. A., Lazutin A. A., Ushakova A. S., Talis A. L., Vasilevskaya V. V. *Polym. Sci. Series C*, 2023, **65**, 3.
4. Buglakov A. I., V. V. Vasilevskaya V. V. *Macromolecules*, 2023, **56**, 6600.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-73-20104-П.

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ И ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНОГО КОМПЛЕКСА АЛЬГИНАТ НАТРИЯ-ХИТОЗАН

Цыганова А.А., Голованова О.А.

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, г. Омск
E-mail: golovanoa2000@mail.ru*

В настоящее время особое внимание исследователей уделяется новому классу биополимеров – полиэлектролитным комплексам (ПЭК). Часто ПЭК биополимеров обладают физико-химическими и биологическими свойствами, отличными от свойств исходных полимеров. Известно, что альгинат натрия вступает в полиэлектролитную реакцию с хитозаном. Образование комплекса происходит по механизму электростатического взаимодействия между противоположно заряженными функциональными группами полиэлектролитов. Об этом свидетельствует снижение гидродинамических свойств альгината натрия при добавлении геля хитозана, которое можно объяснить блокировкой отрицательно заряженных карбоксильных групп альгината положительно заряженными аминогруппами хитозана. При этом динамическая вязкость полученного ПЭК принимает промежуточное значение между величинами вязкостей для альгината натрия и хитозана, что говорит об образовании нестехиометрического водорастворимого комплекса с преобладанием кислотных функциональных групп. Введение смеси ФК в полученный полиэлектролитный гель приводит к быстрому росту вязкости системы в результате формирования более жесткой структуры, а при увеличении содержания наполнителя – к полной потере текучести. Что свидетельствует о механизме образования композита, подобном альгинату натрия и смеси ФК, а именно сшивке ионами кальция полимерных полисахаридных цепей.

Результаты РФА композиционного материала свидетельствуют о том, что внедрение порошкового материала в матрицу ПЭК не изменяет его компонентного состава. Методом БЭТ установлено, что удельная поверхность композиционного материала, характеризующегося соотношением наполнитель/матрица 30/70, уменьшается по сравнению с порошковым материалом от 23 м²/г до 18 м²/г, но при этом занимает промежуточное значение между данными, полученными для подобных композиционных материалов, матрицей в которых выступали альгинат натрия – 37 м²/г и хитозан – 6 м²/г. Важно отметить, что увеличение температуры сушки образца от 25 до 200°С способствует росту удельной поверхности до 27 м²/г.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023).

СОПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРКЕТОНОВ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ

**Жанситов А.А., Шахмурзова К.Т., Курданова Ж.И., Слонов А.Л.,
Мусов И.В., Хаширова С.Ю.**

*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик,
360004, Чернышевского 173,
e-mail: azamat-z@mail.ru*

В последние годы особый интерес представляют полимерные материалы, применимые в аддитивных технологиях. Высокотехнологичное формование деталей сложной конфигурации с использованием 3D-технологий предъявляет к полимерным материалам высокие требования по потребительским характеристикам и технологичности. Среди таких материалов особое место занимают полиэфиркетоны, которые сочетают высокие механические показатели с теплостойкостью, огнестойкостью, устойчивостью к агрессивным средам.

В связи с этим крайне важной задачей является выявление основных факторов, которые предопределяют получение полиэфиркетонов с макромолекулярной структурой, которая обеспечит сочетание высоких эксплуатационных свойств (термо- и теплостойкости, деформационно-прочностных характеристик) с высокой технологичностью для переработки в изделия методом 3D-печати.

В докладе представлены результаты исследования взаимосвязи закономерностей синтеза полиэфиркетонов с их реологическими, термическими свойствами, молекулярно-массовым распределением, позволившие разработать методику синтеза полиэфиркетонов с улучшенными эксплуатационными характеристиками для применения в различных методах 3D-печати - селективном лазерном спекании и послойном нанесении расплавленной полимерной нити.

Исследованы ранее не изученные сополиэфиркетоны основе 1,4-дигидроксibenзола и 4,4'-дигидроксидифенила, обладающие комплексом необходимых свойств для применения в 3D-печати. Показано, что снижение степени кристалличности полиэфиркетона путем введения в его структуру 4,4'-дигидроксидифенила приводит к значительному повышению качества 3D-печати методом FDM. Испытание напечатанных образцов из синтезированного сополимера показало, что модули упругости при изгибе и растяжении, а также прочность при разрыве имеют высокие значения и близки к свойствам образцов полученных методом литья под давлением.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ЛЕГКО РАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ С УЧАСТИЕМ ЦИКЛИЧЕСКИХ КЕТЕНАЦЕТАЛЕЙ

Заремский М.Ю., Алиев Э.Э., Гулюкина Н.С., Зайцев М.О.

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы д.1 стр.3,
e-mail: zaremski@mail.ru*

Большинство промышленно производимых полимеров, представляют собой карбоцепные полимеры, получаемый радикальной полимеризацией. Такие объекты как правило стойки к внешним воздействиям (гидролизу, биоразложению, фотолизу и т.д.) В связи с актуальностью получения легкоразлагаемых полимеров методом радикальной полимеризации, особый интерес приобрела полимеризация циклических кетенацеталей (ЦКА) с раскрытием цикла. При полимеризации ЦКА происходит последовательное раскрытие двойной связи и ацетального цикла. В результате в углеродную цепь встраиваются сложно-эфирные звенья, Именно они и обеспечивают последующее гидролитическое или ферментативное разложение полимера.

Несмотря на возросший интерес к этим процессам, механизм и кинетика радикальной полимеризации ЦКА практически не изучены. По наших и литературным данным им присущи черты, не свойственные обычной радикальной полимеризации виниловых мономеров.

В настоящем докладе планируется отразить ранее неизвестные отличительные черты радикальной полимеризации ЦКА на примере полимеризации 2-метилена-1,3-диоксепана и 5,6-бензо-2-метилена-1,3-диоксепана. В частности, будут обсуждены вопросы автоторможения по ходу реакции, завышенных порядков скорости полимеризации по мономеру и инициатору, высоких значений теплоты полимеризации и энергии активации процесса, необычного механизма инициирования, роста и ограничения цепи.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-23-00147.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК КЛЕЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Исаева А.Ю.

Национальный исследовательский центр

*«Курчатовский институт» - Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (НИИ «Курчатовский институт» - ВИАМ), 105005, Москва, улица Радио 17,
e-mail: isaevay@viam.ru*

В современной авиационной техники применяется ряд конструкционных и функциональных клеящих материалов. К конструкционным относятся такие материалы как: конструкционные эпоксидные пленочные клеи, эпоксидные клеи холодного отверждения; фенолокаучуковые пленочные клеи, клеевые препреги для ПКМ конструкционного назначения¹⁻².

К функциональным относятся: вспенивающиеся клеи, термостойкие клеи, резиновые клеи, клеи со специальными свойствами (токопроводящие и другие).

ПКМ, полученные из клеевых препрегов на основе наполнителей из стеклянных волокон и на основе наполнителей из углеродных волокон, обладают широким спектром свойств в зависимости от физико-механических характеристик клеевых связующих и армирующих наполнителей, применяемых для их производства.

Отличительной особенностью клеевых препрегов является то, что они позволяют реализовать высокоэффективную технологию сборки клеевых высоконагруженных сотовых конструкций из неметаллических материалов одинарной и сложной кривизны, в процессе которой формование обшивки и ее склеивание с сотовым наполнителем происходит за одну технологическую операцию³.

В докладе подробно рассмотрены свойства ранее разработанных клеев и клеевых препрегов, применяемых в современной авиационной техники, а также новые разработки НИИ «Курчатовский институт» – ВИАМ в этой области.

Литература

1. Каблов Е.Н., Минаков В.Т., Аниховская Л.И. Клеи и материалы на их основе для ремонта конструкций авиационной техники // Авиационные материалы и технологии, 2002. №1. С. 61–65.
2. Петрова А.П., Донской А.А., Чалых А.Е., Щербина А.А. Клеящие материалы. Герметики: справочник. СПб.: Профессионал, 2008. 589 с.
3. Куцевич К.Е., Сидорина А.И., Тюменева Т.Ю., Дементьева Л.А. Современные полимерные композиционные материалы на основе клеевых препрегов // Химические волокна. 2019. № 5.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 13.2 «Полимерные композиционные материалы» и 15.1. «Многофункциональные клеящие системы» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года»).

СОЗДАНИЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Каблов В.Ф.^а, Рыбанов А.А.^а, Кейбал Н.А.^а, Соловьев М.Е.^б

^аВолжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», 404130, Волжский, Энгельса 42а,

e-mail: vkablov5@gmail.com

^бФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»

Использование информационных и цифровых технологий позволяет оказать существенную поддержку процессу создания новых материалов, в том числе, новых резин. Особое значение методы компьютерного материаловедения имеют для разработки материалов с заданными свойствами, эксплуатирующимися в экстремальных условиях – при высокотемпературном воздействии, воздействии агрессивных сред, в условиях глубоких скважин при нефтедобыче и т.п.

Представлено применение методов компьютерного материаловедения при создании эластомерных материалов для экстремальных условий эксплуатации при компьютерном проектировании, моделировании и прогнозировании свойств материалов при эксплуатации, в том числе, представлен интеллектуальный банк данных с блоком машинного обучения по составам и свойствам эластомерных материалов, программы расчета теплофизических и физико-химических характеристик, программа имитационного многофакторного моделирования поведения материалов в гипертепловых условиях, программа компьютерного проектирования состава многокомпонентного эластомерного материала с использованием интерактивных программ и методов ИИ.

Работа выполнена в рамках проекта № 3.26 «Компьютерное материаловедение многокомпонентных наноструктурных эластомерных материалов с заданными свойствами для экстремальных условий эксплуатации» мероприятия по обеспечению технологического суверенитета Российской Федерации Центра НТИ по направлению «Технологии моделирования и разработки новых функциональных материалов с заданными свойствами».

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА АНИОННЫХ СОПОЛИМЕРОВ И МИКРОГЕЛЕЙ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ АДГЕЗИВОВ

Кожунова Е.Ю.^{а,б}, Кузнецова Е.К.^а, Плуталова А.В.^{а,б}, Черникова Е.В.^{а,б}

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, 119991, Ленинские горы, д.1, стр.2

*^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, Москва, 119991, Ленинские горы, д.1, стр.3
e-mail: kozhunova@polly.phys.msu.ru*

Материалы с высокой адгезией широко используются во многих областях: при создании композитных материалов, изготовлении лакокрасочных материалов и клеев, в различных биомедицинских приложениях. Например, медицинские клеи на полимерной основе используются для соединения тканей при травмах и разрывах. Такие материалы позволяют не только ускорить процесс закрытия разрыва, но и снизить риск травм и распространения инфекционных заболеваний. При выборе состава важно обратить внимание на то, что клеи, используемые в регенеративной медицине, должны быть биосовместимыми и обладать высокой адгезией, не препятствуя росту тканей.

Одним из способов решения этой проблемы может быть использование клеев, полученных путем образования динамических нековалентных связей между компонентами. В данной работе в условиях радикальной полимеризации синтезирован ряд анионных водорастворимых полимеров различного состава и строения для дальнейшего использования в качестве одного из компонентов медицинского клея. Были получены: а) линейные полимеры, б) разветвленные полимеры и в) микрогели, в состав которых входили гидрофильные, гидрофобные и анионные мономерные звенья.

Для синтеза линейных и разветвленных полимеров применяли полимеризацию с обратимой передачей цепи в водных или органических средах. Были получены и охарактеризованы водорастворимые сополимеры акриловой кислоты (АК) с N-изопропилакриламидом (НИПАМ), стиролсульфоната натрия с НИПАМ и АК со стиролом. Синтез микрогелей проводился методом осадительной полимеризации в воде. Были получены и охарактеризованы микрогели на основе сополимеров НИПАМ и АК, и НИПАМ и стиролсульфоната натрия. Далее, методом динамического светорассеяния были изучены особенности термо- и pH-чувствительного поведения полимеров в водных растворах для определения оптимальных составов для дальнейшего включения в состав адгезивной композиции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-43-00049.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ХИТОЗАНА

Критченков А.С.^{а,б}

^аРоссийский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

^бИнститут технической акустики Национальной академии наук Беларуси, 210009 г. Витебск, пр. генерала Людникова, 13, e-mail: platinist@mail.ru

До недавнего времени химия природных полимеров хитина и хитозана в значительной степени была ограничена традиционными подходами классической органической химии. Использование новых подходов клик-химии, сонохимии, микроволнового облучения и других методов интенсификации химических реакций является важной и актуальной задачей современной химии ВМС. Новые полимераналоговые реакции в химии хитина и хитозана позволяют синтезировать ряд новых производных указанных полисахаридов с привлекательными физико-химическими, механическими и фармакологическими свойствами.

В нашей научной группе в данной области проводятся исследования в двух направлениях: (1) промотируемые ультразвуком новые полимераналогичные производные хитина и хитозана и (2) электрохимические полимераналогичные превращения хитина и хитозана. В результате развития указанных направлений нами внедрены в химию хитина и хитозана ультразвуковое тиол-иновое и фенол-иновое присоединение, нитрон-нитрильное 1,3-диполярное циклоприсоединение, электрохимическое прямое *N*-арилирование, получены новые высокоактивные антибактериальные полимеры, плёнки и пищевые покрытия на их основе, наночастицы и системы доставки лекарств. Этим и другим нашим недавним достижениям в химии хитина и хитозана будет посвящен данный доклад.

Литература

1. Kritchenkov A. S., Zhaliashniak N. V., Egorov A. R., Lobanov N. N., Volkova O. V., Zabodalova L. A., Suchkova E. P., Kurliuk A. V., Shakola T. V., Rubanik V. V., Rubanik V. V., Yagafarov N. Z., Khomik A. S., Khrustalev V. N. Carbohydrate Polymers **242** (2020).

НОВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ НА ОСНОВЕ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ И ГИБРИДНОЙ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

**Лупоносов Ю.Н., Дядищев И.В., Чуйко И.А. Папковская Е.Д.,
Калиниченко А.К. Балакирев Д.О.**

*Институт синтетических полимерных материалов имени Н.С. Ениколопова РАН,
117393, Москва, улица Профсоюзная, 70
e-mail: luponosov@ispm.ru*

Донорно-акцепторные (Д-А) сопряженные олигомеры и полимеры представляют огромный интерес, т.к. их свойства могут быть тонко настроены в широком диапазоне для конкретного типа применения. В докладе будет представлен молекулярный дизайн, синтез и комплексное исследование свойств новых серий Д-А соединений (малые молекулы, олигомеры, полимеры) разнообразного химического строения, имеющих в качестве сопряженного спейсера олигофеновые звенья. Полученные материалы обладают ценными свойствами и могут быть использованы в органических солнечных батареях¹⁻³, фотодетекторах¹, фото- и электролюминесцентных устройствах⁴⁻⁶, дырочно-транспортных слоях перовскитных солнечных батареях^{7,8} и т.д.

Литература

1. Yu. N. Luponosov, A. N. Solodukhin, A. L. Mannanov, P. S. Savchenko, B. A. L. Raul, N. M. Surin, S. M. Peregodova, A. V. Bakirov, M. A. Shcherbina, S. N. Chvalun, M. S. Pshenichnikov, D. Yu. Parashchuk, S. A. Ponomarenko, *Materials Today Energy* 2021, **22**, 100863
2. D. O. Balakirev, A. L. Mannanov, N. A. Emelianov, P. K. Sukhorukova, A. K. Kalinichenko, P. A. Troshin, D. Yu. Parashchuk, S. A. Ponomarenko, Yu. N. Luponosov, *Dyes and Pigments*, 2023, **216**, 111343
3. J. Wan, I. Dyadishchev, R. Sun, Q. Wu, J. Guo, Y. Wu, S. Peregodova, S. Ponomarenko, Yu. Luponosov, J. Min, *Journal of Materials Chemistry A*, 2022, **10**, 17122
4. D. O. Balakirev, A. N. Solodukhin, S.M. Peregodova, E. A. Svidchenko, N. M. Surin, Yu. V. Fedorov, S. A. Ponomarenko, Yu. N. Luponosov, *Dyes and Pigments* 2023, **208**, 110777
5. I. V. Dyadishchev, D. O. Balakirev, N. K. Kalinichenko, E. A. Svidchenko, N. M. Surin, S. M. Peregodova, V. G. Vasilev, O. Yu. Shashkanova, A. V. Bakirov, S. A. Ponomarenko, Yu. N. Luponosov, *Dyes and Pigments*, 2024, **24**, 112003
6. R. Khranov, A. Kosobryukhov, V. Kreslavski, D. Balakirev, A. Khudyakova, E. Svidchenko, N. Surin, S. Ponomarenko, Yu. Luponosov, *Frontiers in Plant Science* 2022, **13**, 827679
7. Yu. N. Luponosov, A. N. Solodukhin, I. A. Chuyko, S. M. Peregodova, S. A. Ponomarenko, *New Journal of Chemistry* 2022, **46**, 12311
8. P.K. Sukhorukova, E.A. Ilcheva, P.A. Gostishchev, L.O. Luchnikov, M.M. Tepliakova, D.O. Balakirev, I.V. Dyadishchev, A.A. Vasilev, D.S. Muratov, D.A. Kiselev, T.S. Ilina, Yu.N. Luponosov, A. Di Carlo, D.S. Saranin, *Journal of Power Sources* 2024, **604**, 234436

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (договор № 075-15-2024-532-2 в рамках гранта № 075-15-2024-532).

ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЕ В ПРОЦЕССАХ С УЧАСТИЕМ ЧЕТ-ВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Малкандуев Ю.А.

*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова
(г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360004, Рос-сия),
e-mail: malkanduev@mail.ru*

В качестве объектов исследований для получения гидрогелей в работе использованы четвертичная аммониевая соль - N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорид, акриловая кислота и др. Реакцию полимеризации проводили в водных растворах в присутствии таких сшивающих агентов, как четвертичные аммониевые мономеры, так и широко используемые N,N-метиленбисакриламид, тетра- и триаллильные мономеры, тетрааллилпиперидийхлорид¹. Выявлено, что для многих процессов, полимеризация идет с образованием растворимых продуктов до определенных конверсий, а при больших превращениях мономера в полимер образуются высоконабухающие в воде полимерные продукты. Четвертичные аммониевые мономеры сами могут выступать сшивающими веществами для многих полимеров (например, для акриловой кислоты). Исследование кинетических закономерностей процессов полимеризации показало, что во всех случаях увеличение концентрации мономера приводит к уменьшению индукционного периода и увеличению скорости полимеризации. Получены кривые зависимости конверсии от времени, которые спрямляются в логарифмических координатах, что подтверждает первый порядок по мономеру проходящих реакций. Процесс образования водорастворимых полимеров наблюдается до определенной конверсии, который в изучаемых системах можно описать классической схемой радикальной полимеризации, добавленным иницированием, и ростом цепи, приводящей к сшиванию. Таким образом, многие процессы гелеобразования, в начальный этап полимеризации, и в определенных условиях, проявляют себя как радикальный процесс с ярко выраженным гель-эффектом, а структура получаемых гидрогелей гетерогенная и в значительной степени зависит от условий их получения.

Литература

1. Д.А. Топчиев, Ю.А. Малкандуев. Катионные полиэлектролиты: получение, свойства и применение. -М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. - 232 с.

ТЕРМОДИНАМИКА КАРБОСИЛАНОВЫХ ДЕНДРИМЕРОВ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ОСНОВА СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ ПОЛИМЕРНОЙ МАТЕРИИ

**Маркин А.В.,^а Сологубов С.С.,^а Смирнова Н.Н.,^а
Татаринова Е.А.,^б Музафаров А.М.^б**

^аНациональный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23
E-mail: markin@chem.unn.ru

^бИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова
Российской академии наук (ИСПМ РАН), 117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 70

Дендримеры представляют класс макромолекулярных нанообъектов, которые обладают многофункциональностью и уникальными свойствами. Возможности модификации структуры дендримеров обуславливают широкие перспективы их практического применения в нанотехнологии, материаловедении, катализе, биомедицине, фотонике. Особый интерес ученых вызывают карбосилановые дендримеры (рис. 1), которые характеризуются термодинамической стабильностью за счет низкой полярности и высокой прочности связи Si–C.

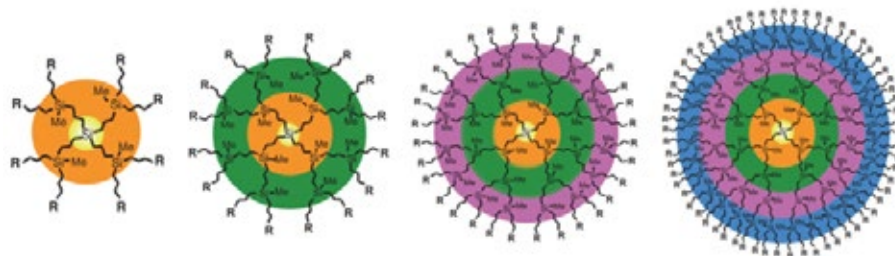


Рисунок 1. Структуры карбосилановых дендримеров первой–четвертой генераций (G1–G4) с различными концевыми функциональными группами (R)

В работе проведено комплексное исследование рядов карбосилановых дендримеров различных генераций с варьируемой природой внешнего слоя методами прецизионной калориметрии и термического анализа. Определен массив фундаментальных термодинамических характеристик изученных соединений. Привлечение методов химической термодинамики позволило установить зависимости «структура – свойство», которые являются фундаментальной основой разработки технологий производства новых дендримерных материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Госзадание FSWR-2023-0025) и стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов (СП-1369.2022.4).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АММИАКА КАК СРЕДЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕАКЦИЙ – НОВЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ СИЛИКОНОВ

**Миняйло Е.О.^{а,б} Анисимов А.А.^{а,б} Темников М.Н.^{а,б} Щеголихина О.И.^а
Музафаров А.М.^{а,в}**

^а*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, улица Вавилова 28,
e-mail: ekaminyaylo1995@mail.ru*

^б*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,
300026, Тула, проспект Ленина 125*

^в*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, улица Профсоюзная 70*

Силиконы находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Благодаря особенностям своей химической структуры они отличаются целым рядом свойств, которые позволяют им занять особое место среди резиновых эластичных материалов.

Развитие новых технологий требует все более тонкого контроля свойств получаемых материалов. Один из способов достижения этой цели – использование узкодисперсных полимеров. Такие соединения позволяют направленно варьировать свойства за счет контролируемого изменения молекулярной массы и архитектуры макромолекул. Еще один насущный вопрос современной химии силиконов – это переработка и утилизация отходов. В связи с их высокой термической стабильностью и химической инертностью, силиконовые резины трудно перерабатывать привычными методами.

Таким образом, на сегодняшний день можно выделить две основные задачи в данной сфере исследований: 1 – поиск новых эффективных подходов к получению силиконов строго заданной структуры; 2 – разработка технологических способов переработки отходов силиконовой промышленности.

В данной работе мы предлагаем универсальный подход для получения и переработки силиконов в среде аммиака. Варьируя условия проведения реакций возможно как получать узкодисперсные функциональный полимеры различной архитектуры, так и перерабатывать отработанные силиконовые изделия до циклических и линейных мономерных продуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Минобрнауки РФ на развитие молодежных лабораторий, в рамках реализации ТГПУ им. Л.Н. Толстого программы «Приоритет 2030», согласно договору № 073-00033-24-01 от 09.02.2024.

ОТ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЩЕТОК К МОЛЕКУЛЯРНЫМ НАПОЛНИТЕЛЯМ

Обрезкова М.А.^а, Селифонова А.А.^а, Ревенко В.К.^а, Музафаров А.М.^{а,б}

^а*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, Профсоюзная улица 70,
e-mail: obrezkova@ispm.ru*

^б*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук,
119334, Москва, Вавилова улица, 28 стр. 1*

За последние годы молекулярные щетки (МЩ) из экзотичных объектов исследований, демонстрировавших мощь полимерной теории и прогресса в развитии синтетических подходов, неожиданно превратились в уникальные материалы, которые принципиально отличаются от привычной полимерной материи механизмом межмолекулярного взаимодействия. Наноразмерность, вытянутая червеобразная форма молекулы молекулярной щетки, вариативность химической модификации, исходя из потребностей полимерной матрицы, является оптимальным претендентом на использование молекулярных щеток в качестве анизометричных молекулярных наполнителей. Поскольку вытянутая конформация молекулы молекулярной щетки достигается при условии высокой степени полимеризации основной цепи и высокой плотности прививки боковых цепей, которые, в свою очередь, находятся в зависимости от используемого метода синтеза, то эти два фактора являются обязательными при использовании молекулярных щеток в качестве анизометричных наполнителей.

В данной работе будет представлен анализ синтетических процедур, используемых для синтеза молекулярных щеток в плане их эффективности и перспективности масштабирования, и потенциала применения в качестве анизометричных наполнителей для молекулярных композитов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-23-00565.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНА И ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФОНА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ

Слонов А.Л., Мусов И.В., Мусов Х.В., Тлупов А.Ф., Ржевская Е.В., Жанситов А.А., Хаширова С.Ю.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

На сегодняшний день, среди множества способов переработки материалов и получения изделий, большой интерес представляют методы, в основе которых лежит процесс спекания порошков. В частности, можно выделить порошковое литье и 3D печать методом селективного лазерного спекания. В качестве сырья для спекания могут быть использованы металлические, керамические или полимерные порошки, которые консолидируются под действием теплового или лазерного излучений.

Условия спекания могут оказывать значительное влияние на конечные свойства и геометрию изделий. В связи с этим, термопластичные порошки полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) и полифениленсульфона (ПФСн) спекались при различных температурах. Для исследования были взяты порошки с различной вязкостью расплава: ПЭЭК с вязкостью при скорости сдвига 92 с^{-1} и температуре 380°C равном 603, 2175 и $6130 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и ПФСн с вязкостью 472, 996 и $2650 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при температуре 350°C .

Спекание ПЭЭК при температурах 340, 350, 360 и 370°C в течение 1 часа показало, что объемная усадка образцов в значительной степени зависит от насыпной плотности порошков – чем выше насыпная плотность, тем меньше усадка. При 360°C усадка для всех образцов порошка ПЭЭК становится постоянной. Также пористость снижается до минимальных значений. Для порошка ПЭЭК с наиболее высокой насыпной плотностью ($0,43 \text{ г/см}^3$) усадка составила 36 %, а пористость 1,2 %. Обнаружено, что порошок с наиболее высокой вязкостью демонстрирует лучшее сохранение формы изделия. Порошки ПФСн вследствие низкой насыпной плотности продемонстрировали значительную усадку и искажение геометрии. Для образца ПФСн с наиболее высокой насыпной плотностью ($0,3 \text{ г/см}^3$) минимальная пористость равная 7 % достигнута при 270°C , при этом объемная усадка составила 62 %.

Исследование механических свойств показало, что с увеличением температуры спекания происходит повышение механических свойств. Наиболее высоких значений закономерно достигают образцы с наименьшей пористостью. Примечательно, что свойства образцов, полученных спеканием, достигают свойств образцов, получаемых методом литья под давлением.

Таким образом, наиболее оптимальными температурами спекания порошков ПЭЭК и ПФСн можно считать 360 и 270°C , соответственно. При этих режимах достигается хорошее сочетание механических свойств и геометрии изделия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-69-10001 от 16.05.2023 г.)

ПОЛИМЕРНЫЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНТИМИКРОБНОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

**Соловьева А.Б.^{а,б}, Курьянова А.С.^а, Кардумян В.В.^а, Христидис Я.^б,
Файзуллин А.Л., П.С.Тимашев^{а,б}**

^аФедеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н.Семенова Российской академии наук,
119991, Москва, ул. Косыгина, 4,

^бИнститут регенеративной медицины, Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова, 119435, Москва, Большая Пироговская ул., 2, стр. 4,
e-mail: ann.solovieva@gmail.com

Лечение гнойных ран остается одной из наиболее сложных проблем современной медицины, несмотря на успехи клинической практики и фармакологии. Это связано с тем, что с одной стороны, гнойные раны и ожоги являются одними из самых распространенных видов травматических поражений, с другой, - стратегия лечения гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей остается до конца неразработанной. Ситуация настолько серьезна, что в 2014 году ВОЗ в своем релизе предупредила, что человечество неумолимо приближается к «постантибиотической эре» и выделила группу из пяти патогенов (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Enterobacter*), которые способны приводить к развитию суперинфекций, устойчивых к действию всех известных антибиотиков. В последние годы растет интерес к антимикробной фотодинамической терапии (АФДТ) как полноценной альтернативе антибиотикотерапии при лечении локальных инфекционных процессов. Поиск в этом направлении связан с разработкой новых конъюгатов на основе как традиционно применяемых в ФДТ порфириновых фотосенсибилизаторов (ФС), так и красителей с ФС-свойствами. В данной работе изучена сравнительная эффективность использования при АФДТ модельных ран у крыс, порфиринового ФС – Фотодитазина (препарата, применяемого в настоящее время в практике ФДТ), и красителей бенгальского розового и метиленового синего на ранней стадии раневого процесса. Все ФС использовали в комплексе с амфифильными полимерами (поливинилпирролидон, плуроник F127, полиэтиленгликоль), которые, как было показано ранее, повышают эффективность ФДТ и уменьшают токсическое воздействие облучения на кровеносные сосуды (гемморагическая реакция). Оказалось, что наиболее эффективны в этих процессах комплексы всех фотосенсибилизаторов с плуроником. При этом Фотодитазин быстро дезактивируется в процессе фотооблучения, а метиленовый синий и бенгальский розовый практически не подвергаются фотодеструкции. При этом во всех трех случаях наблюдаются регенеративные процессы в ранах – рост фибробластов и новых капилляров.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-43-00084

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПЛАСТИКОВ, АРМИРОВАННЫХ НЕПРЕРЫВНЫМИ ВОЛОКНАМИ, С ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИ-НОСТОЙКОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ МАТРИЦ ПОЛИЭПОКСИД-ТЕРМОПЛАСТ

Солодилов В.И.^{а,б}

^аФГБУН ФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, 119991, Москва, ул. Косыгина, 4

^бЦентр НТИ "Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества" МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5
e-mail: vital-yo@yandex.ru

Изделия из пластиков, армированных непрерывными волокнами, обладают низким удельным весом и высокими упруго – прочностными характеристиками, благодаря чему они применяются для производства изделий с высоким весовым совершенством. Наиболее распространенными матрицами для армированных пластиков остаются эпоксидные композиции. Однако для них характерна низкая трещиностойкость. Наибольший эффект увеличения трещиностойкости матриц и армированных пластиков (АП) достигается при использовании жесткоцепных термопластичных полимеров. При таком модифицировании теплоустойчивость материалов не снижается.

В Лаборатории армированных пластиков ФИЦ ХФ РАН проводятся систематические исследования, направленные на создание АП на основе многокомпонентных гибридных эпоксидно-полимерных матриц. По результатам исследований разработаны принципы создания АП, последовательно включающие в себя все этапы создания композиционного материала. Комплексный подход делает возможным получение АП с заданными упругопрочностными свойствами¹⁻³.

В зависимости от типа и количества термопласта в эпоксидной матрице и условий отверждения удастся увеличить трещиностойкость эпоксидных матриц с $\sim 0,3$ до $\sim 2,0$ кДж/м². Эффект увеличения трещиностойкости сохраняется для АП. Трещиностойкость стекло- и органопластиков может увеличиваться с $\sim 1,0$ до $\sim 2,0$ кДж/м², углепластиков – с $\sim 0,3$ до $\sim 0,6$ кДж/м².

Полученные результаты имеют практическую значимость для создания изделий из полимерных композиционных материалов на основе гибридных смесевых связующих с направленным регулированием их конечной структуры, обеспечивающей повышенные значения трещиностойкости.

Литература

1. Petrova T.V., et al. *Polymers*, 2022, **14**, 5320.
2. Tretyakov I.V., et al. *Polymers*, 2023, **15**, 2958.
3. Solodilov V.I., et al. *Mechanics of Composite Materials*, 2023, **59**, 743.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОГО ПЛАСТИЗОЛЯ

**Каблов В.Ф.¹, Кейбал Н.А.¹, Харламов В.О.²,
Крекалева Т.В.¹, Степанова А.Г.¹**

¹Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный технический университет», г. Волжский,
²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград,
404121, Российская Федерация, Волгоградская обл., г. Волжский, ул. Энгельса, 42а,
stepanastya@mail.ru.

В настоящее время возросло производство поливинилхлоридных пластизолов различного назначения в связи с техническими и экономическими преимуществами этой технологии.

Присутствие модифицированных гидроксида алюминия и модифицированного гидроксида магния позволяет снизить температуру с необогреваемой стороны на 10,3 °С (модифицированный гидроксид алюминия амидофосфатом) и на 31,8 °С (модифицированный гидроксид магния амидофосфатом). Образовавшийся кокс обладает низким значением коэффициента теплопроводности и высоким термическим сопротивлением, что приводит к снижению выхода горючих продуктов в газовую фазу, уменьшению потока горючих газов к пламени. Таким образом коэффициент вспучивания увеличивается в 11 раз при добавлении модифицированного гидроксида алюминия и в 10 раз при добавлении модифицированного гидроксида магния.

Результаты испытаний по определению коксового остатка при температуре 750 °С и времени экспозиции 30 минут коррелирует с вышеприведенными данными, так коксовый остаток увеличивается на более 20% (модифицированный гидроксид алюминия амидофосфатом) и на более 30% (модифицированный гидроксид магния амидофосфатом).

Наличие модифицированного гидроксида алюминия улучшает адгезионную прочность в 1,6 раза, а добавление модифицированного гидроксида магния – 1,5 раза.

При проведении исследования полученных поливинилхлоридных пластизолов методом электронной микроскопии было установлено, что при модификации гидроксида алюминия и магния наблюдается уменьшение агломерирования частиц наполнителя, что способствует его лучшему распределению в матрице полимера. Так же по увеличению пика фосфора можно сделать вывод об обнаружении фосфора на поверхности частиц наполнителя – гидроксида алюминия и магния, что свидетельствует о проведенной поверхностной модификации наполнителей, что повышает их антипирерующие способности.

ГИБРИДНЫЕ НЕОРГАНО-ОРГАНИЧЕСКИЕ НАНОБИОКОМПОЗИТЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ

Сухов Б.Г.,^а Трофимов Б.А.,^б Regdel D.^в

^а*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения
Российской академии наук, 630090, Новосибирск, Институтская, 3,
e-mail: boris_sukhov@mail.ru*

^б*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук,
664033, Иркутск, Фаворского, 1*

^в*Institute of Chemistry and Chemical Technology Mongolian Academy of Sciences,
210620, UlaanBaatar, Peace Avenue, 4*

Разработана¹ и развивается²⁻¹⁴ методология получения водорастворимых, агрегативно высокоустойчивых, биосовместимых нанокомпозиов, представляющих собой инкапсулированные в макромолекулы полимеров наночастицы нульвалентных металлов, халькогенов, металлохалькогенидов, других химических элементов и их соединений, а также органических веществ.

В докладе будет обсуждаться синтез, строение, физико-химические, биологические свойства новых нано-биокомпозиов и их перспективные области применения в качестве магнитных, оптических, каталитических материалов, а также средств параллельной многоканальной терапии и диагностики (тераностики).

Литература

1. Trofimov B.A., Sukhov B.G., Aleksandrova G.P. et al. *Dokl. Chem.*, 2003, **393** (4-6), 287.
2. Shurygina I.A., Sukhov B.G., Fadeeva T.V. et al. *Nanomed.: NBM*, 2011, **7** (6), 827.
3. Gasilova E.R., Matveeva G.N., Aleksandrova G.P. et al. *J. Phys. Chem. B*, 2013, **117**, 2134.
4. Lesnichaya M.V., Sukhov B.G., Aleksandrova G.P. et al. *Carbohydr. Polym.*, 2017, **175**, 18.
5. Lesnichaya M.V., Shendrik R.Y., Sukhov B.G. *J. Lumin.*, 2019, **211**, 305.
6. Khutsishvili S.S., Tikhonov N.I., Pavlov D.V. et al. *J. Therm. Anal. Calor.*, 2019, **137**, 1181.
7. Aleksandrova G.P., Lesnichaya M.V., Dolmaa G. et al. *Environ. Res.*, 2020, **190**, 109878.
8. Perfilova A.I., Nozhkina O.A., Ganenko T.V. et al. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, **22** (9), 4576.
9. Lesnichaya M.V., Sukhov B.G., Karpova E.A. *Coll. Surf. B: Biointerf.*, 2021, **197**, 111381.
10. Perfilova A.I., Tsivileva O.M., Nozhkina O.A. et al. *Nanomater.*, 2021, **11** (9), 2274.
11. Perfilova A.I., Graskova I.A., Sukhov B.G. et al. *Agronomy*, 2022, **12** (6), 1281.
12. Abzaeva K.A., Sukhov B.G., Khutsishvili S.S. et al. *Int. J. Mol. Sci.*, 2022, **23** (18), 10963.
13. Khutsishvili S.S., Perfilova A.I., Kon'kova T.V. et al. *Polymers*, 2024, **16** (5), 716.
14. Abzaeva K.A., Ostrovskaya L.A., Korman D.B. et al. In Book "Nanocomposites - Properties, Preparations and Applications". In Tech, 2024.

Работа выполнена при финансовой поддержке РЦНИ, проект 20-53-44002_Монг_а.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КАК КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕДИЦИНЫ БУДУЩЕГО

Хаширова С.Ю., Жанситов А.А., Хаширов А.А., Курданова Ж.И.

*Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова, 360004, Нальчик, Чернышевского 173,
e-mail: new_kompozit@mail.ru*

Развитие технологий 3D- и 4D-печати на основе полимерных и композитных материалов меняют отрасль здравоохранения на глобальном уровне, обеспечивая производство медицинских инструментов, хирургических шаблонов, каркасов для тканевой инженерии, персонализированных имплантатов.

Несмотря на значительный прогресс в полимерных аддитивных технологиях, основным ограничивающим фактором дальнейшего успеха этого направления в медицине является отсутствие отечественных сертифицированных материалов.

В то же время для применения высокоэффективных полимеров и технологий в медицине важно критически оценить и охарактеризовать новые материалы с точки зрения структурного, механического и термического поведения, уделяя особое внимание биосовместимости, обеспеченной химическим строением, молекулярной массой и надмолекулярной организацией полимера, а не его формой.

В докладе рассматриваются проблемы применения синтетических полимеров и композитов в качестве имплантатов. Особое внимание уделено суперконструкционным полимерам и композитам на их основе, которые в сочетании с 3D и 4D печатью значительно расширяют возможности для получения персонализированных имплантатов¹. Обсуждаются результаты разработки суперконструкционных полимеров медицинского назначения в Центре прогрессивных материалов и аддитивных технологий КБГУ. Приведены новые подходы к модификации полимеров для усиления их остеоинтеграции, регулированию механических свойств и надмолекулярной структуры для получения качественных и безопасных изделий, близких по свойствам к костной ткани человека. Рассматривается вопрос о медицинской чистоте полимера.

Литература

1. Slonov A.L., Khashirov A.A., Zhansitov A.A., Rzhetskaya E.V., Khashirova S.Yu. The influence of the 3D-printing technology on the physical and mechanical properties of polyphenylenesulfone. Rapid prototyping journal. 24 (7). 1124 (2018).

САМООРГАНИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ С АКТИВНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ

Буглаков А.И., Рудяк В.Ю., Лелекова В.А., Лопушенко А.В., Чертович А.В.

ФИЦ ХФ РАН, Москва, Косыгина 4.
e-mail: chertov@chph.ras.ru

Активные среды (Active matter) – новое и бурно развивающееся направление химической физики, описывающее системы с активными агентами, которые способны преобразовывать энергию среды в собственное движение. В таких системах нет привычного термодинамического равновесия и могут наблюдаться необычные эффекты самоупорядочения и расслоения¹. Подобные системы можно встретить на разных пространственно-временных масштабах, начиная от бактерий и молекулярных моторов, и заканчивая стаями птиц и косяками рыб.

Но что будет, если активные агенты образуют полимерные цепочки? Полимеры бедны энтропией, а потому более склонны к самоупорядочению и структурированию, по сравнению с низкомолекулярными системами. На примерах нескольких моделей полимеров с активными звеньями будет продемонстрированы их особенности и необычные свойства, в том числе способность к сонаправленному коллективному движению² и частичному коллапсу под влиянием активности, см. Рисунок 1.

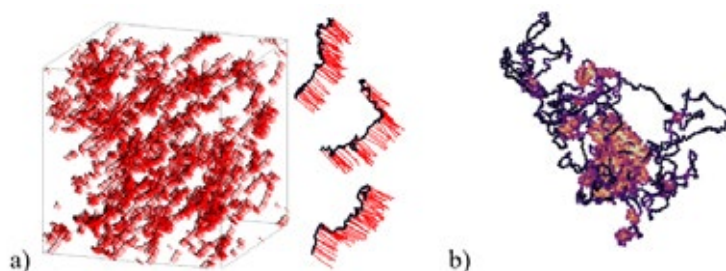


Рисунок 1. Примеры рассмотренных полимерных систем с активными звеньями:
спонтанное однонаправленное движение в растворе (а)
и частичный коллапс в одиночной набухшей цепи (б)

Литература

1. Popkin, G. The physics of life. *Nature* **529**, 16–18 (2016).
2. Rudyak V., et al. Long-range ordering of velocity-aligned active polymers. *The Journal of Chemical Physics* **160.4** (2024).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-00089.

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РЕАКЦИОНОСПОСОБНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Шапагин А.В., Плюснина И.О., Пономаренко А.Д.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской Академии Наук,
119071, Москва, Ленинский проспект 31, к. 4,
e-mail: shapagin@mail.ru*

Нарастающие требования промышленности к эксплуатационным характеристикам материалов сопровождаются усложнением рецептур композитов. Например, для улучшения физико-механических и технологических свойств реактопластичных связующих углепластиков используют модификацию термопластами и активными разбавителями. В таких многокомпонентных системах в результате химической реакции отверждения происходит снижение термодинамической совместимости компонентов с формированием сложной гетерогенной структуры, определяющей свойства композита. В этой связи актуальной задачей современного материаловедения является разработка подходов к управлению структурообразованием в многокомпонентных полимерных системах и, как следствие, создание материалов, обладающих требуемым комплексом свойств.

В данной работе подходы к регулированию, качественному и количественному прогнозированию фазовой организации в многокомпонентных отверждающихся полимерных системах разрабатывали и апробировали посредством комплексных исследований би- и трехкомпонентных отверждающихся диаминодифенилсульфоном систем эпоксидного олигомера с поликапролактоном, а также с полисульфоном и активным разбавителем алкил глицидиловым эфиром.

Методами оптической интерферометрии, сканирующей и оптической микроскопий, ИК-спектроскопии и дифференциальной сканирующей калориметрии проведены комплексные исследования смещения компонентов систем до и в процессе химических реакций, а также эволюции фазовой организации при отверждении. По результатам исследования на примере бикомпонентной системы разработана методика определения концентрационных диапазонов всех возможных типов фазовой организации в отвержденных системах. Показаны качественные тенденции, и на примере исследованной системы построены количественные зависимости влияния параметров смеси на размеры фазовых структур в отвержденной композиции. Предложен подход по количественному определению составов сосуществующих фаз. Большое внимание уделено изучению структурообразования в области обращения фаз фазовой диаграммы. Формирующиеся в данной области системы обладают структурой типа взаимопроникающие фазы и характеризуются скачкообразным изменением некоторых свойств. Разработанные подходы и полученные закономерности апробированы на тройной системе и носят универсальный характер.

ПОЛИФЛУОРЕНЫ С КОВАЛЕНТНО ПРИСОЕДИНЕННЫМИ ЦИАНИНОВЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ: СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЯ В ОПТОЭЛЕКТРОНИКЕ

**Якиманский А.В.,^а Жукова Е.В.,^а Митрошин А.М.,^а Мильцов С.А.,^а
Лыпенко Д.А.^б**

^а *Институт высокомолекулярных соединений Национального исследовательского центра
«Курчатовский Институт», 199004, Санкт-Петербург, Большой пр., 31
e-mail: yakimansky@yahoo.com*

^б *Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, кор. 4*

Синтезированы новые сополифлуорены, содержащие ковалентно присоединенные фрагменты цианиновых красителей, которые широко применяются в светодиодных устройствах¹, оптических² и химических³ сенсорах. Показано, что использование СПФ-1 (рис. 1а) в светоизлучающем слое органических светоизлучающих диодов позволяет получить достаточно интенсивную и практически белую электролюминесценцию (цветовые CIE-координаты $x=0.328$, $y=0.343$).

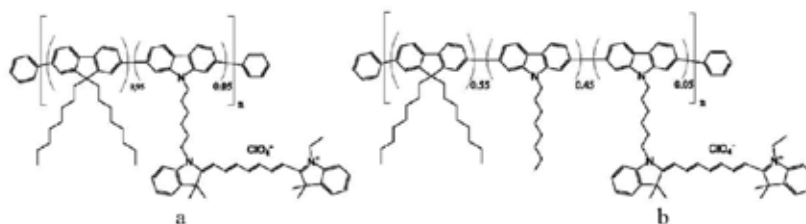


Рисунок 1. Структуры СПФ-1 (а) и СПФ-2 (б).

Изучены спектры поглощения и люминесценции сополифлуоренов в кислом ($pH=1.65$) и щелочном ($pH=9.18$) буферных растворах. Показано, что в спектре люминесценции сополифлуорена СПФ-2 (рис. 1б) с тем же цианиновым красителем, что и в СПФ-1, полоса эмиссии цианинового красителя при 680 нм проявляется только в кислой среде.

Таким образом, изученные сополифлуорены перспективны для использования в оптоэлектронике и хемосенсорике.

Литература

1. Лыпенко Д.А. Электролюминесценция полимерных композитов на основе J-агрегатов цианиновых красителей : дис. канд. хим. наук: 02.00.04 / Д.А. Лыпенко. – М., 2000. – 107 с.
2. M. Puyol, S. Miltsov, Í. Salinas, J. Alonso // Anal. Chem. – 2002. Vol. 74. – P. 570–576.
3. M. Puyol, C. Encinas, L. Rivera, S. Miltsov, J. Alonso // Sensors and Actuators B. – 2007. Vol. 122. – P. 53–59.

ПОЛИСАХАРИДЫ КАК ВОЗМОЖНЫЕ НОСИТЕЛИ ДЛЯ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ В АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

**Аксенова Н.А.,^{a,б} Копылов А.С.,^a Черкасова А.В.,^a
Савко М.А.,^a Соловьева А.Б.^a**

^aФедеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н.Семенова Российской академии наук,
119991, Москва, ул. Косыгина, 4,

^бИнститут регенеративной медицины, Первый Московский государственный медицинский университет им.
И.М. Сеченова, 119435, Москва, Большая Пироговская ул., 2, стр. 4,
e-mail: naksenova@mail.ru

Формирование гетерогенных фотосенсибилизирующих систем медицинского назначения (например, для использования при лечении ран методом антибактериальной фотодинамической терапии, АФДТ) требует использования биосовместимых, бактерицидных и нетоксичных носителей. Таким требованиям отвечают природные полисахариды – хитозан (ХТ), альгинат натрия (АН), гиалуроновая кислота. В частности, хитозан хорошо зарекомендовал себя в качестве бактерицидного полимерного носителя для фотосенсибилизаторов (ФС) при АФДТ как в условиях *in vitro*, так и в условиях *in vivo* при лечении инфицированных ран. Альгинат натрия благодаря своим ранозаживляющим и кровеостанавливающим свойствам используется в клинической практике, поскольку его применение в лечении повреждений кожи и тканей ускоряет реабилитацию пациентов. Интерес к полисахаридам обусловлен еще и тем, что раневые покрытия на их основе могут удалять избыток экссудата, при этом сохраняя раневую поверхность влажной, обеспечивать газообмен, предотвращать механическую травму тканей, а также обеспечивать возможность бесконтактного визуального контроля за раной.

В данной работе изучены фотокаталитическая активность (в модельной реакции фотоокисления триптофана в воде) и фотосенсибилизирующие свойства в генерации синглетного $^1\text{O}_2$ кислорода порфириновых и непорфириновых ФС, иммобилизованных на полисахаридных ксерогелях, а также на водонерастворимом поли-электролитном комплексе ХТ/АН. Кроме того, показаны примеры использования систем фотосенсибилизатор/полисахарид в лечении модельных ран у лабораторных животных методом АФДТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-43-00084.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА СПЕЙСЕРА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИКАРБОРАНСИЛОКСАНОВ

**Алексеева Л.А.^{1,2}, Миняйло Е.О.², Зубова В.Ю.^{1,2}, Никифорова Г.Г.²,
Бужин М.И.², Музафаров А.М.^{2,3}**

¹Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет),
141700, Московская обл., Долгопрудный, Институтский переулок, 9,
e-mail: lida.ludka@gmail.com

²Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук,
119334, Москва, ул. Вавилова, 28

³Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук,
117393, Москва, ул. Профсоюзная, 70

Полидиметилсилоксаны (ПДМС) обладают уникальными физико-химическими свойствами, такими как низкие температуры стеклования, стабильность при высоких и низких температурах и т.д. В настоящее время активно развивается направление по введению элементоорганических групп в структуру силоксановых полимеров для придания им новых свойств. Ранее в ИНЭОС РАН был получен ряд новых поликарборансилоксанов (тип А). Было установлено, что в таких системах происходит микрофазовое разделение силоксановых и карборанильных компонентов¹. Данная работа является продолжением этого исследования и представляет собой синтез поликарборансилоксанов, отличающихся структурой спейсера между силоксановыми и карборанильными компонентами (тип В), а также сравнительный анализ физико-химических свойств двух разных типов поликарборансилоксанов.

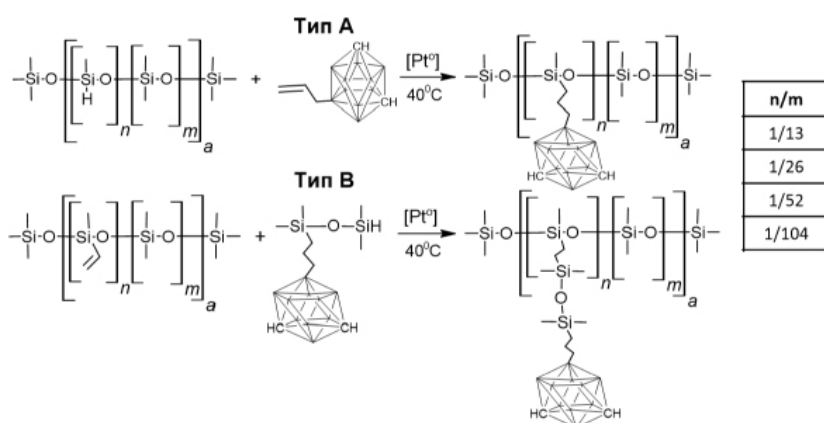


Рисунок 1. Схема получения поликарборансилоксанов типа А и типа В

Литература

1. Minyaylo E.O., Zubova V.Y., Zaitsev A.V., Ol'shevskaya V.A., Nikiforova G.G., Buzin M.I., Anisimov A.A., Muzafarov A.M. Studies on the effect of polyhedral carboranes on the physicochemical properties of polycarboranosiloxanes, 2023, Polym. Chem., **14**, 1514-1525.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 21-73-10178.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПОЛИ(L-ЛАКТИД-СО-Е-КАПРОЛАКТОНА) БИМЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Анохин Е.В., Седуш Н.Г., Чвалун С.Н.

*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова
Российской Академии Наук, 117393, Москва, ул. Профсоюзная, 70
e-mail: e.anohin@ispm.ru*

Материалы с эффектом памяти формы широко используются в медицине для создания различных изделий, в том числе «умных» медицинских устройств, обеспечивающих возможность быстрой малоинвазивной имплантации. В последнее время исследователей заинтересовал биоразлагаемый сополимер поли(L-лактид-со-ε-капролактон) (PLCL), изделия из которого могут запрограммированным образом менять свою форму под воздействием тепла при температуре ~37 °С. Известно, что свойства PLCL можно тонко настраивать путем изменения соотношения звеньев L-лактида (LA) и ε-капролактон (CL). Кроме того, сополимеры с одинаковым составом могут иметь разные свойства из-за различий в микроструктуре полимерной цепи. Поэтому для синтеза PLCL биомедицинского назначения необходимо установить влияние условий реакции на характеристики получаемых полимеров.

Методом полимеризации с раскрытием цикла в расплаве при температуре 160 °С в присутствии катализатора 2-этилгексаноат олова (II) и активатора 1,12-додекандиола были синтезированы сополимеры с относительным составом LA:CL равным 70:30. Установлено, что увеличение концентрации 1,12-додекандиола от 500 до 10000 ppm способствует сокращению времени достижения равновесной конверсии мономеров с 360 до 120 мин. Молекулярно-массовые характеристики синтезированных полимеров были исследованы методом ГПХ. Показано, что средневесовая молекулярная масса составляет от 30 до 110 кДа. По ЯМР-спектрам рассчитаны параметры микроструктуры цепи: значения средней длины последовательностей мономерных звеньев LA и CL, а также степень статистичности (R). Установлено, что увеличение концентрации 1,12-додекандиола способствует получению сополимера с более случайным распределением звеньев, так R снижается с 0,7 до 0,5. Методом ДСК была установлена зависимость теплофизических свойств от типа микроструктуры цепи. Исследование гидролитической деградации показало, что сополимеры с высокой молекулярной массой деградируют за более долгий период, срок деградации составляет от 14 до 30 дней.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание №FFSM-2022-0003)

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИДРОГЕЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА, УСИЛЕННЫХ ХИТИНОВЫМИ НАНОКРИСТАЛЛАМИ

Антипова К.Г., Истомина А.П., Крупнин А.Е., Григорьев Т.Е.

*НИЦ «Курчатовский институт», 123182, Москва, пл. Академика Курчатова 1,
e-mail: antipova.cg@gmail.com*

Композиционные гидрогели находят различные применения в биомедицине. Введение наполнителя обеспечивает такие преимущества материала, как возможность тонкого регулирования механических свойств и достижение более высоких упруго-прочностных характеристик по сравнению с ненаполненными системами, а также повышение биологической активности, а именно улучшение пролиферации, дифференцировки и миграции клеток.

Одним из популярных наполнителей являются нанокристаллы хитина, которые обладают высоким характеристическим соотношением и модулем упругости в диапазоне от 41 до 220 ГПа. Помимо армирующих свойств данный наполнитель оказывает противовоспалительное и ранозаживляющее действие, что делает его перспективным для использования в биомедицине.

В данной работе получены композиционные гидрогелевые материалы на основе полиакриламида (Acros Organics, Бельгия), наполненные нанокристаллами хитина различной природы, и исследованы их физико-химические и механические свойства в зависимости от концентрации, полиморфной модификации (α - и β -хитин) и способа выделения нанокристаллов.

Синтез нанокристаллов хитина осуществляли методами ТЕМПО-окисления, кислотного гидролиза и эксфолиации в присутствии аскорбиновой кислоты. Композиционные гидрогели получали методом свободно-радикальной полимеризации акриламида и N,N'-метиленабисакриламида в присутствии инициатора – персульфата аммония. В качестве катализатора выступала аскорбиновая кислота. Количество наполнителя варьировали в диапазоне от 1 до 3 масс. %.

Морфологию синтезированных материалов исследовали методом сканирующей электронной микроскопии. Механические свойства, включая упруго-гистерезисные потери, композиционных гидрогелей изучали в испытаниях на индентирование.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ БАКТЕРИЦИДНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА

Апратина К.В., Смирнова О.Н., Смирнова Л.А.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, корп. 5
e-mail: apryatina_kv@mail.ru*

Наночастицы (НЧ) серебра, благодаря своей эффективной антибактериальной и противогрибковой активности, вызывают активный интерес исследователей в связи с ростом резистентности микроорганизмов к антибиотикам и развитием устойчивых штаммов бактерий. НЧ серебра способны физически взаимодействовать с поверхностью клеток различных бактерий, прилипая, накапливаясь на ней и вызывая структурные изменения, которые в итоге ведут к некрозу бактерии. НЧ с размерами < 30 нм способны проникать внутрь бактерий и воздействовать на нее изнутри. В качестве стабилизатора НЧ перспективно использовать биосовместимый, биоразлагаемый полисахарид хитозан, благодаря его уникальным сорбционным и хелатирующим свойствам, которые обусловлены наличием amino-, гидроксильных функциональных групп.

НЧ серебра формировали *in situ* в растворе стабилизатора хитозана при УФ-индуцированном восстановлении допанта AgNO_3 . Показано, что изменение молекулярной массы хитозана позволяет регулировать средний размер НЧ серебра, причем с увеличением молекулярной массы полисахарида размер последних уменьшается. Дисперсии НЧ серебра с размером НЧ ~ 8 нм, сформированные в растворах хитозана с более высокой молекулярной массой, проявляют ярко выраженную бактерицидную активность, что особенно четко прослеживается для бактерий вида *Escherichia coli* (грамотрицательная бактерия). Увеличение размера НЧ серебра всего лишь до 12 нм приводит к резкому снижению бактерицидной активности. На основе дисперсий НЧ серебра, стабилизированных хитозаном, могут быть получены однородные и прозрачные пленки с прочностью до 90 МПа.

Полученные результаты могут найти применение при создании бактерицидных, кровоостанавливающих, ранозаживляющих материалов и материалов функционального назначения на основе хитозана в виде растворов, гелей, губок и пленок.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ № 23-13-00342.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ ДЕНДРИМЕРОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ КАРБОСИЛАНОВОГО ЯДРА И АРОМАТИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО РЕАКЦИИ CuAAC

**Ардабьевская С.Н.^{а,б,д}, Чамкина Е.С.^б, Краснова И.Ю.^б, Сухова Е.А.^{б,в},
Миленин С.А.^{а,б,д}, Ханин Д.А.^б, Бакиров А.В.^{а,в}, Серенко О.А.^б,
Шифрина З.Б.^б, Чвалун С.Н.^{а,в}, Музафаров А.М.^а**

^а *Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
г. Москва. e-mail: ardabsof@gmail.com*

^б *Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, г. Москва, Россия*

^в *Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия*

^з *Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Россия*

^д *Центр НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

Дендримеры и структуры на их основе в основном состоят из блоков одного типа. Ранее была продемонстрирована возможность синтеза дендримеров типа ядро/оболочка комбинацией жестких полифениленовых и гибких карбосилановых блоков. Использование Cu -катализируемой реакции азид-алкинового циклоприсоединения между ядром и оболочкой позволяет избежать множества побочных процессов, а также добиться полноты протекания реакции.

Данное исследование посвящено синтезу и исследованию свойств карбосилановых дендримеров различных генераций с полифениленовым дендроном 1 генерации в оболочке на спейсере различной длины. Показано влияние количества и плотности групп гексафенилбензола в оболочке дендримера на степень кристалличности макромолекул и плотность упаковки в кристаллической структуре, а также на фазовое и термическое поведение.

Литература

1. E. S. Serkova, I. Y. Krasnova, S. A. Milenin et al., *Polymer*, 2018, 138, P. 83–91.
2. Milenin S. A., Cherkaev G. V., et al., M. *Macromolecules*, 2020. 53(22), 9706-9716.
3. S. N. Ardabevskaia, E. S. Chamkina, I. Y. Krasnova et al. // *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, Vol. 23 (24), P. 15461.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 22-13-00459.

СИНТЕЗ ПОЛИ(D,L-ЛАКТИДА-СО-ГЛИКОЛИДА) 50/50 С ЗАРАНЕЕ ЗАДАННЫМ МОЛЕКУЛЯРНЫМ СТРОЕНИЕМ

Атаманова А.А.^а, Бозин Т.Н.^б, Седуш Н.Г.^а

^а*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
ул. Профсоюзная 70, Москва, 117393, Россия,
e-mail: a.atamanova@ispm.ru*

^б*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, 123098, Россия*

Поли(лактид-со-гликолид) является одним из широко используемых в медицине и фармацевтике синтетических биоразлагаемых полимеров за счет своей биосовместимости и отсутствия токсичных продуктов разложения. Полимеры на основе лактида обладают широким спектром свойств, которые можно регулировать за счет изменения состава (соотношения звеньев лактида и гликолида), молекулярной массы, природы концевых групп и др. Эти характеристики важно контролировать при разработке систем адресной доставки и пролонгированного высвобождения лекарств на основе полимерных микро- и наночастиц. К поли(лактид-со-гликолиду), применяемому в фармацевтике, предъявляются высокие требования по точности состава, типу концевых групп, остаточному содержанию мономеров и растворителей, поэтому важной задачей является изучение влияния условий реакции на свойства полимеров.

Основной целью работы является изучение влияния концентрации 1,12-додекандиола и 90% L-молочной кислоты в качестве активаторов в реакции сополимеризации D,L-лактида и гликолида (50:50) на характеристики полимеров. Полимеризацию с раскрытием цикла проводили при температуре от 140 до 220 °С, в качестве катализатора выступал 2-этилгексаноат олова. Методом спектрофотометрии с использованием буферного раствора родамина 6G определяли концентрацию COOH-групп в полимерах. Показано, что полимеры с высоким содержанием карбоксильных групп могут быть получены при использовании 90% L-молочной кислоты в качестве активатора. С помощью ¹H-ЯМР была рассчитана степень конверсии мономеров и состав сополимеров. Методом ¹³C-ЯМР была исследована микроструктура полимерной цепи. Установлено, что ее тип определяет растворимость полученных полимеров. Показано влияние природы концевых групп на скорость гидролитической деградации сополимеров. По своим характеристикам синтезированные полимеры не уступают зарубежным аналогам.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание №FFSM-2022-0003)

О КАТАЛИТИЧЕСКОМ ГИДРИРОВАНИИ ПОЛИМЕРОВ

Сафиуллина Т.Р., Ахмедьянова Р.А., Рахматуллина А.П., Палей Р.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
420015, г.Казань, ул.К.Маркса, д.68
e-mail: safiullina.tr@gmail.com*

Гидрирование полимеров, в том числе синтетических каучуков, является одним из способов модификации, обеспечивающим их устойчивость к окислению, воздействию агрессивных сред, а также улучшенные механические свойства, что определяет их применение в особенно ответственных областях [1-3]. Несмотря на востребованность, для некоторых полимеров отсутствуют реализованные в Российской промышленности технологии получения их гидрированных производных.

Это связано не только со сложностями осуществления непосредственно стадии каталитического гидрирования, но и существованием проблемы выделения катализатора и его повторного использования.

Если рассмотреть гидрирование полимера, получаемого в латексе, то наиболее приемлемым представляется осуществление процесса в латексе в присутствии гомогенного катализатора, либо в растворе на гетерогенном катализаторе. Во втором случае полимер необходимо выделить из латекса, очистить от вспомогательных компонентов, а затем растворить в подходящем растворителе, провести гидрирование и снова выделить полимер. Все это естественно повышает себестоимость гидрированного полимера.

Гидрирование латекса в присутствии гомогенного катализатора вписывается в общую схему получения товарного продукта, добавляется лишь стадия гидрирования, но возникает проблема выделения катализатора, в качестве которых, как правило, используются комплексы на основе драгоценных металлов. Наиболее привлекательным решением является рецикл водной фазы, содержащей растворенный каталитический комплекс, однако возможно применение и других известных способов выделения гомогенных катализаторов.

Литература

1. Анисимов Б. Ю., Дыкман А. С., Имянитов А. С., Поляков С. А. *Каучук и резина*, 2007, № 2, С. 32–38.
2. Петрухина И.Н., Голубева М.А., Максимов А.Л. *Журнал прикладной химии*, 2019, Т. 92, Вып. 6, С.683-705.
3. Ваниев М.А., Бочкарев Е.С., Зосимов А.В. и др. *Каучук и резина*, 2023, № 2, С. 83-99.

ЗАМОРОЗКА ПОЛИМЕРНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННОЙ МОРФОЛОГИЕЙ

Базылева К.Ю., Шарикова Н.А., Малахов С.Н., Григорьев Т.Е.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
123098 Москва, Площадь Академика Курчатова 1,
e-mail: bazyleva.ki18@physics.msu.ru*

При разработке искусственных тканей архитектура пор каркаса должна имитировать структуру и свойства нативного матрикса. Литье-замораживанием является перспективным методом создания трехмерного материала для замещения поврежденной ткани.¹ Он позволяет контролировать структуру получаемых материалов за счет управления термодинамическими условиями процесса замерзания.² Хотя существует качественное понимание физических основ метода, многие детали происходящих в нем процессов изучены не полностью.

В работе использовали 2% раствор хитозана, в 2%-ом водном растворе уксусной кислоты. В исследовании также использовались растворы хитозана с добавлением технического углерода (ТУ, Vulcan XC 72R), как модельная система, в весовых концентрациях (от массы полимера) от 1 до 80 мас.%. Далее приготовленные растворы замораживали на разработанной установке с использованием элемента Пельтье. Зависимость температуры от времени фиксировали с помощью сенсора Termodat-1,3М. Затем образцы лиофилизировали в сушилке Martin Christ Alpha 2-4LSC для исследования морфологии материалов с применением сканирующей электронной микроскопии на приборе Phenom XL (ThermoFisher Scientific, США).

В результате работы была получена зависимость скорости заморозки и степени переохлаждения полимерного раствора от концентрации наполнителя и мощности охлаждения. Было проведено сравнение с построенной математической моделью. При исследовании морфологии материалов было обнаружено, что в области начала фронта заморозки формируется слой зарождения ядер льда. Его толщина зависит от концентрации наполнителя и мощности охлаждения. Далее по объему лед формируется с преобладанием механизма роста анизотропно.

Литература

1. Flauder S., et al., Acta Biomaterialia., 2014, p. 5148-5155.
2. Stolze C. et al., Adv. Eng. Mater., 2016, p. 111-120.

Работа выполнена при поддержке государственного задания НИЦ «Курчатовский институт». Авторы благодарят ресурсный центр (РЦ) «Оптика» и РЦ аддитивных и виртуальных технологий ОРЦ КК НИБКС-ПТ за исследование морфологии образцов и помощь в изготовлении экспериментальной установки.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИДМЕТИЛСИЛОКСАНОВ С УРЕТАНОВЫМИ ФРАГМЕНТАМИ В ОСНОВНОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ЦЕПИ ПО РЕАКЦИИ CuAAC ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

**Баканов К.К.,^{1,2} Ардабьевская С.Н.,^{1,2,3} Безлепкина К.А.,^{1,2,3} Клокова К.С.,¹
Крупнин А.Е.,⁴ Бузин А.И.,¹ Кханин Д.А.,⁵ Костров С.А.,^{1,6} Бакиров А.В.,^{1,4}
Дроздов Ф.В.,^{1,2,3} Чвалун С.Н.,^{1,5} Музафаров А.М.,^{1,5} Крамаренко Е.Ю.,^{1,6}
Миленин С.А.^{1,2,3}**

¹ Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
117393, Москва, Профсоюзная улица, 70

² Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого,
300026, Тула, проспект Ленина, 125

³ Московский государственный технический университет им. Баумана, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5

⁴ Национальный исследовательский центр „Курчатовский институт“,
123098, Москва, пл. Академика Курчатова, 1

⁵ Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, 119334, Москва, ул. Вавилова, 28

⁶ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1
e-mail: bakanov@ispm.ru

Были проведены исследования по получению полидиметилсилоксановых (ПДМС) сополимеров с включением динамических уретановых фрагментов по реакции азид-алкинового циклоприсоединения, катализируемого солью одновалентной меди (CuAAC). Этот подход характеризуется легкостью и высоким уровнем контроля в реакции¹, а получаемые сополимеры обладают высоким потенциалом благодаря динамическим взаимодействиям между вводимыми фрагментами² в полимерные цепи, что влияет на эксплуатационные характеристики итогового материала.

В работе представлены результаты по получению таких сополимеров и исследованы их физико-химические свойства. Также было продемонстрировано получение композитных материалов на их основе путем введения частиц радиотехнического карбонильного железа.

Подтверждено, что полученные термопластичные материалы можно использовать для экструзионной 3D-печати.

Синтез и модификация сополимеров осуществлены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 23-43-00057).

Исследование свойств сополимеров выполнено при финансовой поддержке ТПУ Л.Н. Толстого, программа “Приоритет 2030” (соглашение № 073-03-2022-117/7)

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ЖЕСТКОГО БЛОКА НА СВОЙСТВА УРЕТАНОВЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ СЛОЖНОЭФИРНОГО ТИПА

Бакирова И.Н.,^а Минеева Т.А.,^а Еганов Д.В.^б

^аКазанский национальный исследовательский университет, 420015, Казань, Карла Маркса 68,

^бАО «Химтраст», 423570, Республика Татарстан, г. Нижнекамск,

территория Промзона, здание 13Б, корпус 3

e-mail: bakirova-in@mail.ru

Среди многообразия полиуретановых материалов особое место занимают уретановые термопласты (ТПУ). Ценный комплекс эксплуатационных свойств в сочетании с технологичностью определяют конкурентоспособность ТПУ на рынке полимеров и востребованность в различных отраслях промышленности.

ТПУ представляют собой блок-полимеры, состоящие из эластичного и жесткого блока. Свойства полимера определяются природой и величиной каждого из этих блоков.

Целью работы является изучение зависимости свойств ТПУ от природы жесткого блока.

Объектами исследования служили ТПУ, полученные на основе олигобутиленгликольадипината (ОБА) молекулярной массы 1850, 4,4'-дифелметандиизоцианата (МДИ) и низкомолекулярных удлинителей цепи. В качестве последних использовали ароматический диол - 2,2'-[пропан-2,2-диилбис(п-фениленокси)]диэтанол (ДФП-2) и алифатический диол – 1,4-бутандиол (БД). Таким, образом, эластичным блоком в этих ТПУ был ОБА, а жесткий блок образован за счет взаимодействия МДИ и выше указанных диолов.

Образец, жесткий блок которого сформирован с участием ДФП-2, является аморфным и в нем отсутствует остаточная деформация после разрыва, в то время как использование БД приводит образованию закристаллизованного полимера с наличием остаточной деформацией. По деформационно-прочностным свойствам и твердости ТПУ на основе БД превосходят таковые, полученные с использованием ДФП-2. Наблюдаемое обусловлено уменьшением степени разделения жесткого и гибкого блока в ТПУ на основе ДФП-2 за счет наличия в нем ароматических фрагментов, гибких простых эфирных связей и боковых метельных заместителей. Указанное приводит к ослаблению кристаллизационной способности олигоэфирного блока, при этом способность к упругому восстановлению макромолекул после снятия нагрузки улучшается.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта в виде субсидий программы академического лидерства «Приоритет 2030»

СИНТЕЗ АРОМАТИЧЕСКОГО АМИНОПОЛИОЛА И ПОЛИУРЕТАНОВОГО ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

Балтачева С.А., Бакирова И.Н.

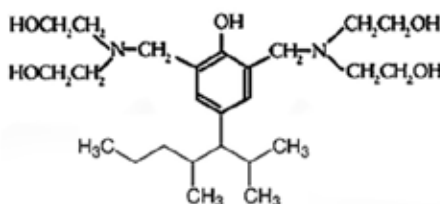
*Казанский национальный исследовательский университет, 420015, Казань, Карла Маркса 68,
e-mail: baltacheva.sofya@yandex.ru*

Растущий спрос на российском рынке потребления полиуретановой (ПУ) продукции удовлетворяется часто за счет зарубежных поставок, что связано с полным отсутствием в стране производства изоцианатов и нехваткой гидроксилсодержащих соединений. К числу последних относятся и полиолы. В жестких условиях санкционного давления на Россию актуальной становится задача по синтезу новых полиолов с использованием отечественного сырья и разработка на их основе технологии получения ПУ материалов.

Цель работы – синтез ароматического аминопалиола для получения ПУ лакокрасочного покрытия.

Синтез ароматического аминопалиола осуществляли по реакции Манниха, предусматривающей конденсацию нонилфенола, диэтанолamina и формальдегида при 50 °С с последующей отгонкой воды.

Структуру полученного продукта идентифицировали методами ИК-спектроскопии, MALDI-TOF масс-спектрометрии и химического анализа, результаты которых подтвердили образование ароматического аминопалиола следующего строения:



Полученный ароматический аминопалиол был апробирован в синтезе ПУ лакокрасочных покрытий. Помимо синтезированного продукта в состав композиции входили гидроксил-акриловая смола, гексаметилен-1,6-диизоцианат-биурет и толуол. В результате рецептурирования был разработан состав, позволивший получить ПУ покрытие с высокими значениями твердости и адгезии в сочетании со стойкостью к ударным нагрузкам.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта в виде субсидий программы академического лидерства «Приоритет 2030», утвержденной постановлением Правительства РФ 2021 года № 72729.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК ОКСИНИТРИДА КРЕМНИЯ ИЗ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛИСИЛАЗАНА ДЛЯ ИНКАПСУЛЯЦИИ ГИБКИХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Барышева А.В., Суворов С.С., Воротынцев А.В.

*Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
г.Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23, корп. 5
E-mail: alex.barysheva@yandex.ru*

Неорганический полисилазан – это полимер-прекурсор для получения керамики из оксинитрида кремния. Полученные из полисилазана пленки оксинитрида кремния и могут применяться для инкапсуляции гибких органических солнечных батарей, за счет возможности проведения процесса низкотемпературного УФ-индуцированного отверждения, а также как материала для многослойных антиотражающих покрытий.

Строение цепи неорганического полисилазана влияет на его свойства. В зависимости от отношения содержания кремния к азоту Si:N в цепи олигомера меняется степень разветвленности цепи, и как следствие – величина усадки пленки при полимеризации. Минимальное значение усадки имеет неорганический полисилазан с разветвленной структурой, в котором отношение Si:N близко к 3. В данной работе экспериментально исследовано влияние параметров процесса синтеза полисилазана на молекулярную массу и строение полимерной цепи и на свойства пленок оксинитрида кремния, полученных из неорганического полисилазана.

В ИК-спектре образца, полученного при максимальном расходе аммиака в реакции аммонолиза дихлорсилана ($4 \text{ г} \cdot \text{мин}^{-1}$), регистрируется область, соответствующая поглощению связей N—H (3380 см^{-1}). В ИК-спектре образца, полученного с минимальным расходом аммиака ($0.5 \text{ г} \cdot \text{мин}^{-1}$), эта область практически не фиксируется. Наблюдаемый эффект можно объяснить тем, что при малом расходе аммиака в реакционной зоне возникает избыток дихлорсилана, который приводит к протеканию аммонолиза с образованием разветвленных цепей путем замены связей N—H на N—Si. Потеря массы пленки неорганического полисилазана, измеренная при помощи термогравиметрического анализа составила 1,2 % в интервале температур от 70 до 180 °C, что означает низкую усадку пленки оксинитрида кремния.

При поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛЕСТНИЧНЫХ ПОЛИФЕНИЛСИЛСЕСКВИОКСАНОВ РАЗЛИЧНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАСС, ПОЛУЧЕННЫХ В СРЕДЕ АММИАКА

**Башкова Е.В.^{1,2,3}, Ершова Т.О.^{1,3}, Щеголихина О.И.^{1,3},
Темников М.Н.¹, Музафаров А.М.^{1,4}**

¹ *Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, улица Вавилова, 28*

² *Московский физико-технический институт, 141701, Долгопрудный, Институтский переулок, 9*

³ *Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29*

⁴ *Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393 Москва, Профсоюзная улица, 70*

**e-mail: evbashkova@gmail.com*

Лестничные полифенилсилсесквиоксаны (л-ПФСС) – это класс кремнийорганических полимеров, обладающий комплексом ценных физико-химических свойств. Наиболее часто используемым методом синтеза л-ПФСС является высокотемпературная полимеризация продуктов гидролиза фенилтрихлорсилана - многостадийный метод, требующий использования катализатора, большого количества органических растворителей, а также проведения реакции в жестких условиях.

Ранее нами был разработан эффективный метод синтеза л-ПФСС путем конденсации цис-тетрафенилциклотетрасилоксантетраола (цис-тетрола) в среде аммиака. Достоинством данного подхода является то, что в данном случае аммиак выступает в роли как растворителя, так и катализатора процесса конденсации. Кроме того, полученный полимер не нуждается в очистке, так как при декомпрессии аммиака происходит мгновенное удаление активной среды из зоны реакции.

В данной работе будет показано, как, изменяя температуру синтеза, можно получать л-ПФСС и пленки на их основе с заданными и варьируемыми в широком диапазоне молекулярно-массовыми характеристиками, чего невозможно добиться альтернативными методами. Нами был получен широкий ряд л-ПФСС с молекулярными массами от 2 до 250 кДа. Данные полимеры могут выступать в качестве перспективных строительных блоков при получении различных блок-сополимеров, например, аналогов Лестосила и Блоксила.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-79-10256.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАСТРАИВАЕМЫМИ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ СИЛОКСАНОВ РАЗЛИЧНОЙ АРХИТЕКТУРЫ И ОРГАНИЧЕСКИХ ФЛУОРОФОРОВ

**Белова А.С.^а, Кононевич Ю.Н.^а, Ионов Д.С.^б,
Сажников В.А.^б, Музафаров А.М.^{а,в}**

^а Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,
119334, Москва, ул. Вавилова, 28,
e-mail: belova.asya@gmail.com

^б НИЦ "Курчатовский институт", Курчатовский комплекс кристаллографии и фотоники,
Центр Фотохимии, 119421, Москва, ул. Новаторов, 7А

^в Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
117393, Москва, ул. Профсоюзная, 70

Актуальной областью исследования является создание и изучение свойств материалов, совмещающих в себе уникальные свойства силоксановых матриц (термическая и химическая стабильность, широкий рабочий интервал температур, высокая гибкость, оптическая прозрачность, инертность и биосовместимость) и органических флуорофоров (флуоресценция, сенсорные свойства, межфлуорофорные взаимодействия). Такие комбинированные системы позволяют получать новые уникальные флуоресцентные материалы, которые могут быть использованы в различных областях науки в качестве зондов для детекции различных клеток и органелл, в качестве сенсоров на температуру и полярность среды, в оптике и в OLED-технологиях в качестве компонентов для генерации «белого света», а в материаловедении – в качестве флуоресцентных покрытий, способных реагировать на изменение давления, температуры.

В данной работе были получены бис- и мультихромофорные системы с мономер-эксимерной флуоресценцией на основе различных флуорофоров (дибензоилметанат дифторида бора, перилен диимид) и силоксановых матриц линейного, циклического и полимерного строения (рис. 1)¹⁻³.

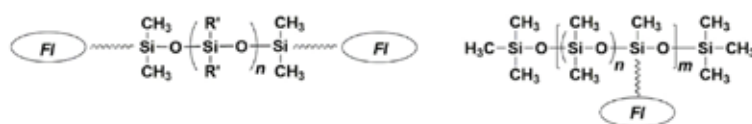


Рисунок 1. Бис- и мультихромофорные системы.

Литература

1. Belova A.S. et al., *Polymers*, 2022, **14**, 5075.
2. Belova A.S. et al., *Dyes and Pigments*, 2022, **208**, 110852.
3. Belova A.S. et al., *The Journal of Physical Chemistry B*, 2023, **127**, 5881.

ПОЛУЧЕНИЕ КАРБИДОКРЕМНИЕВЫХ ВОЛОКОН ИЗ ПРЕКУРСОРОВ НОВОГО ТИПА

Соколов М.А., Белоусов С.И., Чвалун С.Н.

*НИЦ «Курчатовский институт», 123182, Москва, пл. Академика Курчатова 1,
e-mail: serbell@gmail.com*

Карбидокремниевые (SiC) керамические волокна обладают рядом уникальных свойств: прочность, твёрдость, низкая теплопроводность, малый коэффициент теплового расширения, устойчивость к окислению, высоким температурам, химическому и радиационному воздействию. Волокна могут служить армирующим каркасом в композитных материалах, применимых во многих отраслях, в частности в космической и авиационной промышленности.

Существует технология создания SiC волокон методом пиролиза кремнийорганического полимерного прекурсора. После формования полимерные волокна должны быть сшиты во избежание их плавления при пиролизе. В данной работе получены SiC волокна пиролизом прекурсора нового типа, способного к самопроизвольной сшивке. Полученные волокна изучены методами электронной микроскопии, элементного и рентгеноструктурного анализа.

Показана возможность модификации волокон в зависимости от условий пиролиза. Получены волокна, покрытые оболочкой оксида кремния, углеродной оболочкой и покрытые нанородами.

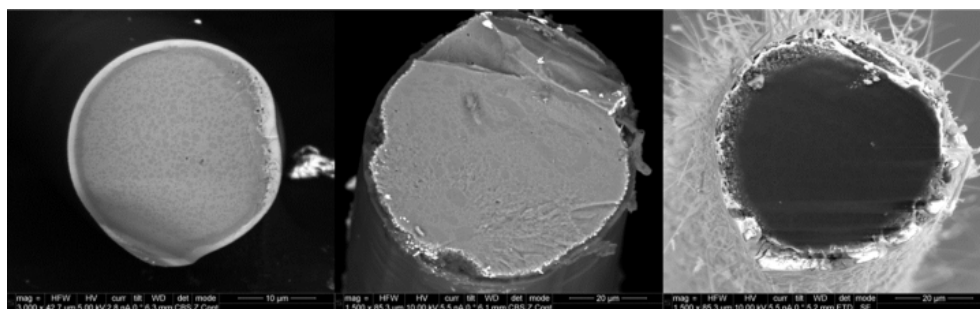


Рисунок 1. Оболочки SiC волокон, слева направо: оксид кремния, углерод, нанороды.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

ФИЗИКОХИМИЧЕСКИЕ И БИОАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИФЕНОЛОВ АРКТИЧЕСКИХ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Боголицын К.Г.,^{а,б} Маматмуродов Х.Б.,^а Попов Н.В.,^а Паршина А.Э.^{а,в}

^аСеверный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
163002, Архангельск, набережная Северной Двины, 17
e-mail: k.bogolitsyn@narfu.ru

^бФедеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени Н.П. Лаверова УрО РАН,
163020, Архангельск, проспект Никольский, 20

^вИнститут высокомолекулярных соединений РАН, 199004, Санкт-Петербург, Большой пр. 31

Арктические бурые водоросли, в том числе вида *Fucus vesiculosus*, являются ценным быстро возобновляемым источником уникального комплекса антиоксидантов- полифенолов (флоротаннинов, ФТ), обладающих большим потенциалом практического применения в качестве ключевых компонентов фармацевтических препаратов широкого круга действия. Повышенная активность ПФ, обусловлена физико-химическими свойствами, конформационными особенностями и структурной организацией молекул.

Флоротаннины водоросли *F. vesiculosus* выделены согласно схеме, разработанной авторами¹. Экстракт очищен и фракционирован методом ТФЭ с получением активной подфракции ФТ с чистотой 98 %, массой 21,4 кДа и активностью 862 мг аскорбиновой кислоты/г экстракта. Методами хроматографии, ЯМР, молекулярной гидродинамики, ИК-спектроскопии, оксидиметрии, потенциометрии установлены ключевые структурно-функциональные характеристики выделенной фракции. Высокое содержание свободных -ОН групп определяет проявляемый биоактивный эффект флоротаннинов при взаимодействии с клетками крови человека. Выявлено, что испытуемая фракция удовлетворяет требованиям отбора субстанций с антисептическими свойствами. Взаимодействие флоротаннинов с клеточными мембранами не вызывает лизиса, наоборот, за счет интеракции увеличивается функциональная активность иммунных клеток, что продемонстрировано в эксперименте с кровью пациентов с диагностированным лимфолейкозом. Таким образом, ФТ оказывают иммуностимулирующий эффект, что характеризует выделенный препарат как потенциальное средство для противоопухолевой терапии.

Литература

1. Bogolitsyn K., et al. *Journal of Applied Phycology*, 2020, **32**(6), 4277-4287.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования, проект FSRU-2023-004.

ИОДЗАМЕЩЁННЫЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ КАРБОКСИЛАТЫ Cu(II) И Zn(II): СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА

Бондаренко М.А.^{а,б}

^аИнститут неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,
630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 3

^бЮжно-Уральский государственный университет, 454080, Челябинск, пр. Ленина, 76
e-mail: bondarenko@niic.nsc.ru

Химия карбоксилатных комплексов Cu(II) и Zn(II) изучается на протяжении долгого времени, однако систематических исследований соединений на основе иодзамещённых ароматических карбоновых кислот в качестве строительных блоков для систем с галогенной связью (ГС) не проводилось.

В данной работе нами были получены комплексы Cu(II) и Zn(II) с анионами иодзамещённых кислот, а именно 2-иодбензойной (ИВА), 3,5-дииодсалициловой и пентаиодбензойной, а также широким рядом дополнительных N-донорных лигандов¹⁻⁷. Представлены данные о структурных особенностях, термической стабильности, спектроскопические и магнитные характеристики полученных комплексов.

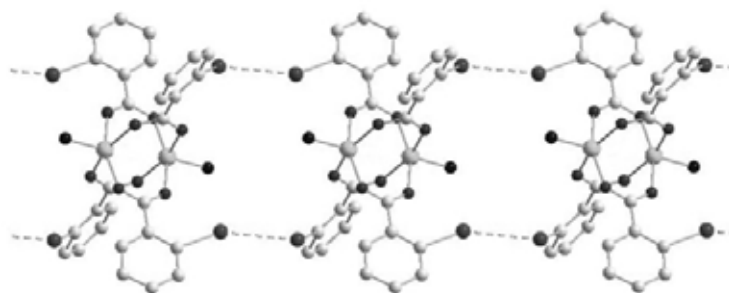


Рисунок 1. Структура комплекса $[Zn_2(3-MePy)_2(IVA)_4]$ и система его ГС I...I.
Пиридины сокращены до атомов N.

Литература

1. Bondarenko M.A. et al. *Mendeleev Commun.*, 2022, **32**, 585.
2. Bondarenko M.A. et al. *Inorganics*, 2022, **10**, № 10.
3. Bondarenko M.A. et al. *CrystEngComm.*, 2022, **25**, № 1, 130.
4. Bondarenko M.A. et al. *Polyhedron*, 2022, **214**, 115644.
5. Bondarenko M.A. et al. *Polyhedron*, 2021, **194**, 114895.
6. Bondarenko M.A. et al. *Inorganica Chim. Acta*, 2021, **524**, 120436.
7. Bondarenko M.A. et al. *J. Mol. Struct.*, 2021, **1244**, 130942.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 21-73-20019.

ПОЛИГИДРОКСИЛЬНЫЕ СИЛСЕСКВИОКСАНЫ. СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Борисова Д.М.,^а Калинина А.А.,^а Музафаров А.М.^{а,б}

^а *Институт синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова
Российской Академии Наук, 117393, Москва, Профсоюзная 70
e-mail: borisova@ispm.ru*

^б *Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова
Российской Академии Наук, 119334, Москва, Вавилова д.28*

Для создания износ-, влага-, огнестойких материалов необходимы соединения, обладающие гидрофобными свойствами, т.е. имеющие низкую поверхностную энергию¹. Примерами таких соединений являются полиорганосилоксаны.

Полиорганосилсесквиоксаны представляют собой один из важнейших классов полиорганосилоксанов. В зависимости от способа получения, могут образовываться силсесквиоксаны различной структуры: каркасные, лестничные, случайные и др.². Структура полиорганосилсесквиоксанов определяет их свойства и области применения.

Полиметилсилсесквиоксаны с высоким содержанием гидроксильных групп представляют большой интерес из-за наличия реакционноспособных гидроксильных групп, которые могут обеспечить прививку полиметилсилсесквиоксана к поверхности стекла, ткани, металла и т.д.³.

Цель настоящей работы является исследование сравнительной гидрофобизирующей эффективности полиметилсилсесквиоксанов различной структуры на различных материалах.

В качестве гидрофобизаторов использовали полиметилсилсесквиоксаны, синтезированные с использованием гидролитической поликонденсации метилтриэтоксисилана в нейтральных условиях под давлением⁴.

В работе будут представлены результаты исследования выбранных гидрофобизаторов, а, именно, уровень гидрофобности поверхности, адгезионной прочности, паропроницаемости для х/б ткани. Кроме того, изучено влияние структуры-свойства и термической обработки на уровень гидрофобности поверхности.

Литература

1. Киселев А.М. *ЖВХО*, 2002, **XLVI** (1), С.20-30.
2. Baney R. H. et al. *Chemical Reviews*, 1995, **95** (5), 1409-1430.
3. Frye C. L., Collins W. T. *J. Am. Chem. Soc.*, 1970, **92** (19), 5586-5588
4. Калинина А. А. и др. *Изв. АН. Сер. хим.*, 2016, 4, 1104-1109.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 21-73-30030.

ФОТОПОЛИМЕРИЗУЮЩАЯСЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ, МОДИФИЦИРОВАННАЯ АКРИЛАТОМ ХРОМА

Бочкарев Е.С., Бураков Б.А., Тужиков О.О.

Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28,
e-mail: w_tovn@mail.ru

Направленное изменение свойств полимерных материалов возможно за счет введения в основную макромолекулярную цепочку координационных соединений, к которым относятся металлсодержащие мономеры. Широко известны работы, направленные на синтез ацетатов, акрилатов и (мет)акрилатов d-металлов переменной валентности (никель, кобальт, хром и др.), а также получение полимерных материалов на их основе¹. Поскольку кратная связь в такого типа соединениях не принимает участия в координации с атомом металла, то применение их в качестве компонента фотополимеризующихся композиций (ФПК) открыло новые возможности в стереолитографии². Важной особенностью является то, что металлоорганические комплексы могут выполнять роль УФ-адсорбера в рецептуре ФПК.

В работе представлены данные по модификации ФПК на основе глицидилметакрилата и фотоинициатора комплексом акрилата хрома.

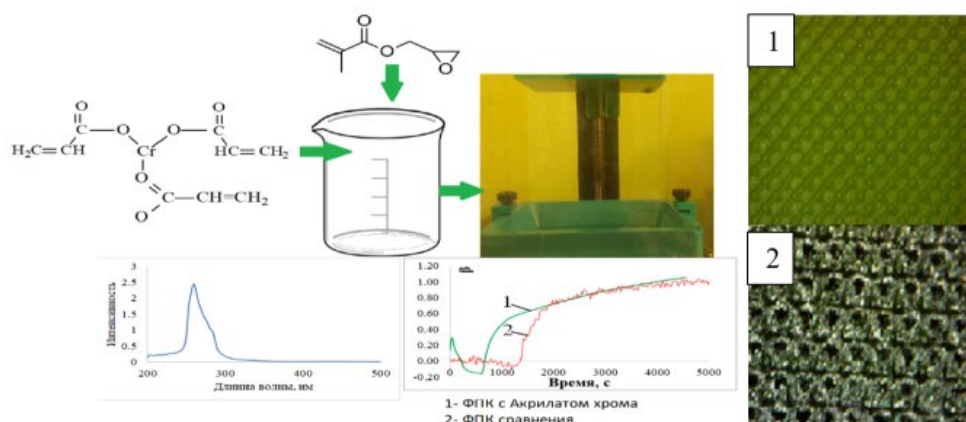


Рисунок. Схема процесса аддитивного производства с использованием ФПК, модифицированной акрилатом хрома

Обсуждаются результаты изучения кинетики процесса фотополимеризации, оценки физико-механических свойств и точности 3D-печати изделий, изготовленных из ФПК, модифицированных акрилатом хрома.

Литература

1. Быкова Т.А. и др. *Высокомолекулярные соединения*, Серия А, 2003, **6**, 921.
2. Andrey Vyatskikh et al. *Nature Communications*, 2018, **9**, 8.

Работа выполнена при финансировании Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проект № 075-03-2024-126)

САМСБОРКА ФИБРИЛЛЯРНЫХ ГЕЛЕЙ В РАСТВОРАХ АМФИФИЛЬНЫХ ГРЕБНЕОБРАЗНЫХ МАКРОМОЛЕКУЛ

Буглаков А.И., Василевская В.В.

*ИНЭОС РАН, Москва, Вавилова 28с1, 119991,
e-mail: buglakov@polly.phys.msu.ru*

Фибриллярные гели представляют собой полимерные сетки, в которых в качестве субцепи выступают вытянутые супрамолекулярные структуры, образованные при самосборке отдельных макромолекул. Такие структуры широко распространены в биологических объектах, а основным примером является внеклеточный матрикс, в котором состав и морфология геля напрямую определяет механические свойства тканей, транспортные свойства, адсорбцию клеток и их способность к дифференциации. Понимание процессов формирования таких объектов и создание их синтетических аналогов является одной из важнейших задач на стыке полимерной науки и биологии.

В данной работе с помощью методов крупно-зернистого компьютерного моделирования проведено комплексное исследование процессов спонтанного упорядочения амифифильных макромолекул с амфифильностью на уровне повторяющегося звена в режимах разбавленного и концентрированного раствора [1,2]. Обсуждаются предсказания возможных морфологий супрамолекулярных фибриллярных гелей в одиночном и бинарных растворителях, а также особенности переходов между структурами. Показано, что самосборка фибрилл амфифильных макромолекул определяется не только балансом объемной и поверхностной энергии, но и особым энтропийным притяжением, связанным с ориентацией боковых подвесок. Определены области и условия переходов между одиночными фибриллами и фибрами - агрегатами латерально связанных фибрилл.

Литература

1. Buglakov A. I., Vasilevskaya V. V. Self-Assembled Graft Copolymer Nanofibers with an Adjustable Internal and External Structure // *Macromolecules*. – 2023. – Т. 56. – №. 17. – С. 6600-6608.
2. Buglakov A. I., Vasilevskaya V. V. Fibrillar gel self-assembly via cononsolvency of amphiphilic polymer // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2022. – Т. 614. – С. 181-193.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 19-73-20104-П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ ЭД-20 С 1,2,3-БЕНЗОТРИАЗОЛОМ С ПОМОЩЬЮ ЯМР СПЕКТРОСКОПИИ

Васильева Е.Д., Дмитренко П.С.

*Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,
Якутск, Россия, 677980, Россия,
e-mail: vasilyeva_edm@mail.ru*

Введение 1,2,3-бензотриазола (БТА) в эпоксидную смолу ЭД-20 является перспективным направлением модификации, которое позволяет улучшить эксплуатационные характеристики материала: термостойкость и влажностойкость, стойкость к агрессивным средам, увеличение прочностных характеристик, что важно при создании конструкций и клеевых соединений, работающих в экстремальных температурных и влажностных условиях. Влияние модификатора БТА на структуру и свойства эпоксидной смолы ЭД-20 изучалось методом ЯМР спектроскопии на спектрометре Bruker Avance DPX 300 с рабочей частотой 500,13 МГц для ядер ^1H и 125,76 МГц для ядер ^{13}C .

Сравнивая спектры ^1H исходной и модифицированной эпоксидной смолы, можно наблюдать дополнительный сигнал на 2,0 м.д., который отсутствует в спектре исходной ЭД-20. Этот сигнал можно отнести к протонам бензольного кольца модификатора БТА. Кроме того, в спектре ^1H модифицированной смолы наблюдается уширение и усложнение формы некоторых сигналов по сравнению с исходной ЭД-20, например в области 2,5-2,7 м.д, что может свидетельствовать о изменении химического окружения протонов вследствие взаимодействия компонентов. Наиболее вероятный тип взаимодействия - образование водородных связей между полярными группами эпоксидной смолы и гетероциклическим кольцом бензотриазола. Такое взаимодействие приводит к изменениям электронной плотности и, как следствие, химическим сдвигам сигналов в ЯМР спектрах.

Литература

1. T. Liu, W. Li, C. Zhang et al. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 2021, 97, 560-573.
2. X. Han et al. / Chinese Journal of Chemical Engineering 2024, 67, 89- 96.
3. Fadl, A.M. et al. Arabian Journal of Chemistry 2021, 14, 103367.

Исследование проводилось на оборудовании Центра коллективного пользования «Дальневосточный центр структурных молекулярных исследований (ЯМР/МС) ТИБОХ ДВО РАН».

ЭФФЕКТЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕРМООКИСЛЕНИЯ ИЗОТАКТИЧЕСКОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА, ПОЛИАМИДА 6/66-4 И СМЕСЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Воронцов Н.В.^{а,б}, Марголин А.Л.^б, Монахова Т.В.^б, Попов А.А.^{а,б}

^а *Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36.
117997, Москва, Россия*

e-mail: nikolayvorontsov1993@gmail.com

^б *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, ул. Косыгина, 4. 119991, Москва, Россия*

Обнаружены эффекты неингибированного низкотемпературного термоокисления композитов на основе изотактического полипропилена (ПП) и алифатического полиамида 6/66-4 (ПА) при 130 °С. Образцы были получены в смесителе типа «брабендер» при 190 °С в атмосфере аргона при содержании полиамида 5, 10, 20, 30, 40, 50 % масс.

Обнаружено, что поглощение кислорода смесями ПП/ПА при 130 °С протекает с большим временем индукции окисления, которое увеличивается с увеличением содержания ПА в смеси. После выхода из периода индукции устанавливается постоянная скорость окисления, характерная для механизма автоокисления. Типичные кривые поглощения кислорода для отдельных ПП и ПА представлены на рисунке 1.

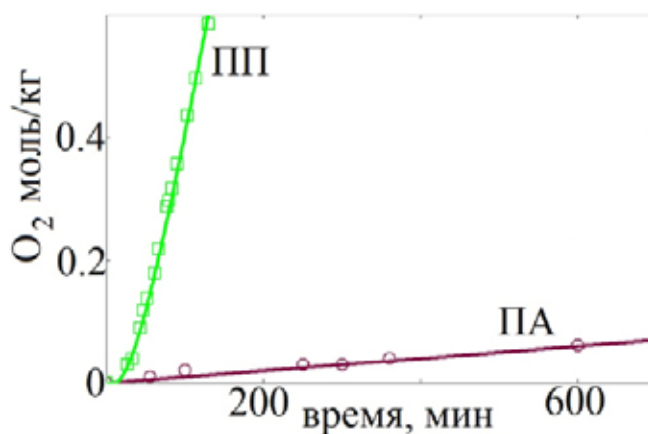


Рисунок 1. Кинетика окисления ПП и ПА при 130°С.

Кинетические кривые, рассчитанные с параметрами показаны на рис. 1. Значения параметров окисления В, а и θ для чистого полипропилена согласуются с литературными данными. Отмечено, что значения В и а в смесях ПП/ПА при 5-20 мас.% ПА близки к значениям в чистом ПП.

Обнаруженные эффекты термоокисления композитов открывают перспективы направленного управления скоростями окисления ПП и ПА, что важно для их стабилизации или разложения в естественных условиях.

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИЦЫ В СОСТАВЕ ПРЕПРЕГОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИКОВЫХ ЛЫЖ

Гапанькова Е.И., Латышевич И.А.

*Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»,
220072, Минск, Сурганова 13,
e-mail: elenagapankova@gmail.com*

В настоящее время полимерные композиционные материалы являются востребованными во многих отраслях человеческой деятельности и с каждым годом сферы их применения расширяются, а объемы производства увеличиваются. Широко распространенные эпоксидные связующие нашли применение для изготовления препрегов конструкционного назначения.

Развитие лыжной индустрии быстрыми темпами привело к смене деревянных лыж на пластиковые (композитные), одним из составляющих компонентов которых является препрег. Современная пластиковая лыжа представляет собой функциональные слои, соединяющиеся между собой в процессе формообразования при оптимальных технологических режимах: $120 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 7 ± 1 мин. Филиал «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг» является единственным предприятием Республики Беларусь, на котором осуществляется производство пластиковых лыж, и для этих целей применяются препреги, имеющие длительный срок хранения – до 6 мес.

Разработка препрегов заключалась в создании материала, позволяющего получать качественные пластиковые лыжи согласно выбранного технологического процесса. Рецептура перспективных эпоксидных связующих включает, мас. %: 37,4–40,3 эпоксидную смолу на основе бисфенола А, 25,0–26,9 канифолетерпеномалеиновую смолу, 8,5–9,2 полимерные модифицирующие добавки (поливинилбутираль или акриловый сополимер), 22,5–27,5 органические растворители (ацетон и этиловый эфир уксусной кислоты), 1,2–1,7 катализатор отверждения эпоксидных смол. Смешивание смол и полимерных добавок с растворителями происходит при $55 \pm 5^\circ\text{C}$; ускоритель отверждения вводят после гомогенизации всех компонентов эпоксидного связующего. С применением предложенных связующих получают препреги по «мокрому» методу. На основании результатов исследования получен патент на изобретение BY 24242 «Эпоксидное связующее и препрег на его основе для производства спортивно-беговых пластиковых лыж».

Работа выполнена в рамках отдельных проектов НИР Национальной академии наук Беларуси: «Разработка и исследование эксплуатационных свойств эпоксидной композиции для изготовления препрега» (ГР № 20190722, 2019 г.) и «Разработка препрег-флиса для изготовления пластиковых лыж» (ГР № 20190722, 2020 г.)

СИНТЕЗ ПОЛИМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ ИМПРИНТИРОВАННЫХ КАНАМИЦИНОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕКОВАЛЕНТНОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО ИМПРИНТИНГА С ПОДХОДОМ САМОСБОРКИ

Гаркушина И.С.

НИЦ Курчатовский институт, 199004, Санкт-Петербург, Большой пр., д.31
e-mail: irin-g16@yandex.ru

Канамицин – антибактериальный антибиотик широкого спектра действия медицинского и ветеринарного применения, получаемый путем микробиологического синтеза с помощью лучистого гриба *Streptomyces kanamyceticus*. Культуральная жидкость содержит четыре вида канамицина, отличающиеся по своей структуре радикалами. Поэтому существует необходимость высокоселективного извлечения медицинской формы канамицина А из много компонентной среды.

Для этого был разработан метод синтеза селективных гранульных полимерных сорбентов на основе 2-гидроксиэтилметакрилата, метакриловой кислоты и этиленгликоль диметакрилата эмульсионной полимеризацией в прямой эмульсии Пикеринга при использовании свободнорадикального механизма инициации и нековалентного молекулярного импринтинга с подходом самосборки.

Было изучено влияние количества матричных молекул и скорости диспергирования полимеризационной смеси на пористость, однородность и структурную устойчивость импринтированных канамицином А полимеров. Установлено, что введение 6 мол.% молекул темплата приводит к формированию полимерных гранул с жесткой, однородной структурой. Выявлено, что скорость диспергирования полимеризационной смеси 300 об/мин является оптимальной для создания импринтированных полимерных сорбентов с одинаковыми проницаемостью и пористостью вне зависимости от количества темплата путем эмульсионной полимеризацией в эмульсии Пикеринга, сформированной наноккомпозитами селен-поли(винилпирролидон).

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТОВ ГИДРОКСИАПАТИТ - ГИАЛУРОНОВАЯ КИСЛОТА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПРОТОТИПОВ СИНОВИИ

Герк С.А., Кривощечкова А.И., Цыганова А.А., Карпова А.И.

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 644077, Омск, пр. Мира, 55а,
e-mail: gerksa_11@mail.ru*

Детальное исследование процессов кристаллизации гидроксиапатита из пересыщенных растворов, приближенных по химическому составу к межклеточным жидкостям человека, позволит получить новые остеокондуктивные материалы с желаемой биodeградацией *in vivo*.

В работе синтезированы композиты из прототипов синовиальной жидкости человека (синовии), содержащие высокомолекулярную гиалуроновую кислоту от 0,05 до 0,80 масс. %. Методом сканирующей электронной микроскопии (XSP-104) изучена микроморфология порошков.

Выявлены следующие морфологические особенности порошков. Композиты гидроксиапатит-гиалуроновая кислота (ГА-ГК), полученные из слабо вязких растворов ($< 0,2$ мас. %) аморфизированы и представлены рыхлыми овально-чешуйчатыми агрегатами, не имеющими четких границ, по пористости похожие на частицы чистого ГА. При средних значениях вязкости маточного раствора (0,2 – 0,4 мас. %) агрегаты имеют более круглую форму и четкие границы, на их поверхности видны оформленные кристаллы в виде тонких пластинчатых образований. Композиты, из гелеподобных растворов ($< 0,4$ мас. %) состоят из аморфизированных округлых, плотных по структуре конгломератов, с однородной и малопористой поверхностью за счет образовавшегося гидратированного слоя полисахарид- H_2O . Композиционные материалы, синтезированные из реакционных смесей, содержащих $\leq 0,4$ мас.% гиалуроновой кислоты, обладают развитой поверхностью ($S_{уд} = 110 - 125 \text{ м}^2/\text{г}$). Из гелеподобных растворов ($> 0,4$ мас. %) образуются мало пористые композиции, средняя площадь их удельной поверхности равна составляет $\sim 47 \text{ м}^2/\text{г}$. Составлен ряд порошков по изменению вида, формы и пористости агрегатов (мас. % полисахарида - форма): ГА-чистый – чешуйчатые, пористые; ГА-ГК ($< 0,2$) – рыхлые, овально-чешуйчатые, пористые; ГА-ГК (0,2-0,4) – округлые с тонкими пластинками, пористые; ГА-ГК ($> 0,4$) – плотные, объемно округлые, мало пористые. Таким образом, композиты, синтезированные из сред, содержащих 0,2-0,4 мас. % гиалуроновой кислоты, близки по морфологическим характеристикам к кристаллам костной ткани человека.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-23-00668.

ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГИДРОКСИАПАТИТ – ГИАЛУРОНОВАЯ КИСЛОТА

Герк С.А.^а, Нащекина Ю.Н.^б, Голованова О.А.^а

^а Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 644077, Омск, пр. Мира, 55а,
e-mail: gerksa_11@mail.ru

^б Институт цитологии РАН, 194064, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 4

Перспективными материалами для костной пластики являются композиты на основе гидроксиапатита и природных биополимеров. Положительный регенеративный эффект проявляет гиалуроновая кислота.

Получены порошки гидроксиапатита из модельной синовиальной жидкости человека по авторской методике [1] в присутствии гиалуроновой кислоты в виде натриевой соли ($M_r = 2,0 \cdot 10^6$ Da) разной концентрации, масс. %: 0,1 – образец №1; 0,2 – №2; 0,6 – №3. Проведены испытания цитотоксичности композитов с помощью ММТ-теста на клеточной линии FetMSC (время инкубирования – 4 и 6 суток). Предварительно образцы стерилизовались озоном в течение 90 мин.

Установлено, что жизнеспособность клеток при инкубировании с частицами порошков составляет 79 – 94 % и зависит их от свойств.

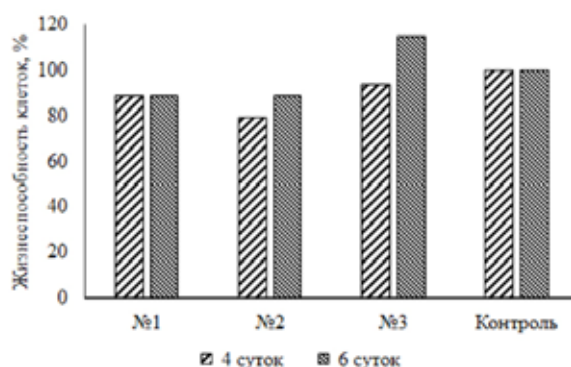


Рисунок 1. Жизнеспособность FetMSCs с частицами композитов

Стабильно положительный эффект к клеткам проявляет хорошо резорбируемый в физиологических условиях композит №1. Отсутствие цитотоксичности к FetMSC выявлено после 6 суток инкубирования наиболее окристаллизованного порошка №2. Наиболее аморфизированный образец № 3 в течение 4 суток не оказывал негативного влияния на клетки, далее отмечено завышенное значение показателя жизнеспособности, возможно, из-за частичной контаминации пробы.

Литература:

1. Измайлов Р.Р., Голованова О.А., Лемешева (Герк) С.А. Патент 2526191 РФ, 2013.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 23-23-00668.

ОРГАНОСИЛИКАТНЫЕ ТЕРМОСТОЙКИЕ И ВОДОСТОЙКИЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОРГАНОСИЛОКСАНОВ ЛЕСТНИЧНОГО СТРОЕНИЯ

**Глебова И.Б.,^а Иванова А.Г.,^а Полетаев К.А.,^а Соколов Г.С.,^а
Селиванов С.И.,^а Копица Г.П.,^{а,б} Соколов А.Е.,^а Николаев А.М.,^а
Баранчиков А.Е.,^в Шилова О.А.^а**

^аИнститут химии силикатов им. И.В. Гребенщикова - НИЦ «Курчатовский институт»,
199034, Санкт-Петербург, набережная Макарова 2

^бПетербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова - НИЦ «Курчатовский институт»,
188300, Ленинградская область, г. Гатчина, мкр. Орлова роща, д. 1

^вИнститут общей и неорганической химии им. Курнакова Н.С. Российской академии наук,
119991, Москва, Ленинский проспект, д. 31
e-mail: iraglebova@mail.ru

Органосиликатные покрытия (ОСП) на основе кремнийорганических лаков и высокодисперсных наполнителей обладают коррозионной стойкостью и высокой термостойкостью (до 350–400 °С). Однако они не обладают стойкостью к воде. Чтобы преодолеть этот недостаток нами впервые в качестве связующего для ОСП был выбран полифенилсилсесквиоксан (ПФССО), который за счёт своего лестничного строения формирует плотную кремнийорганическую матрицу, что обеспечивает не только термостойкость, но и стойкость к воде¹. Однако при использовании ПФССО в качестве связующего мы столкнулись с проблемой – излишней хрупкостью получаемых ОСП. Для преодоления этой проблемы нами была проведена исследовательская работа по оптимизации условий синтеза ПФССО и синтезу полиметилфенилсилсесквиоксана (ПМФССО), содержащего метилфенилсилоксановые звенья. С помощью методов ЯМР, РФА, СЭМ, ДСК и МУРР были исследованы получаемые полиорганосилоксаны и ОСП на их основе. Было установлено влияние условий синтеза ПФССО и ПМФССО и режимов термообработки ОСП на структуру и физико-механические свойства покрытий. Полученные ОСП являются диэлектрическими ($R_v > 10^{10}$ Ом), адгезия – 1 балл, твердость ~0.4 усл. ед., термостойкость до 400 °С, выдерживают контакт с морской водой (>48ч).

Литература

1. Шилова О.А., Хорошавина Ю.В., Соколов Г.С. и др. Решение от 01.02.2024 г. о выдаче патента на изобретение по заявке: 2023117743 от 03.07.2023.

СИНТЕЗ КООРДИНАЦИОННО СВЯЗАННЫХ ПОЛИУРЕТАНОВ

Давлетбаева И.М.^а , Дуонг Т.М.^а , Сазонов О.О.^а , Давлетбаев Р.С.^б

^аКазанский национальный исследовательский технологический университет КНИТУ,
г. Казань, ул. Карла Маркса, 68, 420015, Россия,
e-mail: davletbaeva09@mail.ru

^бКазанский государственный энергетический университет,
КТЭУ, ул. Красносельская, 51, Казань, 420066, Россия

Полиуретаны – это полимеры, на основе которых можно создавать материалы с широким спектром эксплуатационных характеристик. Сегментированные полиуретаны перспективны с точки зрения областей применения, возможности многократной переработки и влияния на супрамолекулярную структуру [1,2]. Такие полиуретаны можно использовать в виде термопластичных эластомеров или в растворенном состоянии.

Было исследовано влияние координационного связывания на супрамолекулярную организацию и соответственно на физические, механические и электрофизические свойства структурированных таким образом полиуретанов (МКПУ). В качестве координирующих центров использовали продукты взаимодействия хлорида меди(II) с N,N'-диэтилгидроксиламином (ДЭГА) и хлоридом меди(II) в виде ее раствора в тетрагидрофуране (ТГФ).

Оказалось, что природа используемых металлокомплексных систем оказывает существенное влияние на супрамолекулярную структуру модифицированных таким образом МКПУ. Использование системы CuCl_2 – ДЭГА даже в концентрации 0,1 мас.% приводит к существенному увеличению микрофазного разделения жестких и гибких блоков МКПУ. В результате происходит значительное увеличение их прочности, эластичности, термостойкости, температуры начала сегментарной подвижности и снижение удельного объемного электрического сопротивления в 10000 раз. В случае МКПУ, полученного с использованием CuCl_2 в виде его раствора в ТГФ, наблюдается разрыхление жесткоцепных супрамолекулярных образований.

Список литературы

1. Randall D.; Lee S. The Polyurethanes Book. Wiley, 2002.
2. Mark F.; Sonnenschein Ph.D., Polyurethanes: Science, Technology, Markets, and Trends, John Wiley & Sons, Inc., 2015.

Исследование финансировалось за счет гранта в виде субсидий программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030».

МИКРОПОРИСТЫЕ БЛОК-СОПОЛИМЕРЫ КАК АНАЛИТИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Давлетбаева И.М.^а, Ли Е.Д.^а, Сафиуллин К.Р.^а,
Давлетбаев Р.С.^б, Сазонов О.О.^а**

^аКазанский национальный исследовательский технологический университет КНИТУ,
г. Казань, ул. Карла Маркса, 68, 420015, Россия,
e-mail: davletbaeva09@mail.ru

^бКазанский государственный энергетический университет,
КГЭУ, ул. Красносельская, 51, Казань, 420066, Россия

Материалы сенсорных мембран широко используются для определения катионов и анионов. Структура и морфология мембран являются основой, определяющей быстрый ионный обмен на границе, мембрана/раствор. Блок-сополимеры (БС) являются перспективными в качестве сенсорных мембран. Важной особенностью БС является их способность образовывать самые разнообразные супрамолекулярные структуры. Порядок и размер таких супрамолекулярных образований определяются химической структурой, молекулярными массами блоков, способностью блоков к сегрегации и условиями реакции. Для создания новых супрамолекулярных архитектур со специфическим поведением самосборки перспективен контролируемый синтез БС.

На основе плюроники, частично терминированного калий-алкоголятными группами (ММ=4200, содержание оксиэтиленовых звеньев 30%) и 2,4-толуолдиизоцианата (ТДИ) синтезированы и исследованы нанопористые оптически прозрачные блок-сополимеры (ОБС). Установлены условия реакции, при которых в ОБС образуются полиизоцианаты ацетальной природы (О-полиизоцианаты). Для улучшения микрофазного разделения ОБС были подвергнуты модификации устойчивыми к самоконденсации органозамещёнными производными кремнезёма (ASiP-Cu). Особенностью строения ASiP-Cu является наличие в их структуре полиоксиэтиленовых разветвлений, координационно-связанных с ионами Cu(II). Установлено, что использование ASiP-Cu позволяет укрепить структуру О-полиизоцианатных блоков и улучшить микрофазное разделение ОБС.

Для создания аналитических сенсоров на основе микропористых блок-сополимеров были получены тест-системы путем нанесения селективного слоя ОБС на поверхность пленки полиэтилентерефталата. Полученные тест-системы были исследованы в качестве аналитических сенсоров для определения ионов тяжелых металлов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 23-23-10012).

СИНТЕЗ 2,2'-ДИТИОДИЭТАНОЛА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

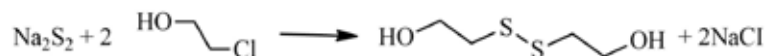
Диченсков В.В., Тихонова А.А., Рябков Е.Д.

*РТУ МИРЭА - Российский технологический университет,
119454 г. Москва, проспект Вернадского, дом 78
e-mail: a.a.tikhonova@list.ru*

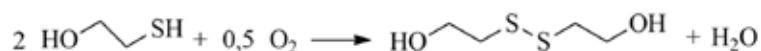
Промышленный синтез жидких тиоколов, основанный на взаимодействии органических хлорсодержащих мономеров с полисульфидом натрия, связан с образованием большого количества сточных вод, что приводит к серьезным экологическим проблемам.

Поэтому поиск альтернативных путей синтеза серосодержащих полимеров является актуальной проблемой.

В литературе¹ описан метод получения 2,2'-дитиодиэтанола путём взаимодействия дисульфида натрия с этиленхлоргидрином в среде растворителя – изопропилового спирта с целью исключения процесса гидролиза продукта:



В данной работе использован метод получения 2,2'-дитиодиэтанола путём окисления 2-меркаптоэтанола в присутствии безводной кислой соли марганца и третичного амина – три(н-бутил)амин, в условиях лаборатории при нормальных условиях в соответствии со схемой реакции:



Согласно приведенной схеме степень конверсии 2-меркаптоэтанола составляет более 99%, а в качестве побочного продукта образуется вода. Степень конверсии 2-меркаптоэтанола устанавливали методом йодометрии по содержанию SH-групп поскольку их наличие определяется остаточным содержанием 2-меркаптоэтанола. Структуру получаемого 2,2'-дитиодиэтанола подтверждали методами ЯМР ¹³C и ¹H,

Литература

1. Халикова Г. Р., Павельева Н. П., Палютин Ф. М., Самуилов Я. Д. *Вестник Казанского технологического университета*, 2004. – 343-347с.

НОВЫЕ ПЕРВАПОРАЦИОННЫЕ МЕМБРАНЫ СО СМЕШАННОЙ МАТРИЦЕЙ ИЗ ХИТОЗАНА ДЛЯ УЛУЧШЕННОЙ ДЕГИДРАТАЦИИ

Дмитренко М.Е., Михайловская О.А., Кузьмина А.И., Пенькова А.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Россия, Университетская наб., 7/9,
e-mail: m.dmitrienko@spbu.ru*

Наиболее перспективный мембранный метод для разделения жидких смесей низкомолекулярных веществ является первапорация, которая также активно применяется для дегидратации (обезвоживания) различных органических растворителей. Гидрофильные полимеры, такие как полисахариды и поливиниловый спирт, обычно используются в качестве мембранного материала для первапорационной дегидратации. Среди всех гидрофильных полимеров хитозан - биополимер, полученный из хитина, в настоящее время представляет интерес для разработки мембран благодаря своим пленкообразующим свойствам, биоразлагаемости, высокой селективности к воде и термической стабильности. Основными недостатками первапорационных мембран из хитозана являются низкая стабильность в разбавленных растворах и удельная производительность для промышленного применения.

В данной работе была использована объемная модификация путем введения углеродных наночастиц оксида графена в матрицу хитозана с целью разработки первапорационных мембран со смешанной матрицей с улучшенными характеристиками для обезвоживания спиртов. Структурные и физико-химические изменения разработанных композитов и мембран были изучены методами спектроскопии, микроскопии, измерением краевых углов и степени набухания, др. Транспортные характеристики мембран были изучены при первапорационной дегидратации спиртов (этанола, изопропанола, др.).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития (грант № 075-15-2024-553). Экспериментальная часть проводилась при участии ресурсных центров Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии», Магнитно-резонансные методы исследования, Криогенный отдел, Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Методы анализа состава вещества, Наноконструирование фотоактивных материалов и Вычислительный центр Санкт-Петербургского Государственного Университета.

ГИБРИДНЫЕ МАТРИЦЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА, ОКСИДА ЦЕРИЯ И ГАЛЛУАЗИТА ДЛЯ БИОИНЖЕНЕРИИ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

**Петрова В.А.,^а Дубашинская Н.В.,^а Гофман И.В.,^а Пошина Д.Н.,^а
Мишанин А.И.,^б Якиманский А.В.,^а Скорик Ю.А.^а**

^а Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук, Большой В.О. 31,
Санкт-Петербург, 199004, Россия,
e-mail: dubashinskaya@gmail.com

^б Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, Аккуратова 2,
Санкт-Петербург 197341, Россия

Биополимерные нанокомпозитные материалы на основе полисахаридов, допированных органическими и неорганическими наполнителями, обладают большим потенциалом в разработке тканеинженерных скаффолдов¹⁻³. В данной работе наночастицы оксида церия и галлуазита были включены в электроформованные матрицы на основе хитозана. Полученные нетканые материалы состояли из нановолокон со средним диаметром 443 ± 201 нм (хитозан), 151 ± 63 нм (хитозан+галлуазит), 175 ± 76 нм (хитозан+оксид церия) и 233 ± 86 нм (хитозан+галлуазит+оксид церия). Образцы характеризовались равномерным распределением нанонаполнителей, при этом увеличались модуль Юнга, предел текучести и предел прочности материалов за счет армирования полимерной матрицы жесткими нанотрубками и взаимодействия положительно заряженного хитозана с отрицательно заряженным галлуазитом. Меньшее увеличение жесткости материала при введении наночастиц церия было обусловлено образованием дополнительных связей между макромолекулами полимера и поверхностью наночастиц. Неорганические наполнители снижали предельную деформацию полученных материалов.

Культивирование мезенхимальных стволовых клеток *in vitro* показало, что разработанные гибридные матрицы обладают хорошей биосовместимостью; эксперименты *in vivo* также продемонстрировали их выраженный регенеративный потенциал.

Литература

1. Petrova, V. A., Dubashynskaya, N. V., Gofman, I. V., Golovkin, A. S., Mishanin, A. I., Aquino, A. D., ... & Skorik, Y. A. *International Journal of Biological Macromolecules* 2023, **229**, 329-343.
2. Petrova, V. A., Gofman, I. V., Dubashynskaya, N. V., Golovkin, A. S., Mishanin, A. I., Ivan'kova, E. M., ... & Skorik, Y. A. *International Journal of Molecular Sciences* 2023, **24(6)**, 5415.
3. Petrova, V. A., Gofman, I. V., Golovkin, A. S., Mishanin, A. I., Dubashynskaya, N. V., Khripunov, A. K., ... & Ivanov, V. K. *Polymers* 2022, **14(22)**, 5001.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 22-13-00068).

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИДА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОТОЧ-НЫХ АККУМУЛЯТОРАХ

Жванская Е.С.,^а Кожунова Е.Ю.,^а Николенко А.Д.,^{а,б} Иноземцева А.И.^{а,б}

^аМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1,
e-mail: zhvanskaia.es20@physics.msu.ru

^бФедеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук,
119991, Москва, улица Косыгина, 4

Проточные аккумуляторы – устройства, в которых запасющие заряд реагенты находятся в растворенном виде или в виде дисперсии – перспективны благодаря независимости мощности и ёмкости, масштабируемости и способности сглаживать пики производства и потребления¹. Использование как электролита водных коллоидов наногелей² – полимерных трёхмерных сеток субмикронного размера – способствует экологичности, дешевизне и безопасности аккумуляторов. В данной работе рассматриваются наногелиокислители, которые могут играть роль католита.

Путем свободной термоинициированной радикальной осадительной полимеризации синтезированы наногели на основе сополимеров N-изопропилакриламида (НИПА) и N-(3-аминопропил)метакриламида гидрохлорида (АПМА). Для придания наногелям окислительно-восстановительной активности к звеньям АПМА были пришиты радикалы 4-(3-карбоксивпропанамидо)-ТЕМПО³.

Методом динамического светорассеяния исследованы параметры среды, при которых наногели в солевых растворах – рабочей среде проточного аккумулятора – сохраняют стабильность коллоида.

По электрохимической активности образцов, изученной методом циклической вольтамперометрии, и данным ЭПР-спектроскопии рассчитано количество ТЕМПО-групп в наногеле, эффективно участвующих в переносе заряда. Данные подтверждают стабильное окислительно-восстановительное поведение и, следовательно, возможность использования наногелей такого состава для проточных аккумуляторов.

Литература

1. Jan W. et al. *Angewandte Chemie*, 2016, **55**, 686.
2. Plamper. F. et al. *Acc. Chem. Res.*, 2017, **50** (2), 131.
3. Kozhunova E. Y. et al. *J. Phys. Chem. Lett.*, 2020, **11**(24), 10561-10565.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 22-13-00115.

ПОЛИМЕРНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Заболотных С.А., Батуева Т.Д., Горбунова М.Н.

*«Институт технической химии Уральского отделения Российской
академии наук» – филиал ПФИЦ УрО РАН,
614068, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 3
E-mail: zabolotsveta@mail.ru*

Синтез новых отечественных азот- и фосфорсодержащих комплексообразующих ионитов для специфической сорбции редкоземельных элементов является актуальной и перспективной задачей.

Методом радикальной полимеризации в массе в присутствии динитрил азодиизомасляной кислоты были получены сополимеры N,N-диаллил-N'-ацетил-(неопентаноил-, бензоил-)гидразина с акрилонитрилом (ДААГ-АН; ДАНПГ-АН; ДАБЕГ-АН) и диаллиламинофосфониевых солей с акрилонитрилом (ДААФ-BF₄-АН и ДААФ-Cl-АН).

Полученные сополимеры устойчивы до 160–260°C, что позволяет использовать их при повышенных температурах. Исследовано влияние анионного состава водной фазы на комплексообразование и сорбцию La^{III}, Ce^{III}, Pr^{III}, Nd^{III}, Sm^{III}, Gd^{III} из сернокислых, хлороводородных, азотнокислых, смешанных (H₂SO₄ + H₃PO₄) сред с указанными сополимерами. Изучение кинетики протекающих процессов позволило определить оптимальное время установления адсорбционного равновесия: максимальная степень заполнения поверхности сорбентов достигается в течение 20 мин.

В кислых и слабокислых средах (pH 2–5) сорбенты не проявляют активности в отношении исследуемых ионов. При увеличении концентрации серной кислоты (pH 0.3) емкость сорбентов возрастает. В смешанных средах сорбция достигает 30%. При изучении сорбции ионов La^{III}, Ce^{III}, Pr^{III}, Nd^{III}, Sm^{III}, Gd^{III}, при их совместном присутствии в растворе, реагентами ДААФ-BF₄-АН и ДААФ-Cl-АН обнаружено, что в кислых средах можно отделить La^{III}, Pr^{III}, Sm^{III}, Gd^{III} от Ce^{III}, Nd^{III}. В смешанных средах из этих шести металлов не сорбируются La^{III} и Nd^{III}.

В среде с pH > 6.5 наблюдается высокая сорбционная активность, связанная с образованием гидроксокомплексов. Наибольший интерес в качестве сорбентов представляют ДАБЕГ-АН и ДААФ-BF₄-АН. Учитывая их более высокие значения сорбционной обменной емкости по гидроксид-ионам и относительную устойчивость данных полимеров в щелочной среде, можно предложить их в качестве сорбентов из растворов с pH > 6.5.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-23-00072.

МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИЕ КООРДИНАЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ АНИОНОВ ИОДЗАМЕЩЕННЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА

Загузин А.С.

^aИнститут неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской Академии Наук,
630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 3

e-mail: zaguzin@niic.nsc.ru

^bЮжно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76

Металл-органические координационные полимеры (МОКП, metal-organic framework, MOF) являются активно развивающейся научной тематикой. За последние 20 лет по этой теме опубликовано десятки тысяч научных работ. Такое внимание МОКП привлекают благодаря наличию широкого спектра потенциальных областей применения. Они рассматриваются как перспективные соединения для хранения и разделения газов, адресной доставки лекарств, в качестве сенсоров и др. Дальнейшее развитие данной тематики подразумевает поиск новых и модификацию известных «строительных блоков», которые определяют как физико-химические свойства МОКП, так и возможности их потенциального применения.

Одним из вариантов новых «строительных блоков» могут быть иодзамещенные карбоновые кислоты, в силу ряда причин. Во-первых, наличие атома иода может обеспечить образование специфических нековалентных взаимодействий за счет образования галогенной связи (ГС), что позволит, например, повысить селективность сорбции или увеличить люминесцентный отклик на галогенсодержащие субстраты. Во-вторых, методики получения иодзамещенных карбоновых кислот отличаются относительной простотой и широко известны в литературе.

Совокупность указанных выше причин делает иодзамещенные карбоновые кислоты перспективными «строительными блоками» для получения новых МОКП. В данной работе нами будут представлены данные по синтезу, характеристике и изучению сорбционных и фотолюминесцентных свойств ряда металл-органических координационных полимеров на основе таких иодзамещенных кислот как 2-иодтерефталевая, 2,5-дииодтерефталевая и 5-иодизофталевая и другие.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 21-73-20019.

ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ СМЕСЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ ХИТОЗАНА, ПОЛИЛАКТИДА И ПОЛИКАПРОЛАКТОНА

Зайцев С.Д., Леднев И.Р., Смирнова Л.А.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, г.Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23
E-mail: szay@inbox.ru*

Актуальность темы исследования связана с необходимостью создания полимерных материалов биомедицинского назначения и пригодных для использования в качестве матриксов для регенеративной медицины. В настоящее время разработаны методы получения смесевых композиций хитозана с полилактидом либо с использованием третьего полимерного компонента как компатибилизатора, преимущественно поливиниловый спирт, либо используя эмульгаторы, либо по реакциям механохимической активации в экструдере. Использование третьих веществ нежелательно, поскольку они могут негативно влиять на свойства композиции, а механохимический синтез позволяет совместить полимеры, на поверхности их взаимного контакта.

В работе получены однородные термопластичные композиции на основе хитозана и биоразлагаемых полиэфиров (полилактид, поликапролактон). Образцы характеризуются высокими механическими свойствами (предел прочности при разрыве до 70 МПа, при относительном удлинении при разрыве 25-30%) и биосовместимостью. Гранулы состава хитозан-полилактид-поликапролактон (1:1:1), загружали в лабораторный экструдер и при температуре 120°C получали нить толщиной 1.75 мм (рис. 1а). Методом прямой 3D-печати при температуре печати 150°C из филамента был получен образец (рис. 1б). Таким образом, впервые удалось получить термопластичный материал, содержащий до 33 мас.% хитозана в составе с полиэфирами.

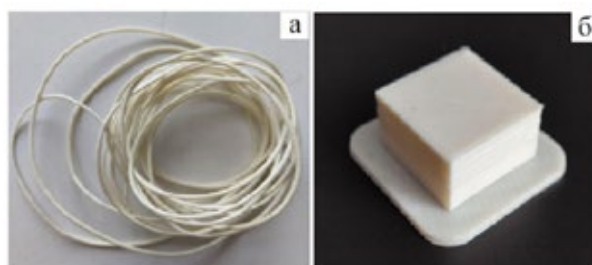


Рисунок 1. Фотографии образца филамента состава хитозан – полилактид – поликапролактон (1:1:1) (а) и объемного образца, полученного из него (б)

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-13-00342.

ОКСИТЕРМОГРАФИЯ, КАК НОВЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Зайцева А.Е., Зуев Б.К., Роговая И.В.

*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук,
119991, Москва, ул. Косыгина, д. 19
e-mail: mihneva.1999@yandex.ru*

Изделия из полимерных материалов очень широко используются в быту и промышленности. Причем часто эти изделия подвержены температурному воздействию, которое может приводить к изменению формы и к их разрушению. Происходит термическая деструкция (термодеструкция) – совокупность разрушительных химических процессов в пластмассе, протекающих при повышенной температуре. Для исследования свойств полимерных материалов, связанных с их нагревом, традиционно используются два метода – термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Предложен принципиально новый аналитический способ исследования термодеструкции органических веществ¹. Способ основан на программированном температурном окислении образца в потоке воздуха или бинарной смеси кислород-инертный газ. Регистрируя содержание кислорода и диоксида углерода от температуры нагрева образца в потоке газа на выходе из реактора можно получить термоокислительный спектр – окситермограмму и исследовать кинетику термодеструкции полимера. Способ был применен для исследования термодеструкции образцов полипропилена с добавкой диоксида титана и без нее. Образцы композиционного материала, содержащего от 1 % до 5 % (масс) TiO_2 получали путем введения наполнителя в расплав полимера. Экструдированные образцы исходного полипропилена или наполненного композитного материала в виде цилиндров диаметром 3 мм нарезали на диски толщиной 50 мкм. Математическая обработка термоокислительного спектра полученная при линейном нагреве образцов со скоростью 10 град в минуту позволяет определить начальную температуру разрушения. Показано, что добавка 5% TiO_2 снижает температуру начала термоокислительной деструкции полимера. Метод позволяет исследовать образцы массой от 0.1 мг.

Литература

1. Зуев Б.К. Патент 2794417 РФ, 2023.

МЕТОД ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО ТИТРОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ФАЗО-ИНВЕРСИОННЫХ МЕМБРАН

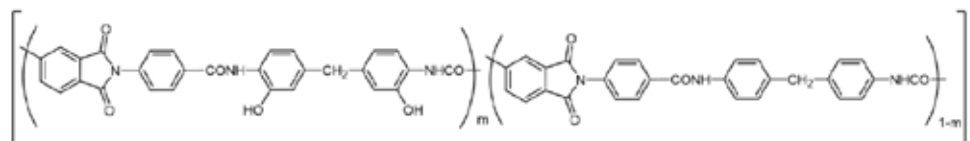
Захарова Н.В., Лебедева Г.К., Сапрыкина Н.Н., Кононова С.В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокомолекулярных соединений
Российской академии наук, 199004, Санкт-Петербург, В.О. Большой проспект 31,
e-mail: Na_Zar@inbox.ru*

Разработка новых полимерных мембран сложной морфологии и получение нужных физико-химических характеристик в результате их формировании остается актуальной задачей. В настоящее время полимерные мембранные методы являются основой многих технологических процессов. Для прогнозирования таких характеристик мембран, как проницаемость, селективность и долговечность, необходимо глубже понять процесс формирования мембраны путем полива пленки и инверсии фаз.

Стандартным методом термодинамической характеристики раствора полимера является определение точки помутнения.

В настоящей работе методом турбидиметрического титрования исследованы растворы гидроксилсодержащих (со)полимеров (со)ПАИ, синтезированные методом низкотемпературной поликонденсации:



для дальнейшего использования результатов при установлении корреляции «структура (морфология) мембран – их свойства»¹.

В данной работе методами светорассеяния, турбидиметрии изучены зависимости интенсивности рассеянного света, оптического пропускания, гидродинамических радиусов рассеивающих объектов и их доли в растворе от объемной концентрации добавляемого осадителя в систему гидроксилсодержащих (со)ПАИ в N-метил-2-пирролидоне. Установлено влияние на характер этих зависимостей добавления осадителей разной природы (жесткого осадителя: воды, и/или мягкого осадителя: этилового спирта).

Литература

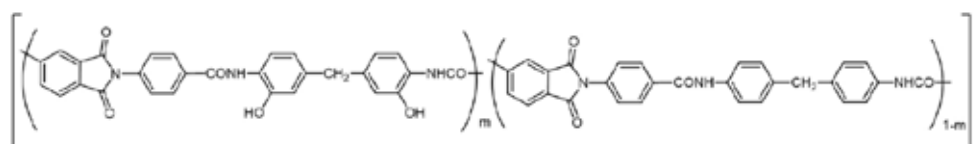
1. Lebedeva, G.K.; Kononova, S.V.; Kruchinina, E.V. et al. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2021, **139**(16), 51978.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НОВЫХ (СО)ПОЛИАМИД-ИМИДОВ ДЛЯ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Кононова С.В., Лебедева Г.К., Губанова Г.Н., Захарова Н.В.,
Кручинина Е.В., Власова Е.Н., Попова Е.Н., Волков А.Я.**

*Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук,
199004, Большой пр. 31, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: Na_Zar@inbox.ru*

Новые первапорационные мембраны из (со)полиамид-имидов (соПАИ) на основе диацидхлорида 2-(4-карбоксифенил)-1,3-диоксоизоиндолин-5-карбоновой кислоты и диаминов: 5,5'-метилден-бис(2-аминофенола) и 4,4'-метилденбис(бензоламина), взятых в мольных соотношениях 7:3, 1:1 и 3:7, получены реакцией низкотемпературной поликонденсации в растворе N-метил-2-пирролидона (N-МП)^{1,2}. Структурная формула соПАИ приведена ниже.



Изменение состава сополимеров сопровождается некоторым изменением их молекулярной массы и гидродинамических характеристик. В растворах гидроксилсодержащих сополимеров соПАИ ($m = 0,5$ и $0,7$) в N-МП, помимо индивидуальных макромолекул с гидродинамическим радиусом R_{h-1} , в совсем небольших количествах присутствовали ассоциаты, образованные за счет взаимодействия фрагментов цепей разных макромолекул сополимера друг с другом. Гидродинамические радиусы R_{h-s} ассоциатов превышали размеры макромолекул более чем на 3-7 порядков.

Для изучения влияния остаточного растворителя на процесс формирования мембран, а также изменения их свойств после удаления растворителя использовали комплекс методов ТГА, ДСК, рентгеновской дифракции и ИК-спектроскопии. Показано, что присутствие в пленках остаточного растворителя N-МП не только оказывает пластифицирующее действие на характеристики пленочных мембран, но и способствует преимущественному трансмембранному переносу полярных жидкостей. Полученные результаты имеют большое значение не только для академического интереса, но и для практики при формировании мембран с предсказуемыми свойствами.

Литература

1. Lebedeva, G.K.; Kononova, S.V.; Kruchinina, E.V. et al. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2021, **139**(16), 51978.
2. Kononova, S.V.; Lebedeva, G.K.; Gubanova, G.N. et al. *Membranes*, 2023, **13**(8), 716.

ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТВЕРЖДЕННЫХ ПО-ЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Злобина И.В., Егоров А.С.

*НИИЦ «Курчатовский институт»
123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1
e-mail: zlobinaiv@sstu.ru*

Постоянное расширение областей применения полимерных композиционных материалов (ПКМ), в том числе в стратегически важных отраслях, таких как ракетно-, авиа- судостроение, обуславливает поиск новых методов, направленных на достижение заданного комплекса свойств. Методы модификации ПКМ принято разделять на 2 группы – химические и физические. Химическая модификация чаще всего реализуется при непосредственном участии модифицирующих агентов в реакции отверждения. Физическая модификация представляет направленное изменение физической структуры ПКМ может использоваться на всех этапах технологического цикла, что объясняет их большую распространенность на предприятиях машиностроительного комплекса¹.

В настоящее время отмечается активное изучение процессов и результатов модифицирования ПКМ физическими методами, к которым, в том числе, относятся электрофизические. Они подразумевают использование электрической энергии, что определяет доступность их реализации, и позволяют изменять свойства материала, такие как прочность, теплостойкость, диэлектрические и другие характеристики².

Литература

1. Вешкин Е.А., Постнов В.И., Абрамов П.А. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012, Т. 14, 4. 834.
2. Алматаев Т.А., Халимжанов Т.С. Научные исследования и учебно-методические разработки, 2014, 8, 34.

Аналитические исследования выполнены с использованием научного оборудования ЦКП «Исследовательский химико-аналитический центр НИИЦ «Курчатовский институт».

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 23-79-00039 «Обоснование методологии комплексного модифицирования композиционных материалов для экстремальных условий эксплуатации на основе изучения фазово-структурных превращений под влиянием электрофизических воздействий различного частотного диапазона».

К ПРОБЛЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХИТОЗАНА

Зубарева А.А., Пошина Д.Н., Абдулкадырова Н.Ш., Скорик Ю.А.

*Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук,
199004, г. Санкт-Петербург, В. О. Большой пр. 31, Россия
e-mail: zubarevaaa@gmail.com*

Хитозан (деацетилованный хитин) – аминополисахарид, который обладает широким спектром потенциального применения в различных областях, включая медицину и фармацевтику, косметологию и космецевтику, пищевую промышленность и сельское хозяйство. Хитозан обладает уникальным комплексом физико-химических и биологических свойств, а наличие реакционноспособных гидроксильных и аминогрупп позволяет получить различные производных хитозана с необходимыми свойствами. Молекулярная масса (ММ) хитозана является важным параметром, определяющим его физико-химические и биологические свойства. Полидисперсная природа хитозана и его склонность к агрегации в водных растворах приводят к противоречивым результатам в отношении ММ даже в пределах одного метода. Поэтому затруднено сравнение результатов исследований, полученных различными научными группами, а также стандартизация продуктов на основе хитозана для фармацевтической отрасли.

В работе проведено сравнение основных методов, используемых в настоящее время для определения ММ хитозана. Методы определения ММ хитозана включают в себя различные аналитические техники, такие как капиллярная вискозиметрия, статическое светорассеяние, эксклюзионная хроматография с различными детекторами (например, рефрактометрический детектор и детектор многоугольного светорассеяния), ЯМР релаксация. Методы определения ММ хитозана имеют свои преимущества и ограничения, и выбор оптимального метода зависит от конкретных условий и требований исследования. На основании анализа литературных данных и собственного экспериментального материала даны рекомендации по выбору и использованию различных методов для определения ММ хитозана.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 19-73-20157-П.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗВЕЗДО-ОБРАЗНЫХ ПОЛИМЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ «GRAFTING-ONTO» И «CORE FIRST»

**Зубова В. Ю.,^{1,2} Миняйло Е.О.,² Щеголихина О.И.,²
Темников М.Н.,² Музафаров А.М.^{2,3}**

¹Московский физико-технический институт (Национальный Исследовательский Университет),
141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский переулок 9,
e-mail: valera.zubova.2002@mail.ru

²Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, Вавилова 28, стр. 1

³Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук,
117393, Москва, Профсоюзная 70

Полидиметилсилоксаны – широко используемые полиорганосилоксаны с уникальным комплексом физико-химических свойств. В ИНЭОС РАН недавно был разработан новый способ получения узкодисперсных ПДМС¹, позволяющий получать полимеры без дополнительных стадий очистки при высокой конверсии мономера. Интересным представляется в том числе получение звездообразных полимеров на основе ПДМС.

В рамках данной работы были получены два модельных звездообразных полимера (А, В) разными методами - «grafting-onto» и «core first».

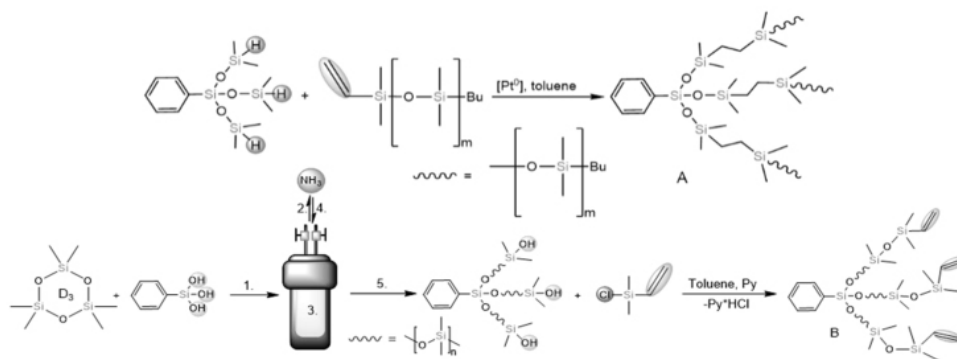


Рисунок 1. Схемы получения модельных ЗП А («core first»), В («grafting- onto»)

Чистота и структура полученных соединений были подтверждены комплексом методов физико-химического анализа, исследованы их термические и реологические свойства.

Литература

1. Minyaylo E., Temnikov M., Anisimov A., Peregudov A., Shchegolikhina O., Muzafarov A. //Applied Polymer Material. 2022. Vol. 4 (8). P. 5696- 5707.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 21-73-20225.

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИИМИДНЫХ ВОЛОКОН ПРИ ВВЕДЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ

**Иванькова Е.М.^а, Диденко А.Л.^а, Ваганов Г.В.^а, Касаткин И.А.^б
Попова Е.Н.^а, Юдин В.Е.^а**

^аИнститут Высокмолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург, В.О., Большой пр., 31,
e-mail: ivelen@mail.ru

^бСанкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9

Кристаллизующиеся полиимиды имеют существенное преимущество перед аморфными материалами, т.к. дают возможность повысить предельную температуру их эксплуатации, которая в этом случае будет зависеть уже не от температуры стеклования T_g аморфной фазы, а от температуры плавления кристаллических областей, которая значительно выше T_g . Целью данной работы являлось получение и детальное изучение структуры и свойств термостойких нанокompозитных волокон на основе частично-кристаллического термопластичного полиимида Р-ОДФО и углеродных наночастиц анизодиаметрической формы (углеродные одностенные нанотрубки). Углеродные нанотрубки (ОСУНТ) вводились в процессе синтеза на стадии ПАК в концентрации 0,05, 0,1 и 0,2 мас.%. Синтезированная полиамидокислота Р-ОДФО в дальнейшем подвергалась химической имидизации. Волокна на основе полиимида Р-ОДФО были получены экструзией из расплава с последующим высокотемпературным ориентационным вытягиванием до различных кратностей вытяжки и кристаллизационным отжигом.

Изучено влияние введения одностенных углеродных нанотрубок в матрицу Р-ОДФО, а также ориентационной вытяжки и кристаллизационного отжига на структуру, тепло-физические и механические свойства композиционных волокон. Выявлено, что использование одностенных углеродных нанотрубок инициирует гетерогенное зарождение кристаллитов в полиимидной матрице на поверхности наночастиц. Введение ОСУНТ приводит к существенному росту скорости кристаллизации и уменьшению усадки ориентированных волокон в процессе дополнительного отжига, что в итоге позволяет получать закристаллизованные полиимидные волокна с модифицированными механическими свойствами.

ПОЛУЧЕНИЕ КООРДИНАЦИОННО-СШИТЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСИЛОКСАНОВ

Ильина Т.М.,^{а,б} Ким Э.Е.,^б Кононевич Ю.Н.,^а
Щеголихина О.И.,^а Музафаров А.М.^{а,в}

^аИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Вавилова, д. 28
e-mail: Tatiana.ilina.work@mail.ru

^бМосковский физико-технический институт, 141701, Московская область,
г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9

^вИнститут синтетических полимерных материалов имени Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 70

В настоящее время полимеры, сшитые за счет взаимодействий между металлами и лигандами, являются перспективным классом высокомолекулярных соединений, проявляющих уникальные физико-химические свойства¹. Такие системы могут применяться в области «умных» материалов². В данной работе в качестве полимерной матрицы были использованы полисилоксаны, поскольку они обладают высокими термостойкостью и газопроницаемостью, а также биосовместимостью³. В качестве источников ионов металлов и сшивающих агентов выступали олигоорганометаллосилоксаны, содержащие этильные заместители, обеспечивающие совместимость олигомеров с матрицей.

В данной работе были получены координационно-сшитые полимеры путем взаимодействия органометаллосилоксанов с органическими лигандами, статистически распределенными по цепи полисилоксанов. Полученные материалы были охарактеризованы комплексом физико-химических методов.

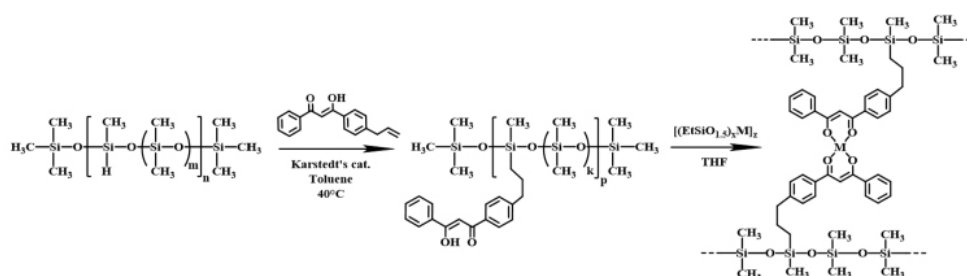


Рисунок 1. Схема получения координационно-сшитых полимеров

Литература

1. J. Wu, W. Niu, S. Zhang. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 2019, **220**, 8.
2. Liu L., Liang Sh., et. *Chemical Communications journal*, 2017, **53**, 12088-12091.
3. Blanco I. *Polymers*, 2018, **10**, 7.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НЕИЗОЦИАНАТНЫХ ПОЛИСИЛОКСАНУРЕТАНОВ

Казанцева А.Ю.^а, Транкина Е.С.^а, Афанасьев Е.С.^а, Музафаров А.М.^{а,б}

^аИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Вавилова 28,
e-mail: kazantseva2132000@yandex.ru

^бИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук, 117393,
Москва, ул. Профсоюзная 70

Универсальность полиуретанов позволяет создавать на их основе разнообразные многофункциональные материалы. Введение силоксанового блока в структуру полиуретана придает материалам и изделиям на их основе ряд уникальных характеристик – высокие показатели абразивной устойчивости и циклической изгибающей нагрузке, а также придает гидрофобность, газопроницаемость и повышенную термостойкость¹.

Одной из основных задач современной полимерной химии, является разработка экологичных и безопасных путей синтеза промышленных полиуретанов. Наиболее перспективным методом синтеза, который позволяет отказаться от токсичных изоцианатов, является реакция циклических карбонатов с первичными аминами.

Нами был изучен процесс аминолита циклокарбонатов различного строения и функциональности силанами и олигодиметилсилоксанами, содержащими как γ -аминопропильные, так и этоксильные заместители (Рисунок 1). На их основе получены новые сшитые неизоцианатные полисилоксануретаны и изучены их физико-механические (диапазон разрывной прочности составил 0,5÷52 МПа, диапазон величины относительного удлинения 1,5÷66%) и термические характеристики (процессы терморазложения начинаются при температуре выше 200°C)². Показано, что на основе полученных олигомеров могут быть созданы новые полимерные связующие – герметики, клеи, адгезивы.

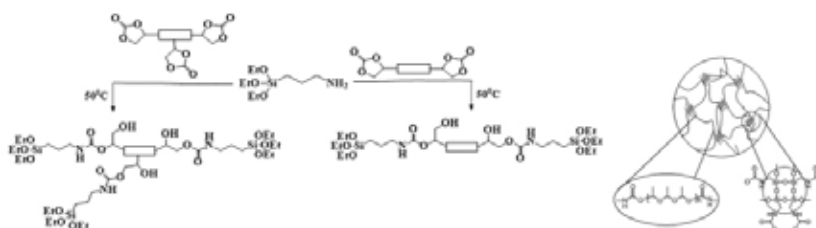


Рисунок 1. Схема аминолита циклокарбонатов

Литература

1. Lu Ch.-An Xu M., Tan Zh. [et al.]. *Colloid and Polymer Science*, 2020, 298, 1215-1226.
2. Trankina E.S., Kazantseva A.Yu. [et al.]. *Polymer Science - Series C*, 2023, 65(2), 152-161.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ И УПОРЯДОЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ КАРБОСИЛАНЦИКЛОСИЛОКСАНОВЫХ ДЕНДРИМЕРОВ

**Катаржнова Е.Ю.^а, Игнатъева Г.М.^а, Бакиров А.В.^б, Борисов К.М.^а,
Чвалун С.Н.^{а,б}, Музафаров А.М.^а**

*^аИнститут синтетических полимерных материалов РАН,
117393, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, д.70
^бНИЦ «Курчатовский институт»,
123182 Россия, Москва, пл. Ак. Курчатова, д.1
e-mail: elena.katarzhnova@ispm.ru*

Природа гибридных карбосиланциклосилоксановых дендримеров такова, что поверхностно-активные свойства, которые они проявляют, делают их перспективными объектами для использования в различных областях, не только в силу амфифильности как таковой, а главным образом, потому что она сочетается в этих объектах с меняющейся формой молекул, их жесткостью при практически неизменном химическом составе. Если для ранних генераций дендримеров можно ожидать классического поведения, например, в качестве стабилизаторов эмульсий в процессах эмульсионной полимеризации¹, то с ростом номера генерации и очевидных затруднениях во внутримолекулярных перестроениях на границе раздела фаз надо ожидать существенного изменения поверхностной активности.

Изучение дендримеров, как полимерных систем с особым способом упорядочения привело к обнаружению явления кристаллизации высоких генераций на дендримерах с полибутильной оболочкой^{2,3} (Бакиров 2018, 2023), эти результаты подтвердились и на гибридных карбосилансилоксановых дендримерах⁴.

В докладе будут представлены результаты исследования поверхностно-активных свойств гибридных карбосилансилоксановых дендримеров с пентаметилциклотри- и гептаметилциклотетрасилоксановым внешним слоем молекулярной структуры, а также данные РСА, свидетельствующие о возможности формирования компактных высокоупорядоченных структур в конденсированном состоянии в плотноупакованной фазе.

Литература

1. Zolotin S.G., Egorova K.S., Ananikov V.P. et.al., *Russ.Chem.Rev.*, 2023, **92**, RCR5104.
2. Bakirov A.V., Tatarinova E.A., Milenin S.A. et.al., *Soft Matter*, 2018, **48**, 9755-9759.
3. Bakirov A.V., Shcherbina M.A., Milenin S.A. et.al., *Macromolecules*, 2023, **57**, 1625-1631.
4. Milenin S.A., Selezneva E.V., Tikhonov P.A. et.al., *Polymers*, 2021, **13**, 606.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 21-73-30030.

МЕТАЛЛОСУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СШИТЫЕ ПОЛИСИЛОКСАНЫ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

**Ким Э.Е.,^а Кононевич Ю.Н.,^а Ханин Д.А.,^а Никифорова Г.Г.,^а
Васильев В.Г.,^а Щеголихина О.И.,^а Музафаров А.М.^{а,б}**

^аИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Вавилова, д. 28
e-mail: ela-kim@mail.ru

^бИнститут синтетических полимерных материалов имени Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 70

Получение полимеров, сшитых за счет взаимодействия между металлами и лигандами, является новым направлением, находящимся на стыке между современной полимерной, органической, металлоорганической химией и материаловедением. Введение координационных соединений в полимерные матрицы позволяет получать супрамолекулярные системы, обладающие новыми специфическими свойствами, такими как память формы¹, сенсорные свойства² и др. Одними из распространенных полимерных матриц, используемых для получения данных систем, являются полисилоксаны³, ввиду их ценных физико-химических свойств.

В данном исследовании был разработан подход, основанный на введении в полидиметилсилоксаны производных дибензоилметана и их последующей реакции с ионами различных металлов для получения сшитых полимерных структур. В рамках работы было изучено влияние природы металлов и их источников на строение и свойства итоговых полимеров, а также их термические, механические, реологические, оптические и другие свойства.

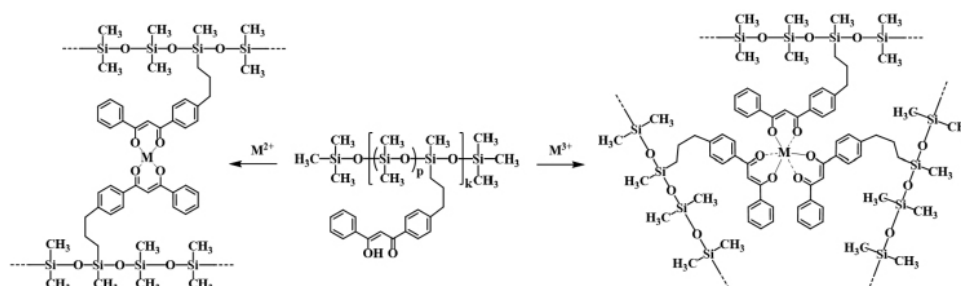


Рисунок 1. Строение полисилоксанов, сшитых металлами различной валентности

Литература

1. W. Wang, C. Zhang et al. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 2020, **12**, 25233
2. D. Zhao, J. Yang et al. *Chemical Engineering Journal*, 2022, **434**, 134806.
3. Bo Yi, Sheng Wang et al. *Chemical Engineering Journal*, 2021, **405**, 127023

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ОБРАТНОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ СПЕКТРОМЕТРИЕЙ MALDI-TOF

Киракосян Д.В., Кривобородов Е.Г.

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9,
e-mail: kirakosyan.diana2015@yandex.ru*

Обратная вулканизация (ОВ) представляет собой процесс образования полисульфидов из элементарной серы и небольших непредельных органических молекул при нагревании выше 159 °C¹.

Полимерные материалы, которые были получены с помощью метода ОВ, могут избирательно поглощают ртуть и некоторые другие тяжелые металлы^{2,4}, являются многообещающей заменой линз среднего ИК-диапазона, могут использоваться в качестве капсул для удобрений и для производства Li-S аккумуляторов³.

Несмотря на огромное число научной литературы, все еще необходимо более точно идентифицировать структуру серосодержащих соединений (рис. 1) и их физико-химические свойства. Для этого отлично подходит метод масс-спектрометрии MALDI-TOF.

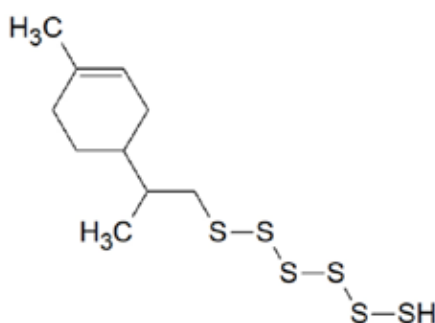


Рисунок 1. Фрагмент сополимера серы с лимоненом концевой конфигурации

Результаты интерпретации спектров MALDI сополимера серы и лимонена, полученного методом ОВ, позволили установить структуру образованных молекулярных фрагментов, что свидетельствует о высоком потенциале спектрометрии MALDI-TOF, как метода анализа для идентификации структурных особенностей подобных полимеров.

Литература

1. Park K. W., Leitao E. M., *Chem. Commun.*, 2021, **57**, 3190–3202.
2. Müller F. G., Lisboa L. S., Chalker J. M., *Advanced Sustainable Systems*, 2023, **7** (5), 2300010.
3. Onose Y., Ito Y., Kuwabara J., Kanbara T., *Polymer Chemistry*, 2022, **13**, 5486–5493.
4. Yan P., Zhao W., McBride F., Cai D., Dale J., Hanna V., Hasel T., *Nature Communications*, 2022, **13**, 4824.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 23-23-00543.

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ВОЛОКОН КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ С МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Кириллов В.Е.^{а,б}, Пророкова Н.П.^в, Юрков Г.Ю.^а

*^аФГБУН ФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук,
119334, Москва, ул. Косыгина, 4*

*^бЦентр НТИ "Цифровое материаловедение: новые материалы и
вещества" МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5
e-mail: kirillovladislav@gmail.com*

^вФГБУН Институт химии растворов Российской академии наук, 153045, Иваново, ул. Академическая, 1

Полипропиленовые волокна востребованы во многих отраслях. В связи с возрастающими требованиями к свойствам материалов, растет интерес к получению модифицированных волокон. Наиболее перспективными, с точки зрения функциональности и качества получаемых материалов, являются модификаторы на основе наночастиц. Однако традиционные методы совмещения волокон и модифицирующих добавок неэффективны в случае наноразмерных объектов. Проблемы агрегации наночастиц и их связи с полимерным волокном можно преодолеть при помощи второго полимера, выступающего в качестве стабилизатора наночастиц¹. Такие материалы могут обладать антимикробными свойствами, сохраняя при этом прочность и химическую стойкость. Создаваемые таким подходом композитные волокна отличаются прочностью, эластичностью, электропроводностью, биоцидностью, и улучшенными трибологическими характеристиками².

В работе были получены и исследованы двухкомпонентные системы на основе полипропиленовых нитей с покрытием на основе полиэтилена или политетрафторэтилена, модифицированным металлсодержащими наночастицами. Этот метод проще и экономичнее традиционных, что делает его привлекательным для промышленности. Нанокompозиты выступают в роли защитных покрытий, повышая прочность и снижая электрическое сопротивление нитей, обеспечивая антимикробную защиту. Такие нити подходят для производства упаковок, геотекстиля, медицинских изделий и других товаров, способствуя предотвращению распространения микроорганизмов.

Литература

1. Пророкова, Н. П., и др. *Высокомолекулярные соединения*, 2013, **11**, 1333.
2. Yurkov, G. Y., et al. *Mechanics of Composite Materials*, 2022, **58**, 705.

САМОКАТАЛИЗИРУЕМЫЙ ГИДРОЛИЗ АЛКОКСИСИЛАНОВ, СОДЕРЖАЩИХ ТРИАЗОЛ

**Клокова К.С.^{1,3}, Аристова В.А.², Безлепкина К.А.^{1,3,4}, Ардабьевская С.Н.^{1,3,4},
Музафаров А.М.¹, Миленин С.А.^{1,3,4*}**

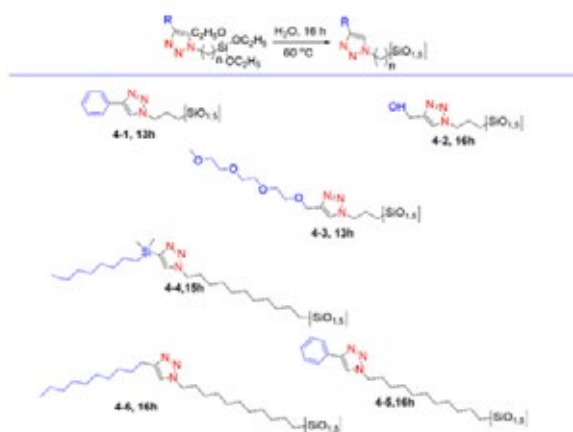
¹Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
117393, Москва, Профсоюзная улица, 70

²ФГБОУ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

³Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,
300026, г. Тула, проспект Ленина, д. 125

⁴Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
e-mail: ksenykc@gmail.com

Органотриалкоксисиланы — уникальные соединения, играющие важную роль в современной науке и промышленности.¹ В нашей работе мы представляем оригинальный подход к получению органотриэтоксисиланов, исходя из азидоалкилтриэтоксисиланов и различных типов субстратов, содержащих концевую тройную связь, по механизму азид-алкинового циклоприсоединения (CuAAC) без использования растворителей, каталитических лигандов и аминов. Обнаружен также самокатализирующий эффект триазольного фрагмента, образующегося в результате азид-алкинового циклоприсоединения в реакции гидролиза и конденсации алкоксигрупп, что позволило получить ряд силесквиоксановых продуктов только добавлением воды, без использования катализаторы. В результате построена новая оригинальная схема получения кремнийорганотриалкоксисиланов мономерного строения с последующим превращением их в силесквиоксановые полимеры в «зеленых» условиях.



Литература

1. Limin Wang, Ulrich S. Schubert and Stephanie Hoeppener, Chem. Soc. Rev. 2021, 50, 6507-6540

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Тульской области (Постановление № 899 от 30 декабря 2021 г.) в рамках Соглашения № 899. 11, 7 сентября 2022 г.

НОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ: КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ПОЛИЭФИРОВ АЛИФАТИЧЕСКИХ ГИДРОКСИКИСЛОТ И ПРОИЗВОДНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Коржиков-Влах В.А., Аликпарова Э.Р., Синицына Е.С.,
Коржикова-Влах Е.Г., Тенникова Т.Б.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии,
198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект 26,
e-mail: v.korzhikov-vlakh@spbu.ru*

Регенерация дефектов тканей, образовавшихся в результате травм различного характера или оперативного вмешательства при лечении различных заболеваний представляет актуальную проблему современной медицины¹. Это мотивирует химиков и материаловедов на создание полимерных материалов, предоставляющих возможность для формирования из них методом 3D-печати трёхмерных каркасов, способных выступать в качестве поддерживающих сред для пролиферации клеток и регенерации тканей². К сожалению, материалы на основе лишь одного полимера, как правило ограничены концептуальным использованием и прототипированием, поскольку обладают неудовлетворительными механическими свойствами. Кроме того, они обычно не могут индуцировать важнейшие биологические процессы, а именно адгезию клеток и их дифференциацию. Объединение нескольких полимеров для получения интерполимерных композитов является важной задачей для достижения подходящих характеристик материала за счёт синергетического эффекта.

В представленном исследовании мы получили интерполимерные композиты, сочетающие относительно гидрофобные поли(молочную кислоту) и поли(капролактон) с более гидрофильной гидроксипропилцеллюлозой. Был разработан способ совмещения двух полимеров в одном материале, пригодном для 3D-печати. Изучены гидрофильно-гидрофобные и механические свойства полученных образцов.

Литература

1. Eldeeb A.E., Salah S., Elkasabgy. N.A. *AAPS PharmSciTech*, 2022, **23**, 267.
2. Liu F., Wang X. *Polymers*, 2020, **12**, 1765.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития (грант № 075-15-2024-553).

МЯГКИЕ НАНОЧАСТИЦЫ «ЯДРО-ОБОЛОЧКА» НА ОСНОВЕ ПОЛИ(МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ) И ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ

**Синицына Е.С., Гринцевич Е.А., Орлов М.С.,
Баева А.С., Коржилов-Влах В.А.**

*Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии,
198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект 26,
e-mail: v.korzhikov-vlakh@spbu.ru*

Несмотря на значительные успехи в прошлом, туберкулез все ещё представляет собой опасное и достаточно распространённое заболевание. Разработка новых терапевтических подходов для лечения туберкулеза представляет собой важную задачу современной медицинской химии. Для победы в борьбе с этим заболеванием требуется разработка не только более новых антибиотиков, но и систем доставки лекарств, способных повысить эффективность как известных, так и перспективных молекул¹.

Перспективным вариантом применения фармацевтических композиций на основе суспензий микро- и наночастиц для местного лечения туберкулеза лёгких является использование небулайзера. При этом интерес представляют частицы «ядро-оболочка», способные коинкапсулировать различные лекарства в ядро и оболочку частиц, а также адгезироваться к тканям лёгкого за счёт подобранного состава «оболочки»².

В данной работе мы получили наночастицы на основе поли(молочной кислоты) и сформировали на их поверхности оболочку с использованием биосовместимых полиэлектролитов. В качестве поликатионов использовали поли(лизин) и хитозан, а в качестве полианионов – гепарин и гиалуроновую кислоту. Вначале на поверхности наночастиц ковалентно связывали поликатион, а затем противоположно заряженные полианионы. Дальнейшее послойное добавление полиэлектролитов позволило контролировать толщину оболочки и жёсткость частиц. Мы изучили влияние заряда и толщины оболочки на биосовместимость частиц. Также были проведены первые эксперименты по совместному инкапсулированию лекарств различной природы, которые показали, что полученные нанокомпозиции способны удерживать как гидрофильные, так и гидрофобные молекулы

Литература

1. Rajput A., Mandlik S., Pokharkar V. *Front. Pharmacol.*, 2021, **12**, 749945.
2. Yi X., Gao H. *Nanoscale*, 2017, **9**, 45

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-15-00185.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФОСФОРБОРАЗОТСОДЕРЖАЩИМИ МОДИФИКАТОРАМИ

**Кочетков В.Г.,^а Каблов В.Ф.,^б Крюкова Д.А.,^а
Кейбал Н.А.,^б Новопольцева О.М.^б**

^аВолгоградский государственный технический университет, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28
e-mail: vg.kochetkov@mail.ru

^бВолжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, 404130, Волжский, ул. Энгельса, 42а

Разработка абляционных огнетеплозащитных эластомерных материалов на основе этиленпропилендиенового каучука, способных в течение короткого времени выдерживать сверхвысокотемпературные тепловые потоки, является актуальной проблемой при создании защиты конструкций в авиационной, ракетной и газонефтедобывающей промышленности¹.

Эффективность эластомерных огнетеплозащитных материалов (ОТЗМ) во многом определяется комплексом эндотермических физико-химических превращений компонентов и их термодеструкцией. Для создания равномерной, мелкопористой структуры коксового слоя возможно введение микросфер (МСФ). ОТЗМ в условиях эксплуатации претерпевает воздействие высокоскоростного газового потока, приводящего к уносу верхнего слоя и уменьшению его эффективности. Данная проблема решается путем использования микроволокнистых наполнителей (МКВ), образующих армирующую сетку².

Интенсификация процессов коксования осуществляется за счет введения фосфор-, бор-, азотсодержащих компонентов. Синтезированы модификторы на основе продукта взаимодействия дициандиамида, диметилфосфита и фосфорной кислоты, а также конденсированные соединения, содержащие фосфор, бор и азот. Показано, что обработка МСФ и МКВ данными модификторами позволяет увеличить время прогрева необогреваемой поверхности образца на 8-17 % и снизить скорости линейного горения на 6-17 % по сравнению с аналогами.

Литература

1. Kochetkov V.G., Kablov V.F., et. al. *Molecules*, 2023, **28**, 5267. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28135267>
2. Kochetkov V.G., Kablov V.F., et. al. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2022, **95**, 661-668. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1070427222050056>

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-23-20082.

ЛИПОСОМЫ ИЗ СОЕВОГО ЛЕЦИТИНА ДЛЯ ДОСТАВКИ БЕЛКОВ

**Криворотов Д.В., Федотова Е.В., Скворцов Н.В., Бельтюков П.П.,
Бабаков В.Н., Радилов А.С.**

*ФГУП «НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России,
188663, Лен. область, п/о Кузьмоловский,
e-mail: denhome@bk.ru*

Липосомы - биосовместимые, химически инертные и биodeградируемые системы доставки для множества биологически активных веществ. Данная система доставки позволяет включать одновременно как гидрофильные, так и гидрофобные соединения, а также контролировать их высвобождение в средах организма человека. Кроме того, липосомы способны проникать через биологические барьеры организма. В настоящее время остается актуальной задача сохранения активности и целостности белков при их прохождении через желудочно-кишечный тракт при пероральном приеме. Поэтому разработка методик получения химически стабильных липосом, с высокой долей включения белка – перспективная задача фармакологической разработки.

Целью данного исследования являлось получение липосомальной системы доставки из соевого лецитина для зеленого флуоресцентного белка, а также исследование кинетики его высвобождения и распределения в организме в условиях *in-vivo*.

Для получения липосом был выбран наиболее щадящий для белка метод – метод гидратации/регидратации тонкой пленки. Соевый лецитин растворяли в гексане, на ротаторном испарителе выпаривали растворитель до образования тонкой пленки на стенках круглодонной колбы. Затем в колбу вливали зеленый флуоресцентный белок (GFP), растворенный в 0.01М фосфатном буфере (pH 7.4). Полученные липосомы были изучены методом конфокальной микроскопии. Размер частиц составил 1-3 мкм. Полученные образцы вводили внутривентриально мышам и через 20, 60, 180 минут методом геля документирования оценивали распределение GFP в крови, желудке и кишечнике.

Показано, что данная система является эффективной для белка. Метод позволяет добиться эффективного включения белков различной молекулярной массы и с различной изотопией. Липосомы из соевого лецитина эффективно защищают белок от разрушения в кислой среде желудка и могут применяться для пероральной доставки белков и пептидов.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Крупнин А.Е.,^{а,б} Никуленкова О.В.,^{а,б} Сорокин Ф.Д.,^б Гущин В.А.,^б
Головкин Н.А.,^б Побежимов В.В.,^а Седуш Н.Г.,^а Чвалун С.Н.^а**

^аНИИЦ «Курчатовский институт», 123198, Москва, пл. Академика Курчатова 1,
e-mail: artkrupnin@gmail.com

^бМосковский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская 5

В работе представлены современные подходы по проектированию, расчету и изготовлению персонализированных биоразлагаемых изделий с применением аддитивных технологий из термопластов и эластомеров. Рассмотрен процесс создания персонализированных изделий для травматологии и хирургии на основе результатов компьютерной томографии пациентов, процедура изготовления с применением аддитивных технологий и последующие механические испытания.

Рассмотрена задача построения моделей вязкоупругого поведения пористых материалов, изготовленных с применением 3D-печати. Используются подходы, основанные на решениях интегральных уравнений наследственной механики. и подходы, в основе которых лежат структурные реологические модели.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИИЦ «Курчатовский институт».

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОВОЛОКОН НА МЕЖФАЗНОЕ НАТЯЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ «ВОЛОКНО – КАУЧУК»

Крюкова Д.А., Кочетков В.Г., Новопольцева О.М., Каблов В.Ф.

*Волгоградский государственный технический университет, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина 28,
e-mail: dasha.antarius@yandex.ru*

Плазменная обработка – перспективный способ низкотемпературной модификации поверхности материалов и изделий. Генерация плазмой активных частиц, вступающих в реакцию с молекулами основного материала или примесей на его поверхности, обеспечивает высокие гидрофильные и адгезионные свойства обработанных поверхностей¹.

Поиск режима плазменной модификации, в котором наблюдается достижение наименьших значений краевого угла смачивания и межфазного натяжения на границе раздела системы «волокно – каучук», осуществлялся варьированием мощности разряда плазмы (0-600 Вт) и времени обработки (1-10 минут) поверхности углеродного микро волокна.

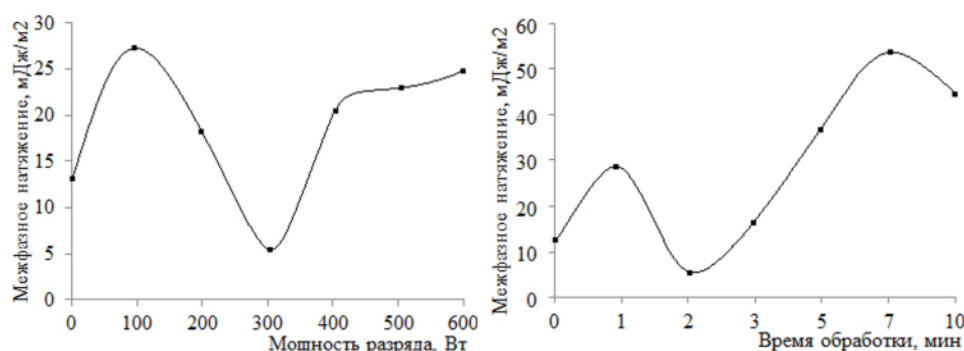


Рисунок 1. Влияние мощности разряда и времени обработки низкотемпературной плазмой поверхности микро волокна на значения межфазного натяжения

Наименьшее значение межфазного натяжения системы «углеродное микро волокно – этиленпропилендиеновый каучук» достигается при мощности плазменного разряда 300 Вт и продолжительности воздействия 2 минуты – межфазное натяжение снизилось в 2 раза по сравнению с исходным образцом и составило 5,3 мДж/м². Краевой угол смачивания снижается в том же режиме и составил 77,0о (на 20 % меньше исходного образца).

Литература

1. Ким К.К., Спичкин Г.Л., Чистов Е.К. [и др.] *Электротехника*, 2017, **10**, 37.

Работа выполнена при финансировании Минобрнауки РФ (проект FZUS-2021-0013) и стипендии Президента РФ молодым учёным и аспирантам (СП-1507.2022.1).

РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ ХИТОЗАН/ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ В КАЧЕСТВЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кузьмина А.И., Дмитренко М.Е., Михайловская О.А., Пенькова А.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Россия, Университетская наб., 7/9,
e-mail: a.kuzminova@spbu.ru*

Мембраны со смешанной матрицей (МСМ), в которых в качестве мембранного материала используется полимер, а в качестве модификатора неорганический и/или органический наполнитель, в последние годы наиболее часто используются в большинстве мембранных процессов. Подбор условий совмещения полимерной матрицы и модификатора является главной задачей при создании МСМ. Среди различных модификаторов для создания МСМ отдельную и важную роль играют углеродные наночастицы благодаря своей уникальной химической структуре и физико-химическим характеристикам.

В данной работе были разработаны новые мембраны со смешанной матрицей на основе хитозана, модифицированного различными углеродными наночастицами (однослойными углеродными нанотрубками (ОУНТ), многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ), фуллереном (C_{60}), фуллеренолом ($C_{60}OH_{22-24}$), оксидом графена (ОГ) и др.). Были подобраны оптимальные условия приготовления композитов и мембран (вязкость раствора, температура испарения растворителя, концентрация модификатора, способы диспергации и др.). Структура, морфология и физико-химические свойства разработанных композитов и мембран были изучены различными физико-химическими методами анализа.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития (грант № 075-15-2024-553). Экспериментальная часть проводилась при участии ресурсных центров Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии», Магнитно-резонансные методы исследования, Криогенный отдел, Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Методы анализа состава вещества, Наноконструирование фотоактивных материалов и Вычислительный центр Санкт-Петербургского Государственного Университета.

IN VITRO И IN VIVO ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ АМФИФИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМ КУРКУМИНОМ

**Куковякина Е.В.,^а Яголович А.В.,^б Багров Д.В.,^б Лусс А.Л.,^а
Покровский В.С.,^в Хан И.И.,^в Кусков А.Н.^а**

^аРХТУ им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская площадь 9,
e-mail: kev0700@yandex.ru

^бМГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, ул. Ленинские Горы, 1

^вНМИЦ Онкологии им. Н.Н. Блохина, 115478, Москва, Каширское шоссе, 23

Куркумин, природный полифенол, обладает противоопухолевой активностью. Однако низкая биодоступность куркумина ограничивает его эффективность в терапии рака. Инкапсуляция куркумина в полимерные наночастицы позволит преодолеть этот недостаток.

Наночастицы на основе амфифильных производных поли-N-винилпирролидона с инкапсулированным куркумином (ПВП-Кур) были получены эмульсионным методом. Ядро частиц, в которое загружен куркумин, было сформировано гидрофобными п-октадецильными фрагментами полимера.

Морфология	Средний гидродинамический диаметр, нм	ζ-потенциал, мВ	Индекс полидисперсности	Степень инкапсуляции куркумина, %
Сферическая	200 ± 10	-5,0 ± 0,9	0,1 ± 0,02	95

Таблица 1. Характеристика наночастиц ПВП-Кур

Наночастицы ПВП-Кур проявили значительную цитотоксическую активность *in vitro* на опухолевых клеточных линиях глиобластомы человека T98G и U87 по сравнению со свободным куркумином. Также наночастицы были низкотоксичны для нормальных фибробластов линии 3T3, а результаты эксперимента *in vitro* на эмбрионах рыб *Danio rerio* свидетельствовали о низкой острой токсичности наночастиц ПВП-Кур для живых организмов.

Таким образом, наночастицы на основе амфифильных производных поли-N-винилпирролидона с инкапсулированным куркумином обладают противоопухолевым действием без проявления токсического эффекта для нормальных клеток и живых организмов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-15-00468.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОНЦЕВЫХ ГРУПП НА СВОЙСТВА ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФОНА ДЛЯ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН

**Курданова Ж.И.^а, Шахмурзова К.Т.^а, Байказиев А.Э.^а, Жанситов А.А.^а,
Раева А.Ю.^{а,б}, Анохина Т.С.^б, Борисов И.Л.^{а,б}, Хаширова С.Ю.^а**

^а Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
ул. Чернышевского, 173, Нальчик, 360004 Россия,
e-mail: kurdanova09@mail.ru

^б Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук,
119991, Москва, Ленинский проспект 29

Полифениленсульфон (ПФСн) является перспективным материалом для создания мембран для ультраfiltrации, нанофильтрации, газоразделения, топливных элементов с превосходными физическими и химическими свойствами благодаря своей высокой термостойкости, длительной термической стабильности, высокой механической прочности, повышенной устойчивости к гидролизу. Однако гидрофобность и высокая склонность к загрязнению ПФСн ограничивает его применение в мембранных технологиях. Для решения этой проблемы применяют различные методы модификации, такие как сульфирование, смешивание с более гидрофильным мембранообразующим полимером, введение наночастиц в формовочный раствор, прививка гидрофильных функциональных групп, таких как карбоксильные, эпоксидные и гидроксильные группы, введение в формовочный раствор гидрофильных и олигомерных добавок.

В работе исследована возможность повышения гидрофильности мембран из ПФСн за счет регулирования химической структуры концевых групп в процессе высокотемпературной поликонденсации путем варьирования соотношении мономеров 4,4'-дигидроксидифенила и 4,4'-дихлордифенилсульфона. Изучена кинетика процесса синтеза ПФСн с различными концевыми группами методом отбора проб. Наличие концевых групп определенного типа подтверждено методом ЯМР-анализа.

На основе синтезированных ПФСн получены плоские мембраны. Проницаемость по воде мембраны с гидроксильными концевыми группами составляет 66,1 л/м²·ч, что в 1,5 раза выше проницаемости мембраны с хлорными концевыми группами. При этом обе мембраны демонстрируют высокие разделительные характеристики: коэффициент задерживания по Blue Dextran ($M_w = 70\,000\text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$) составляет 99,9 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-19-00711.

ЦИСТЕИНОВЫЕ ПРОТЕАЗЫ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ СУЛЬФАНИЛАМИДХИТОЗАНОМ, В КАЧЕСТВЕ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

**Лавлинская М.С.^а, Сорокин А.В.^а, Гончарова С.С.^а, Кондратьев М.С.^{а,б},
Файзуллин Д.А.^в, Зуев Ю.Ф.^в, Холявка М.Г.^{а,г}, Артюхов В.Г.^а**

^а Воронежский государственный университет,
394018, Воронеж, Университетская пл., 1
e-mail: maria.lavlinskaya@gmail.com

^б Институт биофизики клетки РАН – обособленное подразделение ФИЦ
«Пуцинский научный центр биологических исследований РАН»,
142290, Пушкино Московской области, ул. Институтская, 3

^в Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН,
420111, Казань, ул. Лобачевского, 2/31

^г Севастопольский государственный университет,
299053, Севастополь, ул. Университетская, 33

Комплексы бромелина (КФ 3.4.22.32), папаина (КФ 3.4.22.2) и фицина (КФ 3.4.22.3) с 2-(4-ацетамидо-2-сульфаниламид)хитозаном с молекулярными массами (ММ) 200, 350 и 600 кДа получали адсорбционной иммобилизацией в боратном буфере с pH 9.0 и характеризовали по содержанию белка, определенному методом Лоури, а также по значениям общей и удельной протеолитической активности в реакциях гидролиза азоказеина. Количество белка в комплексах оптимизировали с использованием уравнения изотермы адсорбции Ленгмюра. Оценка конформационного состояния ферментов в комплексах проводилась методами ИК-спектроскопии и молекулярного докинга. В ходе исследования выявлено, что комплексообразование повышает удельную протеолитическую активность папаина при взаимодействии с модифицированным хитозаном с ММ 350 кДа, в то время как для остальных ферментов наблюдается ее снижение. При этом, все полученные комплексы обладают антибактериальной активностью в концентрациях, позволяющих рассматривать их в качестве перспективных антибактериальных агентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-23-20008

СОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ЭТИЛЕНА С ПРОПИЛЕНОМ НА КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ $rac\text{-Et(2-MeInd)}_2\text{ZrMe}_2/(2,6\text{-}^t\text{Bu}_2\text{PhO-})\text{Al}^i\text{Bu}_2$

**Лашманов Н.Н., Файнгольд Е.Е., Саратовских С.Л., Панин А.Н.,
Бабкина О.Н., Жарков И.В., Капашаров А.Т., Шилов Г.В., Бравая Н.М.**

*Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии
Российской Академии Наук 142432, Черноголовка, проспект академика Семенова 1
e-mail:lashmanov.v.n.n@icp.ac.ru*

Новыми поколениями катализаторов для получения этилен-пропиленовых сополимеров (СКЭП и СКЭПТ) с заданным составом и свойствами являются металлоценовые и постметаллоценовые катализаторы. Тип катализаторов, способы их активации и условия полимеризации мономеров определяют термические и физико-механические свойства получаемых сополимеров. В настоящее время в мире ведется поиск новых эффективных и дешевых каталитических систем для получения этилен-пропиленовых сополимеров с заданным спектром свойств. Ранее нами были разработаны эффективные каталитические системы для получения этилен-пропиленовых сополимеров на основе бис-инденильных металлоценовых комплексов и арилоксидов изобутилалюминия^{1,2}.

В данной работе представлены результаты сополимеризации этилена с пропиленом на одной из самых активных каталитических систем вышеупомянутого типа $rac\text{-Et(2-Me Ind)}_2\text{ZrMe}_2 / (2,6\text{-}^t\text{Bu}_2\text{PhO-})\text{Al}^i\text{Bu}_2$ при варьировании условий реакции и продемонстрировано влияние этих изменений на свойства получаемых сополимеров.

Обнаружено, что снижение давления реакции с 11 до 3 атм приводит к увеличению удельной активности в 1,6 раза (с 3030 до 4840 кг сополимера/(моль Zr·h·атм)), увеличению значения M_n с 38 до 89 кг/моль и увеличению содержания этилена в сополимере от 87 до 92 мол.%. Увеличение молярного соотношения этилен/пропилен с 0,7 до 2 существенно не влияет на активность каталитической системы, однако приводит к увеличению содержания этилена в получаемом сополимере с 92 до 97 мол. % и, следовательно, увеличению кристалличности сополимера от 43 до 48%. Изменения в составе макромолекулярной цепи определяют термические и механические свойства полученных сополимеров. На каталитическую активность систем большое влияние оказывает изменение молярного соотношения Al/Zr. Самые низкая и высокая активности, 80 и 8550 кг сополимера/(моль Zr·ч·атм), соответственно, наблюдаются при молярных соотношениях 100 и 150. Продemonстрировано, что металлоценовые каталитические системы с арилоксидизобутилалюминиевыми активаторами эффективны в среде алифатического растворителя (гептана).

Литература

1. Faingol'd E.E., Saratovskikh S.L., Panin A.N., Babkina O.N., Zharkov I.V., Garifullin N.O., Shilov G.V., Bravaya N.M. Polymer, 2021, **220**, 123559.
2. Faingol'd, E.E.; Saratovskikh, S.L.; Panin, A.N.; Babkina, O.N.; Zharkov, I.V.; Kapasharov, A.T.; Bubnova, M.L.; Shilov, G.V.; Bravaya, N.M. Polymers, 2023, **15**, 487.

Работа выполнена по государственному заданию Минобрнауки РФ, № гос. Регистрации 124013000722-8

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В КОМПОЗИТНОЙ ПЛЕНКЕ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И НИТРАТА СЕРЕБРА ПРИ УФ ОБЛУЧЕНИИ

Ломовская Н.Ю., Абатурова Н.А., Хлебникова О.А., Галушко Т.Б.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина, Ленинский пр. 31 к.4,
Москва 119071, Россия
e-mail: Lomovskoy@phychel.ac.ru*

Гибридные пленки были получены из водного раствора поливинилового спирта (ПВС) и нитрата серебра. В матрице ПВС в результате воздействия УФ облучения образуются наночастицы серебра. Первоначально ионы серебра координируются с полимерными ОН-группами с образованием хелатной структуры.

Релаксационные процессы в таких системах описывались путем анализа спектров внутреннего трения (рис.1а) и изменению частоты затухающего колебательного процесса при внешнем деформирующем воздействии в широком диапазоне температур (рис.1б). Обнаружено, что в хелатной системе релаксационный переход, обозначаемый как γ - пик и ответственный за подвижность ОН- групп, становится меньше по своей величине. Именно ОН-группы связаны с ионами серебра.

Рассматривая температурно-частотные зависимости, можно сделать вывод о существенном снижении модуля сдвига (пропорционален квадрату частоты ν). Такое снижение модуля связано с изменением и разрушением водородных связей между цепями ПВС, образованием наночастиц Ag.

В области температур выше 200°C обнаруживается площадка высокоэластичной термостабильности для композитного материала.

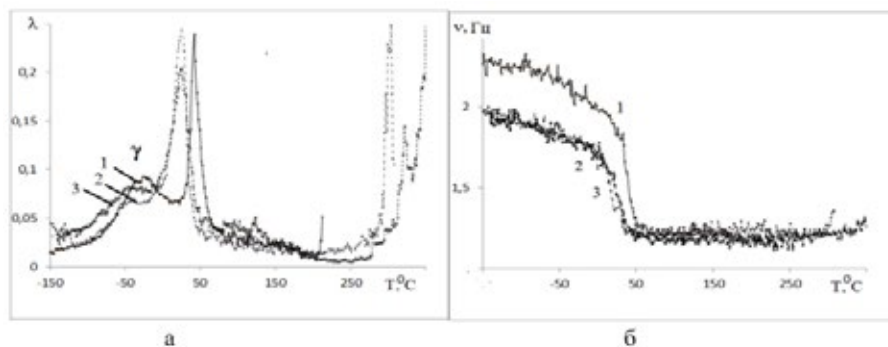


Рис.1. Температурные зависимости логарифмического декремента λ (а) и частоты (б) свободно затухающих колебаний. 1- чистый ПВС, 2- ПВС+AgNO₃, хелатная форма, 3-ПВС с наночастицами серебра.

(Работа выполнена в рамках Гос. задания) .

НЕТКАНЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАНИЛИНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Малахов С.Н., Чвалун С.Н.

*НИЦ «Курчатовский Институт», 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,
e-mail: s.malakhov@mail.ru*

В настоящее время электропроводящие полимерные материалы нашли свое применение в органической электронике, являясь перспективной заменой металлическим проводникам. Такие материалы отличаются простотой и дешевизной производства, возможностью регулирования электропроводности, низкой плотностью и нетоксичностью. Одним из способов их изготовления является нанесение слоя проводящего полимера на поверхность волокон нетканых матриц, полученных методом электроформования.

В данной работе были получены нетканые гибридные электропроводящие полимерные материалы, в качестве основы которых были использованы нетканые материалы из полиамида-6, полиакрилонитрила, полипропилена, полилактида, полистирола и поливинилиденфторида со средним диаметром волокон 0.2-12 мкм, а в качестве проводящего компонента использовали полианилин (ПАНИ). Морфологию волокон до и после синтеза ПАНИ изучали методом растровой электронной микроскопии, состав и структуру полимеров – методом ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. В результате были получены гибридные материалы, характеризующиеся значениями удельной электропроводности до $6 \cdot 10^{-2}$ См/см.

Было установлено, что основным фактором, определяющим проводимость конечного образца, является смачиваемость исходной матрицы. Волокна, хорошо смачиваемые водой, позволяют проводить полимеризацию во всем объеме нетканого материала, что приводит к получению композитов с высокой проводимостью, слабо зависящей от толщины матрицы. На материалах, не смачиваемых водой, полимеризация протекает только на поверхности, поэтому проводимость таких композитов ниже и зависит от толщины матрицы. Полученные материалы были использованы для создания органического мемристорного элемента и электрода биотопливного элемента.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение 075-15-2023-324) с использованием оборудования ресурсных центров НИЦ «Курчатовский институт».

САМООРГАНИЗАЦИЯ АМФИФИЛЬНЫХ БИОСОВМЕСТИМЫХ БЛОК-СОПОЛИМЕРОВ ЭТИЛЕНОКСИДА И КАПРОЛАКТОНА НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ВОДА-ВОЗДУХ

Малахова Ю.Н.,^а Пучкова Ю.А.,^{а,б} Бакиров А.В.,^{а,б} Чвалун С.Н.^{а,б}

*^аНациональный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
123182, Москва, площадь Академика Курчатова, 1,
e-mail: j.malakhova@mail.ru*

*^бИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук,
117393, Москва, Профсоюзная улица, 70*

Изучен процесс структурообразования серии двойных и тройных блок-сополимеров этиленоксида и ϵ -капролактона в ленгмюровских слоях на границе раздела вода-воздух. Обнаружено, что при сжатии ленгмюровских слоев блок-сополимеров наблюдается плато на изотермах поверхностного давления, коррелирующее с фазовым переходом слоя вследствие кристаллизации поликапролактонового блоков. Показано, что при увеличении температуры субфазы наряду с твердой кристаллической фазой формируются домены жидкоконденсированной фазы, что приводит к изменению формы изотерм поверхностного давления сополимеров. Протекание двумерной кристаллизации при сжатии ленгмюровских слоев блок-сополимеров этиленоксида и ϵ -капролактона подтверждено данными брестервской микроскопии и рентгеновской дифракцией в скользящем угле падения (с использованием источника синхротронного излучения КИСИ-Курчатов). На дифрактограммах GIWAXS, записанных на границе раздела вода-воздух для сжатых монослоев тройных блок-сополимеров этиленоксида и ϵ -капролактона, видны рефлексы 110 и 200 решетки поликапролактона. Более того, максимальная интенсивность этих рефлексов смещена в сторону более высоких значений QZ , что указывает на угол наклона кристаллической решетки к поверхности. Измеренные углы составили 15° и 24° соответственно. Это соответствует направлениям решетки 001, 110 и 1-10, расположенным на уровне воды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение 075-15-2023-324) с использованием оборудования ресурсных центров НИЦ «Курчатовский институт».

НИТРАТ-СЕЛЕКТИВНЫЕ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫЕ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ КАРДОВОГО ПОЛИ(БЕНЗИМИДАЗОЛА)

Манин А.Д.^{а,б} Лысова А.А.^а Ярославцев А.Б.^{а,б}

^а*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской Академии Наук, 119991, Москва, Ленинский проспект 31,
e-mail: manin1609@mail.ru*

^б*Факультет Химии, Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, улица Вавилова, 7*

Сельскохозяйственная деятельность приводит к повышению содержания нитрат-ионов в сточных водах, а как следствие – к их аккумуляции в грунтовых водах¹. Повышенное содержание нитратов в питьевой воде несет за собой огромный вред для здоровья человека². Эффективным является использование электродиализа для удаления нитратов из сточных вод³, однако существующие анионообменные мембраны оказываются более селективными к транспорту многозарядных ионов. Решением данной проблемы является использование гомогенных ионообменных мембран, имеющих ограниченные в размере ионные каналы, например, металл-полимерные мембраны⁴.

На основе кардового полибензимидазола была получена серия новых металл-полимерных анионообменных мембран с различным мольным соотношением металл/бензимидазольное кольцо. Показано, что добавление ионов металла приводит к сшивке полимерных молекул, что наиболее выражено в случае использования ионов меди. Внедрение ионов металла также позволяет придать анион-проводящие свойства исходному полимеру. Увеличение мольного соотношения металл/бензимидазольное кольцо приводит к росту проводимости и уменьшению чисел переноса нитрат-ионов для мембран с ионами меди и хрома. Мембрана с составом Cu:бензимидазольное кольцо = 1:2 имеет рекордные значения коэффициентов селективности в парах хлорид-сульфат – 370 и нитрат сульфат – 2600, превосходящие ранее опубликованные.

Литература

1. Tokazhanov G., Ramazanov E., Hamid S., Bae S., Lee W. *Chemical Engineering Journal*, 2020, **384**, 123252.
2. Martínez J., Ortiz A., Ortiz I. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2017, **207**, 42-59.
3. Menkouchi Sahli M., Annouar S., Mountadar M., Soufiane A., Elmidaoui A. *Desalination*, 2008, **227**, 327-333.
4. Horike S., Umeyama D., Kitagawa S. *Accounts of Chemical Research*, 2013, **46**, 2376-2384

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-43-00138.

ВОПРОСЫ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОЛИМЕРОВ И КОМПОЗИТОВ

Марголин А.Л.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, ул. Косыгина, 4, 119991, Москва, Россия,
e-mail: al-margolin@yandex.ru*

Термогравиметрический анализ (ТГА) неизотермической кинетики химических реакций широко применяется в исследованиях полимеров и полимерных материалов. Несмотря на высокую точность современных измерений, точность определения энергии активации по данным ТГА, остается невысокой, результаты могут различаться в несколько раз. Причиной неоднозначности результатов ТГА считают недостаточную точность оценок температурного интеграла Дойля. Второй причиной является то, что в полимерах могут идти несколько параллельных процессов термодеградаци, что не удастся описать простой моделью с одной реакцией.

В недавних работах¹ предложены ряды для расчета температурного интеграла с высокой точностью (относительная ошибка в пределах 10^{-8}). Однако необходимость трудоемких вычислений сдерживает применение рядов для обработки экспериментальных данных.

В данной работе предложено использовать выражение температурного интеграла через экспоненциальные интегралы $E_1(x)$ и $E_2(x)$. Благодаря этому получены три простых приближения интеграла: первое с ошибкой менее $5 \cdot 10^{-3}$, второе с ошибкой менее $5 \cdot 10^{-5}$ и третье приближение с ошибкой менее $5 \cdot 10^{-8}$.

Полученные приближения могут быть применены для деконволюции ТГ кривых и определения параметров параллельных реакций в смесях полимеров. Возможности высокоточной деконволюции были продемонстрированы на примере модели Озавы двух параллельных реакций с разными энергиями активации. Обычные методы ТГА в этом случае дают ошибочные параметры реакций, тогда как деконволюция определяет не только параметры, но и долю каждой реакции.

Литература

1. W.Zhang, Q.Zheng, X.Yu, Y.Shen and K. Li. Numerical Calculation and 3-D Imaging of the Arrhenius Temperature Integral // Separations 2023, 10 (9), 480-497; doi: 10.3390/separations10090480

СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПИЛЛАР[5]АРЕНОВ: СИНТЕЗ МОНО- И ДЕКАЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИЛЛАР[5]АРЕНА, СОДЕРЖАЩИХ АМИДНЫЕ ГРУППЫ, И ИХ САМОСБОРКА С ПОЛИВИНИЛТЕТРАЗОЛСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Махмутова Л.И.¹, Шурпик Д.Н.¹, Кижняев В.Н.², Стойков И.И.¹

¹Казанский «Приволжский» федеральный университет, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18
 e-mail: LIMakmutova@kpfu.ru

² «ИГУ», 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, д. 1

На сегодняшний день одним из активно изучаемых типов макроциклических соединений являются пиллар[n]арены [1]. С момента получения [2] первого представителя данного класса макроциклов пиллар[n]арены показали свою эффективность в молекулярном распознавании разнообразных субстратов, в качестве ионных каналов, в катализе, а также в качестве переносчиков лекарственных средств [1-3].

В представленной работе разработаны подходы к получению новых моно- и деказамещенных производных пиллар[5]арена, содержащих амидные группы (2-гидроксиэтиламидный или 3-гидроксипропиламидный фрагменты). Показано, что пиллар[5]арен, содержащий десять 2-гидроксиэтиламидных фрагментов, в водном растворе в присутствии поливинилтетразола образует монодисперсные наноразмерные агрегаты со средним гидродинамическим диаметром 117 нм. Прямой макроциклизацией 1,4-дизамещенных бензолов с формальдегидом были получены деказамещенные пиллар[5]арены, содержащие тозилатные и фталимидные группы. С использованием тозилатной и фталимидной защит с высокими выходами получены пиллар[5]арены, содержащие первичные и третичные аминогруппы, способные взаимодействовать с тетразолсодержащими полимерами. Были изучены граничные условия образования и разрушения ассоциатов трехкомпонентной системы пиллар[5]арен/флуоресцеин/полимер.

Литература

1. Chen Y., Jiang X., Gong G., *Chem. Commun.*, 2021, **57**, 284-301.
2. Zhou Y., Jie K., Zhao R., Li E., Huang F., *J. Am. Chem. Soc.*, 2020, **142**, 6957-6961.
3. Shurpik D., Makmutova L., Usachev K., Islamov D., Mostovaya O., Nazarova A., Kizhnyayev V., Stoikov I., *Nanomaterials*, 2021, **11**, Reg. 947.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 22-73-10166 <https://rscf.ru/project/22-73-10166/>

ИНКАПСУЛЯЦИЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ В ПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИКСЫ ДЛЯ ТЕРАПИИ МЕЛАНОМЫ

Наумова А.Д., Власова К.Ю., Клячко Н.Л.

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1
e-mail: naumovaaaalena@gmail.com*

Заболеваемость меланомой – наиболее агрессивным типом рака кожи – значительно увеличилась в последнее время, а быстрое распространение клеток опухоли и повышенный риск метастазирования вызывают высокую смертность среди пациентов. Нарушение работы иммунной системы у пациентов часто сопровождается развитием сопутствующих тяжелых бактериальных инфекций, поэтому важной задачей является разработка препаратов для комбинированной терапии и обеспечение их направленной трансдермальной доставки.

В данной работе в качестве препарата было использовано координационное соединение меди на основе 2-алкилтиоимидазолон (Cu₂Im), обеспечивающее токсический эффект за счет генерации активных форм кислорода и демонстрирующее как противораковые, так и антибактериальные свойства. Cu₂Im инкапсулировали в полимерные матриксы из полилактида (PLA), поликапролактона (PCL), их смеси (PCL/PLA), а также из смесей PCL и PLA с желатином (PCL/желатин и PLA/желатин). Полимерные волокна получали из суспензии полимеров и препарата с помощью электроспиннинга. По данным СЭМ матриксы представляли собой сетки из нановолокон толщиной не превышающей 500 нм, а РСМА подтвердил равномерное распределение меди в матриксе. Однако в системах PCL/PLA наблюдалось образование «узлов», связанное со снижением растворимости полимеров. Результаты АЭС и хроматографии после высвобождения Cu₂Im в течение 24 часов указывают на большую степень высвобождения меди и Cu₂Im для матриксов на основе PCL и смесей с желатином, по сравнению с таковыми в случае матриксов из PLA. Цитотоксичность матриксов оценивали на клетках линии мышиной меланомы B16. При этом наблюдался существенный цитотоксический эффект, предположительно отличающийся по механизму действия в случае матриксов из PCL и PLA: токсичность ионов меди в матриксах из PLA и самого Cu₂Im в матриксах из PCL.

Таким образом, метод электроспиннинга позволяет получить полимерные матриксы, загруженные Cu₂Im и обладающие токсичным эффектом, что позволяет рассматривать их в качестве перспективных твердых носителей в направленной трансдермальной терапии меланомы.

ПЛАЗМЕННЫЕ И ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ СВМПЭ ВОЛОКОН

Некрасов И.К.

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный Университет»,
420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18, корп.1
email: igor05071997@mail.ru

Одним из наиболее перспективных полимеров по удельным прочностным характеристикам является сверх-высокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). Главным недостатком СВМПЭ является его низкая адгезия пропитывающим материалам, что не позволяет использовать его в качестве наполнителя для композиционных материалов.

Существуют два основных направления методов модификации поверхности СВМПЭ – химическое и плазменное. Химическое воздействие направлено на травление поверхности СВМПЭ, покрытие «связующей» пленкой и присоединением специальных функциональных групп. Плазменное воздействие ориентировано на травление поверхности, либо присоединение функциональных групп. На рис.1 представлены микрофотографии поверхности СВМПЭ после химического (а) и плазменного воздействия. После химического воздействия образуется «связующая» пленка, которая и ответственна за повышение смачиваемости. После плазменного воздействия, а именно высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления, пленка, образованная после химического воздействия, удаляется, вскрывая фибриллярную структуру волокон. Это позволяет увеличивать смачиваемость волокон и площадь контакта между матрицей и наполнителем (СВМПЭ) в композиционном материале. При этом, прочностные характеристики волокон не ухудшаются.

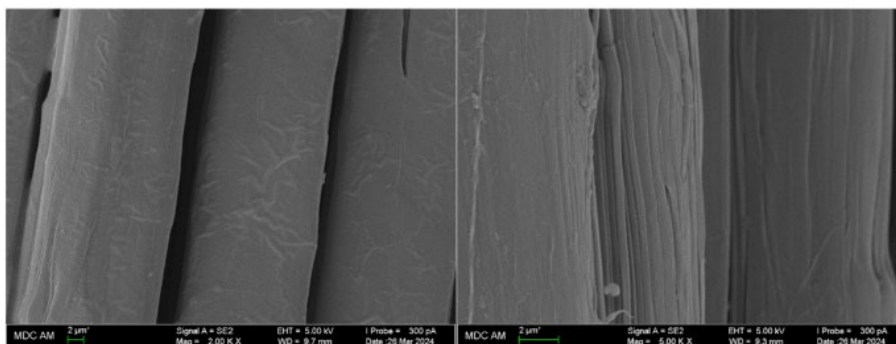


Рисунок 1. А – Химически обработанное волокно, Б – плазмообработанное волокно.

Таким образом, метод обработки плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления может быть использован для существенного повышения смачиваемости СВМПЭ волокон.

Литература

1. Abdullin I.Sh., Zheltuhin V.S., Nekrasov I.K. et.all. // PPOR. - 2022. - V. 23. - №. 4. - P. 525-543.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА РЕДОКС-АКТИВНЫХ НАНОГЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОТОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРАХ

**Николенко А.Д.,^{а,б} Иноземцева А.И.,^{а,б} Назаров М.А.,^б Иткис Д.М.,^а
Кожунова Е.Ю.,^{б,в} Чертович А.В.,^{а,б} Хохлов А.Р.^б**

^а *Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук, 119991, Москва, ул. Косыгина 4,*

^б *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Ленинские горы 1,*

^в *Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук, 119334, Москва, ул. Вавилова 28с1.
e-mail: nikolenko.andm@gmail.com*

Проточные аккумуляторы считаются перспективным вариантом стационарных систем хранения энергии. Однако использование в них низкомолекулярных электроактивных реагентов требует применения дорогих ионообменных мембран для предотвращения кроссовера. Один из подходов к снижению этих требований — использование полимерных реагентов с "пришитыми" редокс-активными группами.¹

С этой целью в данной работе были впервые получены и охарактеризованы слабосшитые полимерные наногели на основе поли-N-изопропилакриламида (ПНИПА), модифицированные редокс-активными группами 4-(3-карбокситропанамидо)-ТЕМПО.

Проведенные исследования с использованием циклической вольтамперометрии показали, что в электрохимических реакциях участвует только половина редокс-активных групп наногелей. Также был обнаружен эффект адсорбции наногелей на поверхности электрода.²

С помощью компьютерного моделирования спектров электронного парамагнитного резонанса наногелей была изучена их структура и подвижность пришитых парамагнитных редокс-центров.

Литература

1. Sukegawa T., Masuko I., Oyaizu K. et al. Expanding the Dimensionality of Polymers Populated with Organic Robust Radicals toward Flow Cell Application: Synthesis of TEMPO-Crowded Bottlebrush Polymers Using Anionic Polymerization and ROMP. *Macromolecules* 2014, 47 (24), 8611–8617.
2. Kozhunova E. Yu., Inozemtseva A.I., Nazarov M.A. et al. Nanoarchitectonics and electrochemical properties of redox-active nanogels for redox flow battery electrolytes. *Electrochimica Acta* 475 (2024) 143534.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-13-00115.

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПВХ ОСТАТКАМИ ЛАВСОНОВ КАК *O*-НУКЛЕОФИЛОВ В УСЛОВИЯХ МЕХАНОСИНТЕЗА

Алтоби А.М.К.,^а Аль-Саммаррайи И.Ш.А.,^{а,б} Никонов И.Л.,^{а,в,г}
Ковалёв И.С.,^а Копчук Д.С.,^{а,в} Зырянов Г.В.^{а,в}

^а Уральский федеральный университет, 620002, Екатеринбург, Мира 19

^б Технологический университет Ирака, г. Багдад, Ирак

^в Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, Екатеринбург,
620137, Екатеринбург, Софьи Ковалевской 22/20

^г Уральский государственный лесотехнический университет,
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт 37
e-mail: igor.nikonov.ekb@gmail.com

Накопление отходов ПВХ в окружающей среде является актуальной экологической проблемой. Одним из путей её решения является переработка ПВХ, в том числе методом химической модификации с помощью реакций нуклеофильного замещения в растворах.¹ В тоже время, механосинтез представляет показательный пример т.н. «зеленых методов», т.к. позволяет осуществлять химические превращения без использования растворителей, токсичных катализаторов и др., тем самым являясь малоотходным и экологически безопасным.² Целью настоящей работы является апробация метода постмодификации ПВХ путём введения остатков некоторых *O*-нуклеофилов механохимическим методом.

В качестве таковых были исследованы коммерчески доступный лавсон **1a** и его бромпроизводное **1b**, полученное из нафтохинона **2** по описанной методике.³ Дальнейшее взаимодействие **1a,b** с ПВХ **3** в условиях механосинтеза в отсутствие растворителя привело к образованию полимеров **4a,b** (Схема 1).

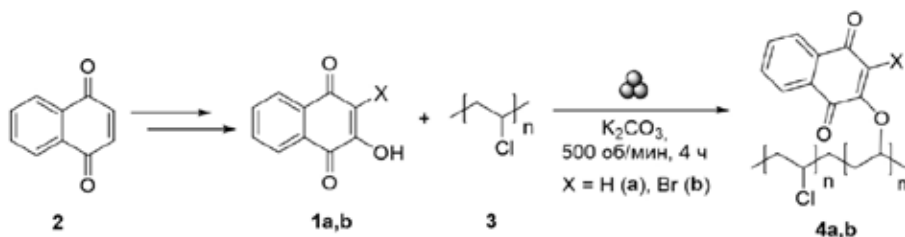


Схема 1

Строение **4a,b** было доказано данными ¹H ЯМР- и ИК-спектроскопии, а также элементного анализа. В частности, была рассчитана степень введения лавсонов **1a,b** в ПВХ, составившая до 10 %.

Литература

1. Moulay S. *Progress in Polymer Science*, 2010, **35**, 303.
2. Krusenbaum A., Grätz S., Tigineh G. T., Borchardt L., Kim, J. G. *Chemical Society Reviews*, 2022, **51**, 2873.
3. Choudhari D., Chakravarty D., Lande D. N., Parveen S., Gejji S. P., Koda, K. M., Salunke-Gawali, S. *Structural Chemistry*, 2019, **30**, 2257.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-73-00272.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Носков А.В.¹, Панов Ю.Т.¹, Потапочкина А.Ю.², Ращупкина Д.А.¹

¹Владимирский государственный университет им. Столетовых, Владимир, ул. Горького, 87

² ООО "Владимирские Зеленые Технологии", Владимир, ул. Б. Нижегородская, 77

E-mail: noskov.vztech@mail.ru

Рециклинг полимерных материалов – один из наиболее современных и популярных методов вторичной переработки отходов. Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) - пятый по величине сегмент рынка полимеров. В 2022 году общемировое производство ПЭТФ составило 7848 тыс.т¹. Одним из наиболее крупнотоннажных методов вторичной переработки ПЭТФ является физическая переработка в гранулу с последующим формованием изделий. Однако данный метод предъявляет высокие требования к исходному сырью.

В работе представлен метод получения полиуретановых пен для теплоизоляции с использованием вторичного ПЭТФ. Был проведен гликолиз ПЭТФ избытком диэтиленгликоля для наиболее полной деполимеризации ПЭТФ с сохранением низкой вязкости полупродукта (не более 500 мПа*с)². Следующим этапом является синтез сложного полиэфира методом этерификации, полученного полупродукта с фталевым ангидридом до достижения гидроксильного числа не более 300 мг КОН/г.

На основе синтезированного сложного полиэфира получены полиуретановые пены для теплоизоляции методом напыления. Исследованы физико-механические свойства полученных пен. Проведены сравнительные испытания с пенами, полученными на основе традиционных сложных полиэфиров, на основе диэтиленгликоля и фталевого ангидрида.

Литература:

1. Эцио Филиппи/ XX отраслевая конференция «ПЭТФ 2024», CREON, Москва, 2024 г.

2. Носков А. В., Панов Ю. Т., Потапочкина А. Ю., Ращупкина Д. А. Получение сложных полиэфиров на основе вторичного ПЭТФ // «88-ая научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов с международным участием», Минск, 2024 г.

НОВЫЕ НЕФУЛЛЕРЕНОВЫЕ АКЦЕПТОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Папковская Е.Д., Калиниченко А.К., Дядищев И.В., Лупоносков Ю.Н.

*Институт синтетических полимерных материалов имени
Н.С. Ениколопова РАН, Москва, Россия
E-mail: papkovskaya@ispm.ru*

Большой интерес в мире вызывают разработки в области органической фотовольтаики, и, в частности, органических солнечных батарей (ОСБ), как способ получения чистой и возобновляемой энергии. В настоящее время эффективность преобразования энергии (КПД) ОСБ превысила 19%¹ для устройств на основе аннелированных нефуллереновых акцепторных материалов (НФА)² - сложных полиароматических соединений донорно-акцепторного типа, и 17%³ - для простых НФА неаннелированного строения с объемными боковыми заместителями в структуре донорно-акцепторного типа. Несмотря на достигнутые успехи, для коммерциализации ОСБ на основе аннелированных НФА наиболее острой проблемой является трудоемкость и многостадийность их синтеза, что делает эти материалы очень дорогостоящими. В то время, как для реализации неаннелированных НФА остаются нерешенными вопросы стабильности, комплементарности донорных материалов для них и ряд фундаментальных вопросов, затрагивающих взаимосвязи структуры-свойства-производительности устройств. Поэтому исследования в этой области являются важными и актуальными.

В данной работе разработан и осуществлен синтез новых потенциальных НФА. Структуры и чистота соединений доказаны комплексом физико-химических методов анализа. Соединения демонстрируют эффективное поглощение солнечного света в красном и ближнем ИК диапазонах как в растворах, так и в тонких пленках, имеют подходящие энергии уровней НСМО и ВЗМО для использования в качестве акцепторных материалов и обладают достаточно высокой термической стабильностью, подходящей для рабочих температур устройств. Полученные результаты тестирования НФА в смесях с коммерчески доступным донорным материалом РМ6 и акцепторным материалом Y6 продемонстрировали КПД более 18% в прототипах тройных ОСБ, что сопоставимо с рекордными значениями в этой области.

Литература

1. Cui, Y., Xu, Y., et al. Adv. Mater., 2021, **33**, 2102420.
2. Wan, J., Dyadishchev, I., Sun, R., et al. J. Mater. Chem. A, 2022, **10**, 17122-17131.
3. Li, D., Zhang, H., Cui, X., et al. Adv. Mater., 2024, **36**, 2310362.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (договор №075-15-2024-532-2 в рамках гранта № 075-15-2024-532).

ФИЗИКОХИМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ ВОДОРОСЛЕВОЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Паршина А.Э.^{а,б}, Боголицын К.Г.^{а,в}

^а*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
163002, Архангельск, набережная Северной Двины, 17,
e-mail: a.parshina@narfu.ru*

^б*Институт высокомолекулярных соединений РАН, 199004, Санкт-Петербург, Большой пр. 31*

^в*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени Н.П. Лаверова УрО РАН, 163020, Архангельск, проспект Никольский, 20*

Целлюлоза является одним из самых востребованных и распространенных биополимеров во всем мире. Благодаря легкой обрабатываемости, биосовместимости, биоразлагаемости и нетоксичности материалы на основе целлюлозы находят широкое применение в различных областях: от технических (электроника, оптика, др.) до биомедицинских (регенеративная медицина). В настоящее время возрастает запрос на альтернативные источники целлюлозы, к которым относится и биомасса морских водорослей. В данной работе предложена схема получения нанокристаллической целлюлозы (НКЦ) из отхода промышленной переработки бурых водорослей¹. Полученная наноцеллюлоза обладает игольчатой морфологией со средними размерами 394 ± 182 нм и 33 ± 6 нм (длина и ширина, соответственно). Степень кристалличности 69 %, удельная площадь поверхности $7,1 \text{ м}^2/\text{г}$, доля Ia целлюлозы 97 %. Способность формировать устойчивые гидрогели – одно из ключевых и приоритетных свойств наноцеллюлозы. Методами ИК-спектроскопии, релаксометрии и калориметрии дана характеристика взаимодействий в системе «НКЦ-вода». Тепловой эффект – экзотермический, сопровождается выделением $29,2 \text{ Дж/г а.с.ц}$ ($167,9 \text{ Дж/моль}$) энергии. Методом ядерной магнитной релаксометрии показано, что водорослевая наноцеллюлоза обладает высоким содержанием свободной воды, что, вероятно, обусловлено ее развитой мезопористой поверхностью и малым размером частиц. Структурная организация метастабильной Ia целлюлозы в совокупности с капиллярно-пористой макроструктурой определяют формирование гидрогеля НКЦ с содержанием сухого вещества 2,6 %, являющегося стабильным в течение 6 месяцев.

Литература

1. Bogolitsyn K., et al. *Cellulose*, 2020, **27**(17), 9787-9800.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования, проект FSRU-2023-004.

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОЙ И ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ НА СВОЙСТВА НЕПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН ИЗ БИОПОЛИМЕРОВ

Пенькова А.В., Кузьмина А.И., Дмитренко М.Е.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Россия, Университетская наб., 7/9,
e-mail: a.penkova@spbu.ru*

Мембранные процессы являются перспективными методами разделения жидких смесей, содержащих компоненты различной молекулярной массы. Каждая задача разделения требует выбора определенного мембранного процесса, типа мембраны (непористая, пористая) и материала мембраны. Однако, для высокоэффективного разделения необходимы новые и усовершенствованные мембранные материалы с заданными и улучшенными свойствами. Улучшение свойств пористых и непористых мембран может быть достигнуто путем модификации полимерной матрицы неорганическим и/или органическим наполнителем (создание мембран со смешанной матрицей), а также поверхности мембраны.

В настоящей работе были разработаны новые непористые мембраны со смешанной матрицей на основе известных биополимеров (хитозана и карбоксиметилцеллюлозы). Для улучшения транспортных и физико-химических характеристик была проведена объемная модификация (путем введения оксида графена) и поверхностная модификация (путем ионного насаивания полиэлектролитов). Разработанные мембраны были исследованы методами сканирующей электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, инфракрасной спектроскопии, ядерного магнитного резонанса, термогравиметрического анализа, измерением угла смачивания и проведением экспериментов по набуханию. Транспортные свойства мембран были оценены в процессе пермеационной дегидратации. Было установлено, что применение модификаций существенно изменяет как физико-химические, так и транспортные свойства разработанных непористых мембран.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития (грант № 075-15-2024-553). Экспериментальная часть проводилась при участии ресурсных центров Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии», Магнитно-резонансные методы исследования, Криогенный отдел, Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Методы анализа состава вещества, Наноконструирование фотоактивных материалов и Вычислительный центр Санкт-Петербургского Государственного Университета.

3D-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ, СШИТЫЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ СУЛЬФЕНИЛХЛОРИДОВ 2,4-ПЕНТАНДИОНАТОВ ХРОМА(III) И АЛЮМИНИЯ С ВИНИЛСИЛОКСАНАМИ

Перваков К.А., Шапкин Н.П., Разов В.И., Федорец А.Н., Хальченко И.Г.

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

Реакцией сульфенилхлоридов ацетилацетонатов хрома(III)¹ и алюминия с поливинилсилоксаном (полимеры I и II) и сополимером диметилдихлорсилана с винилтрихлорсиланом (полимеры III и IV) получены 3D-пространственные сшитые полиметаллорганилсилоксаны.

На основании данных РСА были определены объемы когерентного рассеяния и показано фрактальное строение выделенных полимеров. Объемы фракталов увеличиваются от I, III к II, IV, что объясняется введением диметилсилокси-групп в полимеры II и IV. В исходном сульфенилхлоридном комплексе алюминия величина ОКР оказывается меньше из-за большего числа нарушений.

Метод позитронно-аннигиляционной спектроскопии позволил рассчитать элементарные объемы ловушек позитрония и число аннигиляций позитрония в 1 см³. Было показано, что число ловушек во фрактале отвечает числу атомов кислорода во фрактале. По результатам вычисленных значений центров аннигиляции, отмечено, что молекулярный объем элементарного звена оказывается больше объема ОКР в связи с тем, что количество связей во фрактале достаточно для образования геля².

Согласно термогравиметрическому исследованию, термическая лабильность для комплексов алюминия оказывается более характерна, чем для аналогичных соединений хрома(III). Однако усложнение структуры приводит к повышению термической устойчивости, связанной, по-видимому, с образованием пространственной сетки.

Морфология выделенных металлохелатных полимеров, изученная при помощи СЭМ, имеет вид, присущий типичным ксеро-гелям, образованным за счет происходящего в ходе химической реакции процесса синерезиса.

Литература

1. Pervakov K.A., Shapkin N.P., Razov V.I., Fedorets A.N. *Silicon*, 2024, 12.
2. Шапкин Н.П., Свистунов Г.М., Шапкина В.Я. *Высокомолекулярные соединения*, 1989, **31(A)**, 573-576.

Синтез материалов выполнен в рамках Государственного задания № FZNS-2024-0013, их исследование проведено в рамках Государственного задания № FZNS-2024-0014.

РАЗРАБОТКА ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ ХИТОЗАН/В-ГЛИЦЕРОФОСФАТ

Пыжов В.С., Бахрушина Е.О.

*ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), 119991, Москва, ул.Трубецкая, д.8, стр.2
e-mail: pyzhov_v_s@student.sechenov.ru*

Перспективным полимером для создания термочувствительных *in situ* систем доставки является хитозан (Хт). Однако для придания раствору термореверсивных свойств в систему необходимо внесение β -глицерофосфата (β -GP) – сшивающего агента, который позволяет стабилизировать гидрогель хитозана и придает композиции термочувствительные свойства.¹⁻⁴

Целью настоящего исследования стало создание оптимального состава *in situ* гидрогеля Хт/ β -GP с возможностью парентерального введения и способностью к термореверсивному переходу при физиологической температуре (37-38 °C), а также исследование зависимости скорости гелеобразования полученного раствора от процентного соотношения Хт: β -GP в композиции.

Для исследования были получены образцы водных растворов с концентрациями хитозана (70–80 кДа) от 0,5% до 2,0% в 1,0%-ой молочной кислоте и β -глицерофосфата натрия пентагидрата в воде очищенной – от 2,0 % до 4,0%.

Полученные образцы оцениваются по показателям: pH раствора, температура раствор-гель перехода, динамическая вязкость при изменении температуры от 10 °C до 50 °C, стабильность полученных гидрогелей и цитотоксичность путем проведения HET-CAM теста.

Литература:

1. Asfour M. H. и др. Chitosan/ β -glycerophosphate *in situ* forming thermo-sensitive hydrogel for improved ocular delivery of moxifloxacin hydrochloride // Eur. J. Pharm. Sci. 2021. Т. 167. С. 106041.
2. Bakhrushina E. O. и др. *In situ* Intranasal Delivery Systems: Application Prospects and Main Pharmaceutical Aspects of Development (Review) // Drug Dev. Regist. 2021. Т. 10. № 4. стр. 54–63.
3. Bhuiyan M. H., Clarkson A. N., Ali M. A. Optimization of thermoresponsive chitosan/ β -glycerophosphate hydrogels for injectable neural tissue engineering application // Colloids Surfaces B Biointerfaces. 2023. Т. 224. С. 113193.
4. Lamberti G. и др. Injectable Chitosan/B-Glycerophosphate System for Sustained Release: Gelation Study, Structural Investigation, and Erosion Tests // Curr. Drug Deliv. 2017. Т. 14. № 999. стр. 216–223.

СИНТЕЗ КОМПОЗИТНОЙ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОАКТИВНОЙ В -ФАЗЫ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА С ДОБАВКОЙ НАНОЧАСТИЦ BiFeO_3

Рабданова А.А.^а, Оруджев Ф.Ф.^{а,б}

^а *Smart Materials Laboratory, ФГБОУ ВО Дагестанский Государственный Университет,
Махачкала, Россия, 367000*

e-mail: rabadanova.alinka@mail.ru

^б *Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского федерального
исследовательского центра РАН; Россия, 367015, г. Махачкала, Россия*

Мембранные материалы эффективно решают проблему загрязнения воды красителями за счет своих преимуществ, таких как уменьшение площади, удобное управление, чистота и высокая пропускная способность¹. Композитные материалы на основе полимеров, используемые в виде пленок, имеют не токсичность, биосовместимость и химическую инертность, что обеспечивает значительные преимущества. Полукристаллический сегнетоэлектрик ПВДФ широко применяется из-за своего уникального сочетания свойств, таких как химическая и термическая инертность, высокий пьезоэлектрический отклик и электрохимическая стабильность². Использование гибридных композитов с органическими сегнетоэлектриками в качестве матричной подложки для допированных наночастиц может помочь в борьбе с загрязнением воды красителями³.

В рамках проведенного исследования были синтезированы, методом термоиндуцированной инверсии фаз из не растворителя с применением технологии Dr.Blade (TIPS-NIPS)⁴, композиты на основе ПВДФ, в качестве наполнителя были использованы наночастицы мультиферроидного типа BiFeO_3 с разной массовой загрузкой. Была исследована каталитическая активность полученного композита. Было оценено влияние добавления допанта на рост электроактивной фазы.

Литература

1. Kadiev M. V. et al. Moscow University Chemistry Bulletin, 2022, 77, 5, 256-261.
2. Orudzhev F. et al. Catalysts, 2023, 13, 5, 874.
3. Rabadanova A. et al. Chimica Techno Acta, 2022, 9, 4, 20.
4. Magomedova A. G. et al. Molecules, 2023, 28, 19, 6932.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-73-10091.

СИНТЕЗ СИЛОКСАНОВЫХ МАКРОМОНОМЕРОВ ДЛЯ РЕАКЦИИ МЕЖФАЗНОЙ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ

Ревенко В.К.,^a Обрезкова М.А.,^a Музафаров А.М.^{a,6}

*^aИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, Профсоюзная улица 70,
e-mail: revenko@ispm.ru*

^bИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук,
119334, Москва, Вавилова улица, 28 стр. 1

Как известно, поликонденсационный процесс является одним из наиболее распространенных методов синтеза полимеров¹. В настоящее время процесс межфазной поликонденсации привлекает все больше внимания со стороны ученых как новый перспективный подход органического синтеза². Межфазная поликонденсация может быть рассмотрена как один из вариантов синтеза силоксановых молекулярных щеток методом «прививки через». Ранее поликонденсация была использована для синтеза силоксановых молекулярных щеток. Однако, получившиеся соединения по своему строению были ближе к звездообразным структурам³ ввиду низких молекулярных масс основных цепей. В данной работе мы представляем синтез новых силоксановых макромономеров, а также синтез чисто силоксановых молекулярных щеток, которые будут получены методом межфазной поликонденсации.

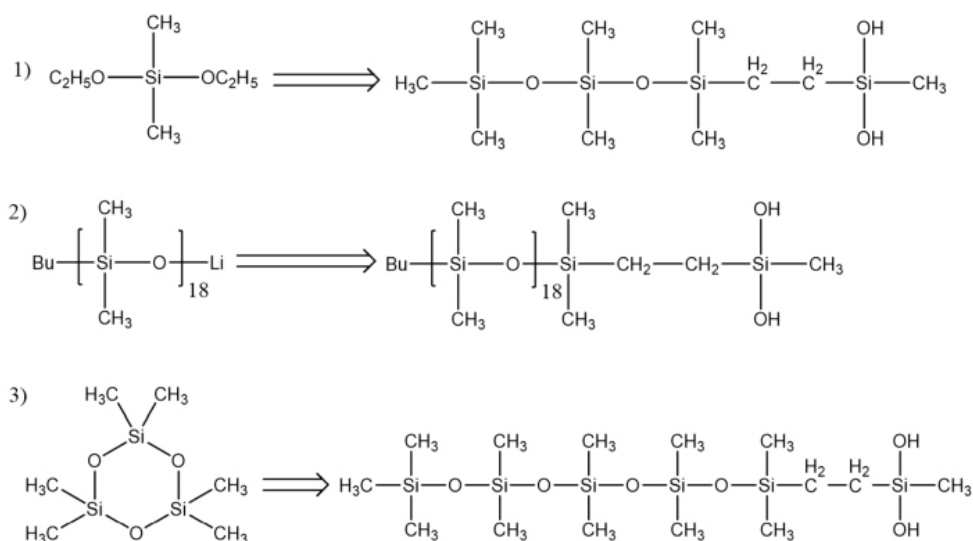


Рисунок 1. Основные типы силоксановых макромономеров

Литература

1. S. Kuchanov, H. Slot, A. Stroeks. *Progress in Polymer Science*, 2004, **29**, 563
2. S. Iliescu, G. Ilia, A. Popa, N. Plesu, L. Macarie, C. M. Davidescu. *Pure and Applied Chemistry*, 2014, **86**, 1675
3. Е.А. Черникова, Н.Г. Василенко, В.Д. Мякушев, А. Mourran, М. Moeller, А.М. Музафаров. *Высокомол. соед. А*, 2004, **46**, 6823.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-23-00565.

БИОСЕНСОРНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИДИМЕТИЛ-АМИНОЭТИЛМЕТАКРИЛАТА И ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ: ФОРМИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ГЛЮКОЗЫ

Рудаков Н.С.,^а Пергушов Д.В.,^б Сиголаева Л.В.^б

*^аФакультет наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы 1/73
e-mail: n.s.rudakov@yandex.ru*

^бХимический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы 1/3

Полидиметиламиноэтилметакрилат (ПДМАЭМА) представляет собой pH- и термочувствительный полимер, способность которого изменять свой гидрофильно-гидрофобный баланс в ответ на изменение условий окружающей среды (pH и температуры) позволяет ему легко адаптироваться к поверхностям различной природы и формировать на них функциональные покрытия (плёнки). В частности, наличие в составе ПДМА-ЭМА третичных аминогрупп придает таким покрытиям способность связывать (электростатическая иммобилизация) значительные количества биомолекул, в том числе ферментов.

В данной работе методами пьезоэлектрического микровзвешивания с мониторингом диссипации и атомно-силовой микроскопии были исследованы формирование и свойства полимер-ферментных покрытий на основе ПДМАЭМА и глюкозооксидазы. Обнаружено, что при pH 10 ПДМАЭМА образует практически сплошные и устойчивые плёнки на проводящих поверхностях (золото, графит), которые при pH 7 приобретают положительный заряд и способность связывать значительные количества глюкозооксидазы (pI 4,3).

Для создания электрохимических ферментных биосенсоров для анализа глюкозы поверхность планарных графитовых электродов была последовательно модифицирована пероксидчувствительным медиатором (наночастицами диоксида марганца), ПДМАЭМА (адсорбция при pH 10, 25 °C или 40 °C) и глюкозооксидазой (адсорбция при pH 7, 25 °C). Методом амперометрии показано, что они обладают хорошими аналитическими характеристиками: высокой чувствительностью (25 °C: $4 \cdot 10^{-2} \text{ А} \cdot \text{М}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, 40 °C: $7 \cdot 10^{-2} \text{ А} \cdot \text{М}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$), низким пределом обнаружения (25 °C: 0,2 мкМ, 40 °C: 0,1 мкМ), широким линейным диапазоном (0,1 мкМ – 0,3 мМ) и высокой операционной стабильностью (-0,1 %).

Экспериментальные результаты (пьезоэлектрическое микровзвешивание с мониторингом диссипации и атомно-силовая микроскопия) были получены с использованием оборудования, приобретённого по Программе развития МГУ им. М.В. Ломоносова.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВОГО КЛАССА АМФИФИЛЬНЫХ КАРБОСИЛАНОВЫХ ЯНУС-ДЕНДРИМЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Рыжков А.И.^{а,в}, Дроздов Ф.В.^{б,в}, Черкаев Г.В.^б, Музафаров А.М.^{а,б}

^аИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
119334, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 28

^бИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН
117393, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 70

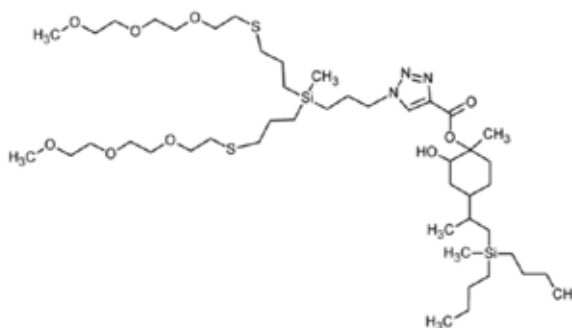
^вЦентр Национальной технологической инициативы «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества» МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, Россия, г. Москва, Лефортовская набережная, д. 1
e-mail: ryzhkov@ispm.ru

Янус-дендримеры представляют собой молекулы, получаемые посредством соединения двух дендронов различных размеров или обладающих различными химическими свойствами.

Целью работы является получение библиотеки амфифильных карбосилановых дендримеров и изучение процесса их самоорганизации.

В качестве базового вещества для получения Янус-дендримеров был выбран природный терпен, лимонен. В работе¹ была показана возможность селективного проведения реакции гидросилилирования лимонена. В работе² показана возможность дальнейшей функционализации лимоненовых монодендронов путем введения различных функциональных групп.

В данной работе представлен метод синтеза Янус-дендримеров посредством реакции азид-алкинового циклоприсоединения.



Литература

1 Ryzhkov A. I., Drozdov F. V., Cherkaev G. V. et al. *Polymers*. 2022, **14**, 3279.

2 Ryzhkov A. I., Drozdov F. V., Cherkaev G. V. et al. *Applied Sciences*. 2023, **13**, 2121.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 22-13-00459).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЛКОГОЛИЗА ПОЛИКАРБОНАТА И СИНТЕЗ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТА ДЕСТРУКЦИИ

Садеков Б.Г., Бакирова И.Н.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, Карла Маркса 68,
e-mail: sadekov4@mail.ru*

Увеличение объемов производства поликарбоната (ПК) приводит к накоплению отходов производства и потребления. Одним из эффективных способов переработки указанных отходов является химическая деструкция методом алкоголиза, позволяющая восполнять сырьевую базу гидроксилсодержащих соединений.

Цель работы: исследование кинетики процесса алкоголиза ПК под действием диэтиленгликоля (ДЭГ) и возможности использования продукта деструкции в синтезе ПУ покрытий.

Соотношение $[\text{звено ПК}]/[\text{ДЭГ}]=1/2$. Контроль за процессом алкоголиза осуществляли с момента гомогенизации системы по динамической вязкости. Установлено, что химическая деструкция ПК последовательно протекает через несколько стадий. Первоначально наблюдается короткое плато с относительно высоким значением вязкости, очевидно, связанное с образованием олигомерных продуктов. Последние в дальнейшем быстро деструктируют на более мелкие фрагменты с меньшей вязкостью. На второй стадии система выходит в равновесное состояние и образующийся продукт алкоголиза поданным ИК-спектроскопии и ГХМС преимущественно представляет смесь бисфенола А и бис[2-(2-гидроксиэтокси)этил] карбоната. Снижение вязкости системы на третьей стадии связано с термодеструкцией продуктов алкоголиза второй стадии с образованием фенола, изопропенилфенола и ДЭГ.

Продукт деструкции $[\text{звено ПК}]/[\text{ДЭГ}]=1/2$ был апробирован в синтезе ПУ гидроизоляционных покрытий. Испытания показали, что композиция на основе выше указанного продукта, изоцианатного компонента и целевых добавок быстро теряла текучесть из-за высокого содержания ОН-групп в деструктате. В этой связи алкоголиз ПК проводили под действием политетрагидрофурана молекулярной массы 650 (ПТГФ650). Использование продукта $[\text{звено ПК}]/[\text{ПТГФ650}]=1/2$ позволила получить ПУ композицию с достаточно высокой жизнеспособностью, а покрытие на ее основе по физико-механическим показателям превосходило промышленный аналог, в состав которого входил ПТГФ650.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта в виде субсидий программы академического лидерства «Приоритет 2030».

ГЕТЕРОЦЕНОВЫЙ КАТАЛИЗ В СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПОЛЯРНЫХ ВИНИЛОВЫХ МОНОМЕРОВ

Садртдинова Г.И.^{1,2}, Овчинникова В.И.^{1,3}

¹ Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 29,
e-mail: sadrtdinova2001@bk.ru

² Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики",
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20,

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы, 1–3

Полиолефины являются наиболее распространенными синтетическими полимерами (более 60% мирового рынка пластика, годовое производство более 200 Мт). Сополимеризация α -олефинов с ω -алкенильными спиртами, эфирами, производными карбоновых кислот позволяет вводить полярные группы в структуру полиолефинов. Источником полярных виниловых мономеров может служить возобновляемое растительное сырьё. Поиск эффективных каталитических решений для сополимеризации α -олефинов с полярными мономерами – актуальная и нетривиальная научная проблема. Нам удалось решить эту проблему, используя гетероценовые катализаторы (рис. 1).

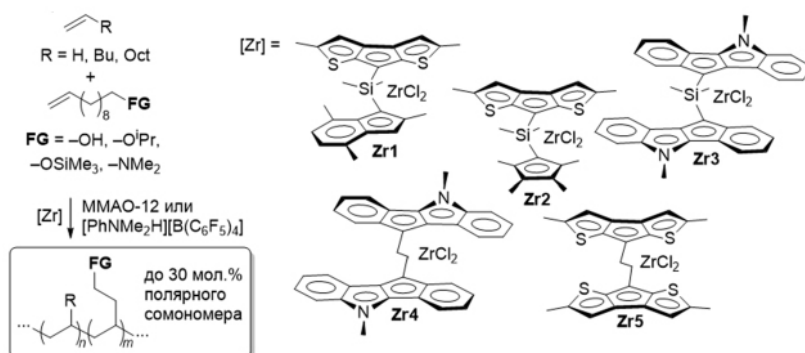


Рисунок 1. Получение полиолефинов с полярными функциональными группами.

Полученные сополимеры этилена, гексена-1 и децена-1 с полярными мономерами охарактеризованы с использованием спектроскопии ЯМР (микроструктура) и ГПХ (молекулярно-массовые характеристики), впервые изучены реологические и адгезионные свойства сополимеров α -олефинов с полярными сомономерами $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{-FG}$.

Работа выполнена при поддержке РФФ, грант № 21-73-30010.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ TiO_2 НА СВОЙСТВА ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ

Зайцев С.Д., Смирнова Л.А., Зарубин Д.М., Саломатина Е.В.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, Нижний Новгород, проспект Гагарина 23
e-mail: smirnova_la@mail.ru*

Одноразовая полимерная упаковка вносит существенный вклад в ухудшение экологической ситуации во всем мире. Одним из возможных путей снижения нагрузки на окружающую среду является создание биоразлагаемых упаковочных материалов на основе природных полисахаридов – крахмала (КР) и хитозана (ХТЗ), которые добываются из возобновляемых источников сырья, являются биосовместимыми и биodeградируемыми. Однако применение полисахаридов сдерживается их низкими физико-механическими характеристиками. Одним из перспективных путей повышения прочности КР и ХТЗ является их модификация наночастицами (НЧ) TiO_2 .

В работе получены прозрачные пленочные материалы на основе ХТЗ и КР, модифицированные НЧ TiO_2 , изучены их физико-механические, антибактериальные, барьерные свойства и способность к биodeградации. Проведена модификация КР проводилась путем привитой полимеризации акриламидом (АА), а ХТЗ – энантио-вым альдегидом. Отработаны условия совмещения модифицированных ХТЗ с КР в водно-кислотных растворах. НЧ TiO_2 со средними размерами от 20 до 920 нм получены из $\text{Ti}(\text{OPr})_4$ по золь-гель технологии. В пленки полисахаридов вводили от 0,5 до 10 масс.% TiO_2 . Установлено, что присутствие НЧ TiO_2 в пленках ХТЗ существенно увеличивает его прочность при разрыве, достигая 122,4 МПа при деформации 11,7 % при концентрации TiO_2 до 3% против 24 МПа и 3,4 % для исходного ХТЗ. Более того, аналогичная тенденция была обнаружена и для пленок на основе смесей ХТЗ с сополимером КР:АА, содержащих глицерин в качестве пластификатора, – их прочность достигала 30 МПа при деформации 12 %, что превышает соответствующие показатели пленок на основе модифицированного КР, представленные в литературе – 15 МПа, и синтетических упаковочных материалов – 22 МПа. Пленки являются биodeградируемыми и разлагаются на 50 % в течение 28 дней под действием грибка *Aspergillus Niger*. Выявлена антибактериальная активность материалов по отношению к *Staphylococcus Aureus* и *Escherichia Coli*. Барьерные свойства полученных пленок превышают показатели синтетических пленок, используемых в упаковке.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 23-13-00342.

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА: СВОЙСТВА И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

**Самсонов Д.А.,^а Щеглов П.А.,^а Павленков А.Б.,^а
Сидоров Ю.М.,^а Саморядов А.В.^б**

^аАО «Научно-производственное объединение «Прибор»
им. С.С. Голембиовского», 117587, Москва, Кировоградская ул., 1,
e-mail: d@samsonov-work.ru

^бМежведомственный центр аналитических исследований в области физики,
химии и биологии при Президиуме РАН, 117342, Москва, Профсоюзная ул., 65, стр. 6

Изучены физико-механические характеристики отечественных материалов на основе полифениленсульфида¹ в сравнении с ранее применяемыми материалами. Проведено апробирование материалов в промышленных условиях для изготовления миниатюрных ответственных деталей сложной геометрической формы, являющихся составными частями электронно-механических устройств специальной техники, функционирующей в экстремальных условиях²⁻⁴, в том числе в химически агрессивных средах и при высоких динамических нагрузках (рисунок 1).

Показана перспективность материалов на основе полифениленсульфида для создания эффективных производств высокотехнологичной продукции с улучшенными функциональными характеристиками.

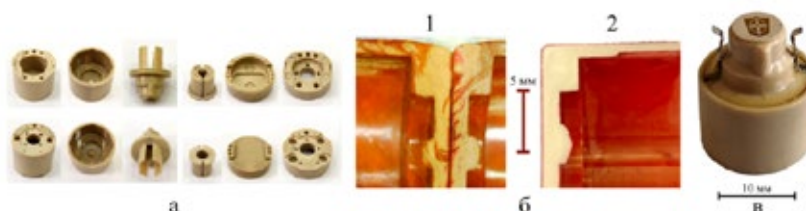


Рисунок 1. а – Внешний вид миниатюрных деталей; б – сравнение степени дефектности детали из пресс-материала АГ-4В (1) и литьевого материала Терморан ПФС СВ-40 (2) цветным капиллярным методом дефектоскопии; в – внешний вид источника тока для электронно-механических устройств.

Литература

1. ТУ 20.16.59-001-01531596-2018 (технические условия). ООО «Терморан», 2018.
2. Голембиовский В.С., Есиев Р.У., Колпашиков Ю.В. и др. Патент 2487313 РФ, 2012.
3. Щеглов П.А., Самсонов Д.А., Павленков А.Б. и др. *Пластические массы*, 2023, 3-4, 39. doi:10.35164/0554-2901-2023-3-4-39-43
4. Shcheglov P.A., Samsonov D.A., Pavlenkov A.B., et al. *Chimica Techno Acta*, 2024, 11, 202411103. doi:10.15826/chimtech.2024.11.1.03

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ МОНОНАТРИЙОКСИМЕТИЛ (ДИЭТОКСИ)СИЛАНА

Селифонова А.А.,^а Обрезкова М.А.,^а Музафаров А.М.^{а,б}

^аИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, Профсоюзная улица 70,
e-mail: selifonova@ispm.ru

^бИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук, 119334, Москва, Вавилова улица, 28 стр. 1

Молекулярные щетки – уникальные полимерные системы ввиду их специфического строения, относящиеся к макромолекулам-частицам¹. Несмотря на огромное количество публикаций, в литературе встречается достаточно мало информации о синтезе чисто силоксановых молекулярных щеток. В первую очередь это связано со специфическим поведением силоксановой связи ко многим подходам, применяемым в синтезе молекулярных щеток органической природы. Согласно анализу литературы² наиболее подходящим на сегодняшний день методом синтеза чисто силоксановых молекулярных щеток можно считать метод «прививки к».

В данной работе мы представляем синтез силоксановой полифункциональной полимерной матрицы методом гидролитической поликонденсации (ГПК) мононатрийоксиметил(диэтоксисилана в среде органических растворителей, таких как метанол, этанол, пропан-2-ол и бутанол. Также в работе будет рассмотрено влияние концентрации мономера ГПК на молекулярно-массовые характеристики и химическое строение получаемых полимеров.

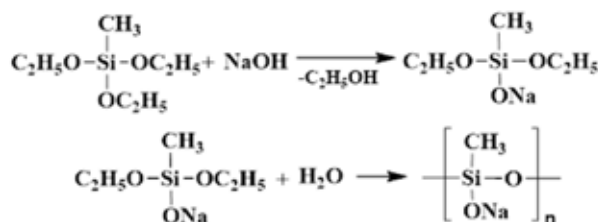


Рисунок 1. Схема синтеза поли(натрийокси)метилсилоксана, в основе которой лежит реакция гидролитической поликонденсации моно(натрийокси)метилдиэтоксисилана

Литература

1. Muzafarov A.M., Vasilenko N.G., Tatarinova E.A., Ignat'eva G.M., Myakushev V.M., Obrezkova M.A., Meshkov I.B., Voronina N.V., Novozhilov, O. V. *Polymer Science Series C*, 2011, **53**, 48.
2. Обрезкова М.А., Селифонова А.А., Ревенко В.К., Музафаров А.М. *Известия Академии наук. Серия химическая*, 2023, **73**, 283.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 24-23-00565.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ЯМР ИОННОЙ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПОДВИЖНОСТИ В ПОЛИСТИРОЛСУЛЬФОКИСЛОТЕ И ЕЕ СОЛЯХ

Слесаренко Н.А.,^а Билык С.А.,^{а,б} Черняк А.В.,^{а,в} Волков В.И.^{а,б}

^аФедеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН, 142432, Черноголовка, пр.акад. Семенова, 1,
e-mail: n.slesarenko@icp.ac.ru

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

^вИнститут физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН, 142432, Черноголовка, улица Академика Осипьяна, 2,

Результаты исследований низкомолекулярных водных растворов хлоридов металлов способствовали интерпретации данных в ионнообменных мембранах¹. Водные растворы электролитов являются несшитыми полимерными аналогами мембран. Исследование таких систем даст понимание механизмов ионного транспорта и формирования транспортных каналов в мембранах.

Для получения уникальной информации о структурных и динамических характеристиках сложных молекулярных систем успешно используется ЯМР².

Исследованы пленки полистиролсульфокислоты и ее Li-, Na-, Cs-солей, которые, по нашему мнению, являются моделями ионогенной части сульфокатионообменных мембран³. Получено хорошее согласие данных коэффициенты самодиффузии молекул воды и катионов лития, измеренных ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля, с коэффициентами самодиффузии, рассчитанными из данных спин-решеточной релаксации. Эти результаты аналогичны поведению воды и катионов в сульфокатионообменных мембранах и смолах.

Литература

1. Volkov V.I., Chernyak A.V., Golubenko D.V., Tverskoy V.A., Lochin G.A., Odjigaeva E.S., Yaroslavl'tsev A.B. *Membranes*. 2020, **10**, 272.
2. Volkov V.I., Slesarenko N.A., Chernyak A.V., Avilova I.A., Tarasov V.P. *Membranes*, 2023, **13**, 518
3. Bilyk, S.A., Tverskoy, V.A., Chernyak, A.V., Avilova, I.A., Slesarenko N.A., Volkov V.I. *Membranes*, 2023, **13**, 725

Измерения выполнены с использованием оборудования Аналитического центра коллективного пользования ФИЦ ПХФ и МХ РАН и Центра коллективного пользования НЦЧ ИФТТ РАН, г. Черноголовка. Работа выполнена по теме Государственного задания. Номер государственной регистрации 124013000743-3 (FFSG-2024-0008).

ВЛИЯНИЕ КОНФОРМАЦИИ ЦЕПЕЙ ПОЛИМЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, ПРИВИТЫХ К ПОЛИФЛУОРЕНУ, НА ЕГО ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Некрасова Т.Н., Смыслов Р.Ю., Каскевич К.И., Якиманский А.В.

Институт высокомолекулярных соединений РАН, ПИЯФ НИЦ «Курчатовский институт»,
Санкт-Петербург, Большой пр-т, д. 31
e-mail: polar@macro.ru

Интерес к исследованию амфифильных полимерных щеток с основной цепью полифлуорена и боковыми цепями полиметакриловой кислоты (ПФ-прив-ПМАК) обусловлен как уникальной топологической структурой и привлекательными физико-химическими свойствами, различной функциональностью ядра и оболочки, так и перспективами их использования в медицине и биотехнологии в качестве наноконтейнеров для направленной доставки лекарств, сенсоров для диагностики различных заболеваний.

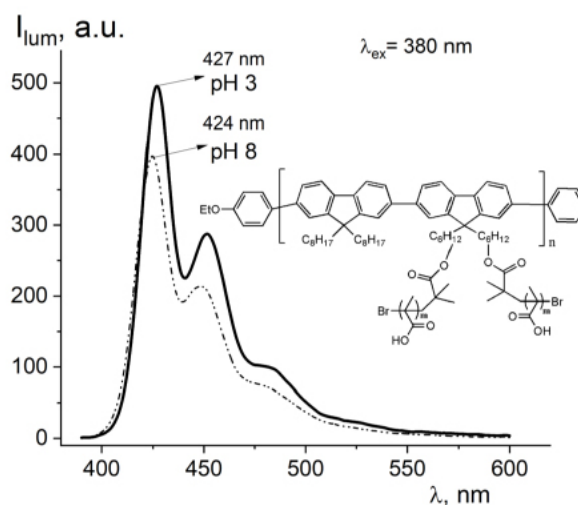


Рисунок. Спектры фотолюминесценции водных растворов ПФ-прив-ПМАК при изменении степени ионизации ПМАК.

Наблюдаемые изменения в спектрах фотолюминесценции (ПФ-прив-ПМАК) при увеличении pH раствора – гипсохромный сдвиг максимумов полос люминесценции на 3–4 нм (рисунок), уменьшение их интенсивности в 1.4–1.3 раза связаны с конформационным переходом в макромолекулах привитых цепей, приводящим к изменению взаимодействий как между звеньями ПМАК, так и со звеньями основной цепи. В линейных и привитых к полиимиду цепях ПМАК этот конформационный переход сопровождается существенным изменением наносекундных времен релаксации, характеризующих подвижность цепей ПМАК [1].

Литература

1. Паутов В.Д., Некрасова Т.Н., Ананьева Т.Д., Мелешко Т.К., Ильгач Д.М., Якиманский А.В. *Высокомолек.соед.*, А, 2013

СИНТЕЗ СИЛОКСАНОВЫХ ГРЕБНЕОБРАЗНЫХ ПОЛИМЕРОВ С ПЕРФТОРИРОВАННЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Солодухин Д.А.^{1,2}, Шкинёв П.Д.¹, Дроздов Ф.В.¹, Музафаров А.М.¹

¹Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН

²Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

E-mail: solodukhin.da@phystech.edu

Гребнеобразные полимеры – это высокомолекулярные соединения, макромолекулы которых содержат боковые ответвления.

На основе силоксановых гребнеобразных полимеров и молекулярных щеток были получены полимеры, которые используют в таких областях, как генная терапия и 3Д-биопечать, а также они играют огромную роль в химической и медицинской промышленности¹.

В качестве заместителя в наших гребнеобразных полимеров было решено ввести перфторалкильный заместитель, поскольку при введении перфторалкильных компонентов в силоксаны изменяются их свойства. Они обладают масло- и термостойкостью, а также имеют расширенный диапазон рабочих температур.

В нашем исследовании мы выбрали димер гексафторпропилена и F_3 как одни из наиболее коммерчески доступных и легко модифицируемых фторорганических соединений. Стоит подчеркнуть, что перфторалкильные производные на основе димера гексафторпропилена и F_3 не включены в Стокгольмскую конвенцию о пер- и полифторалкильных веществах (PFAS), которые наносят серьезный вред окружающей среде. Таким образом, их использование оправдано с точки зрения экологической безопасности².

Таким образом, целью работы является получение силоксановых гребнеобразных полимеров с перфторалкильными заместителями.

Литература

1. Zhang, M. Cylindrical polymer brushes / M. Zhang, A. H. E. Müller // Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry – 2005 - V. 43 – P. 3461–3481
2. Fedor V. Drozdov, Alena L. Krapivko, Georgij V. Cherkaev, Lev L. Gervits, Nikolaj A. Yashtulov, Alexandra A. Kalinina, Aziz M. Muzafarov, Journal of Organometallic Chemistry, Volume 921, 2020

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант номер 22-13-00459)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЕРЕХОДА К РАЦИОНАЛЬНЫМ АГРОТЕХНОЛОГИЯМ

Сорокин А.В., Журавлев И.А., Лавлинская М.С.

*Воронежский государственный университет, 394018, Воронеж, Университетская площадь 1
e-mail: andrew.v.sorokin@gmail.com*

Продовольственная безопасность является одним из ключевых факторов поддержания суверенитета и устойчивого экономического развития Российской Федерации. Поэтому развитие современных агротехнологий, независимое от импортных товаров, является критически важным для сохранения экономической безопасности РФ.

Современные агротехнологии требуют применения значительного количества специализированных препаратов - средств защиты растений, стимуляторов роста и т.д. Большинство из этих веществ гидрофобны, что вынуждает вносить препараты чаще и в большем количестве, что может привести к накоплению токсичных веществ в продукции. Потенциальным решением проблемы может являться создание нового поколения суперабсорбентов, способных пролонгировано высвобождать действующее вещество непосредственно в прикорневой зоне, а также накапливать и по необходимости отдавать влагу и минеральные вещества для растения.

Была синтезирована серия композиционных суперабсорбентов. В качестве модельного препарата для исследования была выбрана индолил-3-уксусная кислота – широко применяемый стимулятор роста растений. В ходе эксперимента экспланты березы пушистой *Betula pubescens* пересаживались в естественный грунт, содержащий набухший суперабсорбент. Было исследовано влияние суперабсорбентов с добавлением стимулятора роста и без него на рост растений. По результатам исследования установлено, что внесение в грунт композиционного суперабсорбента, содержащего стимулятор роста, приводит к статистически значимому увеличению среднего количества листьев на растении, по сравнению с контролем. При этом, для небioresлагаемого суперабсорбента, содержащего стимулятор роста, такого эффекта не наблюдалось.

Таким образом, композиционные суперабсорбенты могут иметь потенциал для применения в качестве носителей для пролонгированного высвобождения биологически активных веществ в растениеводстве.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 24-23-20008

ПЕРВЫЕ ШАГИ НА ПУТИ К ПОЛУЧЕНИЮ МОДЕЛИ ФОРМОВАНИЯ ПЛЕНОК ИЗ РАСТВОРОВ ПОЛИСАХАРИДОВ В СМЕШАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Успенский С.А.^{1,2}, Поцелеев В.А.^{1,2}, Хаптаханова П.А.^{1,2}

¹ *Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова,
117373, г. Москва, Профсоюзная ул., д.70*

e-mail: uspenskii@ispm.ru

² *Международный научно-исследовательский центр инновационных
технологий Мартинекс, 111123, г. Москва, ул. Павловская, д.7*

e-mail: uspenskii@martinex.ru

В работе представлены результаты исследований [1, 2], посвященные установлению скорости испарения растворителя и оценки шероховатости поверхности пленочных материалов, полученных из растворов на основе хитозана с использованием смешанных растворителей [3], содержащих этиловый спирт. Скорости испарения растворителя вычисляли исходя из модели формирования тонких пленок методом центрифугирования. Для растворов хитозана скорость испарения растворителя вода-уксусная кислота-этиловый спирт на три порядка выше, чем водно-уксусных растворов.

Проведены сравнительные исследования топологии поверхности пленок, сформированных из водных и водно-спиртовых растворов полисахаридов хитозана. Установлено, что в присутствии спирта шероховатость поверхности снижается для пленок, полученных при комнатной температуре и возрастает при их отжиге.

Литература

1. S. A. Uspenskii, A. N. Sonina, G. A. Vikhoreva, A.O. Chernyshenko, A. S. Kechek'yan, E. S. Obolonkova, and L. S. Gal'braikh. *Fibre Chemistry*, Vol. 42., № 6, P. 359-363., 2011.
2. M.V. Maslova SA Uspenskii, LS Gal'Braikh, NR Kil'Deeva. *Fibre Chemistry*, Vol. 48., № 3., P. 253-257., 2016.
3. Вихоерва Г.А., Успенский С.А., Владимиров Л.В., Иванькова С.Ю., Гальбрайх Л.С., патент № RU 2408746(13) С1.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема FFSM-2022-0003).

СИНТЕЗ ГИДРОГЕЛЕВОЙ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ЖЕЛАТИНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СИЛИЛИРУЮЩИМ АГЕНТОМ, ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Фомина Е.Д., Рябков Е.Д.

*МИРЭА – Российский технологический университет, Институт тонких химических технологий
им. М.В. Ломоносова, 119571, Москва, Проспект Вернадского, 86
e-mail: fomina.ed12@gmail.com*

Гидрогели представляют собой сшитые трехмерные полимерные сети, способные значительно набухать в воде и формировать нерастворимые структуры¹. В данной работе рассматривается синтез гидрогелевой мембраны на основе модифицированного желатина.

В качестве модификатора желатина используется (3-изоцианатопропил)триэтоксисилан. Синтез осуществляется из (3-аминопропил)триэтоксисилана.

(3-Изоцианатопропил)триэтоксисилан взаимодействует с лизиновыми боковыми цепями желатина в присутствии N,N-диизопропилэтиламина с образованием полимера с боковыми силоксановыми группами. Сшивку проводят в присутствии фторида натрия².

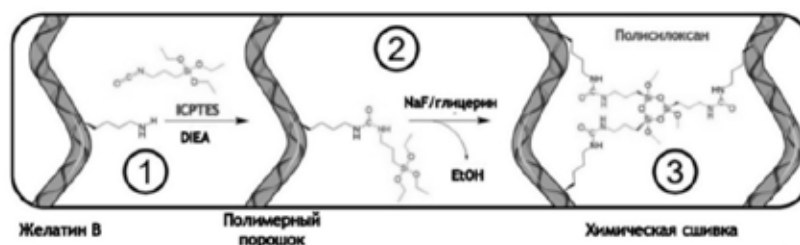


Рисунок 1. Схема синтеза гидрогеля

Важно отметить, что для работы был выбран желатин типа В, отличающийся низкой силой цветения и малым содержанием эндотоксинов, которые являются цитотоксическими липополисахаридами.

За счет образования силоксановых связей был получен жесткий гидрогель. Полученный материал характеризуется биосовместимостью, что делает возможным использование данного материала в качестве мембраны медицинского сенсора.

Литература

1. Hu, L., Chee, P. L., Sugiarto, S., Yu, Y., Shi, C., Yan, R., Yao, Z., Shi, X., Zhi, J., Kai, D., Yu, H. D., & Huang, W. (2023). Hydrogel-Based Flexible Electronics. *Advanced materials* (Deerfield Beach, Fla.), 35(14), e2205326
2. Simon, M., Maumus, M., Legrand, B., Sole, L., Dufaud, M., Mehdi, A., Jorgensen, C., Noël, D., & Subra, G. (2023). Gelatin modified with alkoxysilanes (GelmSi) forms hybrid hydrogels for bioengineering applications. *Biomaterials advances*, 147, 213321

ПДМС/MQ КОМПОЗИТЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ АКТЮАТОРОВ

Хмельницкая А.Г., Казарян Г.С., Калинина А.А.,
Пономаренко С.А., Музафаров А.М.

*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской Академии Наук,
117393, Москва, Профсоюзная улица, 70,
e-mail: alina.khmelnitskaya@ispm.ru*

В последние годы исследования в области полимерной химии направлены на создание новых мягких материалов, чувствительных к внешним воздействиям, для использования их в мягкой робототехнике. Одними из активно развиваемых и востребованных материалов в полимерной робототехнике являются диэлектрические эластомерные актюаторы (ДЭА).¹⁻³

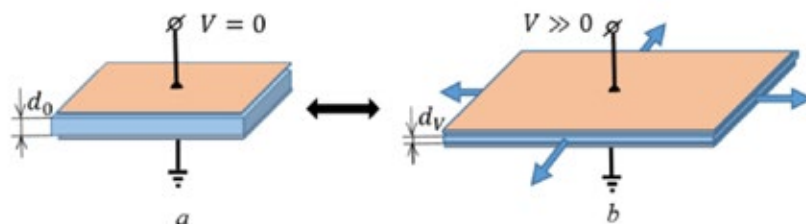


Рисунок 1. Принцип работы ДЭА

Ранее было наглядно продемонстрировано, что эффективность работы ДЭА зависит от соотношения диэлектрической проницаемости эластомерного материала к модулю Юнга $\frac{\epsilon_r}{Y}$.

В данной работе будут представлены результаты исследования использования молекулярных композитов на основе высокомолекулярного полидиметилсилоксанового каучука (ПДМС) и MQ-сополимеров в качестве ДЭА. Обнаружено, что несмотря на низкую диэлектрическую проницаемость, данные композиты демонстрируют лучшие значения параметра $\frac{\epsilon_r}{Y}$ по сравнению с другими немодифицированными силиконовыми материалами, в том числе и коммерческими доступными, что в совокупности с широкими возможностями по модификации ПДМС/MQ композитов, обуславливает перспективность их дальнейшего использования в качестве основы для создания ДЭА с низким значением напряжения актюации.

Литература

1. Bezsudnov, I. V., Khmelnitskaia, A. G., Kalinina, A. A., & Ponomarenko, S. A. *Uspehi himii*, 2023, **92**(2), 1-44.
2. Sheima, Y., Venkatesan, T. R., Frauenrath, H., & Opris, D. M. *Journal of Materials Chemistry C*, 2023, **11**(22), 7367-7376.
3. Opris, D. M. *Advanced Materials*, 2018, **30**(5), 1703678.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 19-73-30028-П.

СИНТЕЗ СОПРЯЖЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ТРИФЕНИЛАМИНА С РАЗЛИЧНЫМИ БОКОВЫМИ ЭЛЕКТРОНОАКЦЕПТОРНЫМИ ГРУППАМИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ГИБРИДНОЙ ФОТОВОЛЬТАИКЕ

Чуйко И.А., Калиниченко А.К., Лупоносов Ю.Н.

*Институт синтетических полимерных материалов имени Н.С. Ениколопова РАН,
117393, Москва, улица Профсоюзная, 70
e-mail: chuyko@ispm.ru*

На сегодняшний день разработан широкий спектр органических дырочно-транспортных материалов, используемых в перовскитных солнечных батареях¹. Среди них, благодаря наличию таких свойств, как высокая термическая стабильность, высокая температура стеклования, хорошая растворимость в органических растворителях, улучшенная адгезия к подложке, особое внимание уделяется полимерам на основе производных трифениламина (ТФА). Полимеры донорно-акцепторного (Д-А) строения являются одними из наиболее перспективных материалов. Вводя в структуру полимеров различные электроноакцепторные группы, можно эффективно регулировать оптоэлектронные свойства материалов: область поглощения света, энергию уровней ВЗМО и НСМО, подвижность зарядов, и тем самым улучшать выходные параметры органических перовскитных солнечных батарей².

Наиболее простой метод синтеза полимеров на основе ТФА – окислительная полимеризация с FeCl_3 ³. Такой метод не требует использования дорогостоящих катализаторов и токсичных элементоорганических соединений. В работе представлен синтез методом окислительной полимеризации новых полимеров на основе ТФА Д-А строения, описаны их свойства, а также представлены первичные данные, собранные при исследовании материалов в устройствах оптоэлектроники.

Литература

1. Zhang C., Wei K., Hu J., Cai X., Du G., Deng J., Luo Z., Zhang X., Wang Y., Yang L., Zhang J. *Materials Today*, 2023, **67**, 518.
2. Kim Y., Jung E.H., Kim G., Kim D., Kim B.J., Seo J. *Advanced Energy Materials*, 2018, **8**, 1801668.
3. Luponosov Y.N., Solodukhin A.N., Chuyko I.A., Peregodova S.M., Ponomarenko S.A. *New Journal of Chemistry*, 2022, **46**, 12311.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (договор № 075-15-2024-532-2 в рамках гранта № 075-15-2024-532).

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО-КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА СЕВЕРА

Соколова М.Д., Шадрин Н.В., Петрова П.Н.

*ФИЦ Якутский научный центр СО РАН обособленное подразделение
Институт проблем нефти и газа СО РАН, 677007, Якутск, ул. Автодорожная 20,
e-mail: nshadrinov@gmail.com*

Разработка полимерных материалов арктического назначения [1], предназначенных для применения в условиях слаборазвитой транспортной и производственной инфраструктуры северных территорий, требует особого подхода в обеспечении их надежности и эффективности функционирования. Комплексное воздействие на материал значительных перепадов температур в течение года, включая крайне низкие до -60 оС, высокой солнечной радиации и др. факторов, может стать причиной преждевременной потери работоспособности полимерных деталей и изделий при эксплуатации.

В представляемой работе будут представлены результаты многолетнего комплексного исследования влияния деструктивных факторов Севера на деградацию свойств и изменение структуры полимерных и полимерных композиционных материалов, проведенных на территории климатического полигона Института проблем нефти и газа СО РАН в г. Якутске [2-4].

Литература

1. Бузник В.М., Василевич Н.И. Материалы для освоения арктических территорий - вызовы и решения // Лаборатория и производство, 2020, № 1 (11), с. 98–107.
2. Федорова А.Ф., Давыдова М.Л., Шадрин Н.В., Борисова А.А., Федоров А.Л., Антоев К.П., Халдеева А.Р., Павлова В.В. Исследование изменения свойств уплотнительных резин в условиях воздействия углеводородной среды и температурного режима // Природные ресурсы Арктики и Субарктики, 2022, Т. 27, № 2, с. 316-326.
3. Петухова Е.С., Федоров А.Л., Аргунова А.Г. Исследование механизмов деградации полиэтилена при продолжительном воздействии естественных климатических факторов // Высокомолекулярные соединения. Серия Б, 2023, Т. 65, № 5, с. 392–402.
4. Колесова Е.С., Гоголева О.В., Петрова П.Н. Разработка полимерных композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена с высокой стабильностью свойств в условиях резко-континентального климата // Природные ресурсы Арктики и Субарктики, 2021, Т. 26, № 4, с. 122-131.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (рег. № 122011100162-9) с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИФЕНИЛСИЛСЕСКВИОКСАНОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПРЕКУРСОРОВ РАЗЛИЧНОГО СТРОЕНИЯ

**Шакирова А.Р.^{а,б}, Ершова Т.О.^а, Манохина Е.А.^а,
Щеголихина О.И.^а и Музафаров А.М.^{а,в}**

^аИнститут элементоорганических соединений РАН, 119334, г. Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1

^бМосковский физико-технический институт, 141700 Московская область,
г. Долгопрудный, Институтский переулок, 9
e-mail: albina.shakirova@yandex.ru

^вИнститут синтетических полимерных материалов РАН, 117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 70

Лестничные полифенилсилсесквиоксаны – класс кремнийорганических соединений, обладающий рядом физико-химических свойств. Классический способ получения л-ПФСС является трудоемким.¹ Поэтому поиск новых способов получения полимеров данного класса является актуальной задачей. Ранее в ИНЭОС РАН был разработан и оптимизирован метод синтеза л-ПФСС путем конденсации *cis*-[PhSi(O)OH]₄ в среде аммиака, который выступает в качестве растворителя и катализатора.² Цель работы: синтез и исследование свойств л-ПФСС, полученных из прекурсоров различного строения. В качестве исходных мономеров нами были выбраны *cis*-[PhSi(O)OH]₆ и PhSi(OH)₃ (Рис.1). В результате были получены растворимые высокомолекулярные л-ПФСС, способные образовывать прозрачные пленки. Структура и свойства полимеров были исследованы комплексом физико-химических методов анализа.

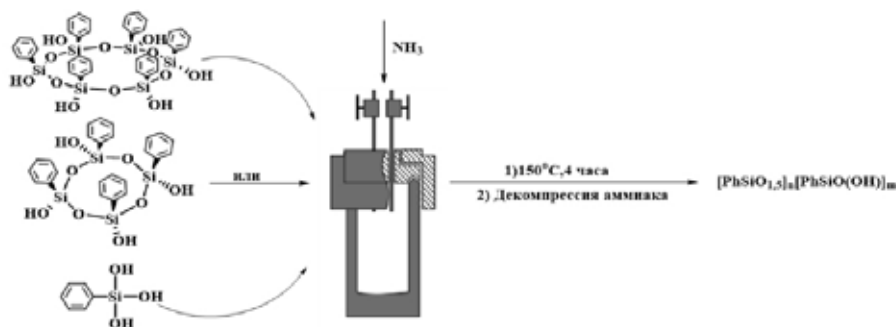


Рисунок 1. Общая схема синтеза л-ПФСС в среде аммиака

Литература

1. Brown J.F. et al. Double chain polymers of phenylsilsesquioxane // J. Am. Chem. Soc. 1960. Vol. 82, № 23. P. 6194–6195.
2. A.A. Anisimov et al. Condensation of all-*cis*-tetraphenylcyclotetrasiloxanetetraol in ammonia: new method for preparation of ladder-like polyphenylsilsesquioxanes// Mendeleev Commun., 2019, Vol. 29, P. 421–423.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант №21-73-20225)

СИНТЕЗ СИЛАНОВ И СИЛОКСАНОВ, СОДЕРЖАЩИХ МЕЗОИОННЫЕ ЗАМЕСТИТЕЛИ

Шакуров И.И., Транкина Е.С., Черепанов И.А., Фролова Н.Г.

*Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской Академии Наук,
119334, Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1,
e-mail: ivan-shakurov@mail.ru*

В современной химии кремнийорганических полимеров активно развивается направление синтеза новых полисилоксанов с разнообразными функциональными группировками в своей структуре, улучшающими прочностные характеристики материалов на их основе за счет различных типов межмолекулярных взаимодействий. Мезоионные соединения обладают уникальным электронным строением, необычными физико-химическими свойствами, а также широким спектром биологической активности. Введение их в структуру полиорганосилоксанов может не только улучшить межмолекулярное взаимодействие, а также придать характеристики несвойственные традиционным полимерам.

Одним из основных методов синтеза ПОС является гидролитическая поликонденсация (ГПК) алкоксисиланов, содержащих функциональные группы. Удобным способом введения различных функциональных группировок в органический заместитель при атоме кремния является реакция гидросилилирования. Процессы гидросилилирования находят широкое применение как в синтезе новых функционализированных силановых мономеров, так и при проведении химической модификации кремнийорганических полимеров.

Нами были изучены реакции гидросилилирования олефиновых производных сиднонов алкоксисиланами с последующей ГПК новых силановых мономеров (Рис. 1).

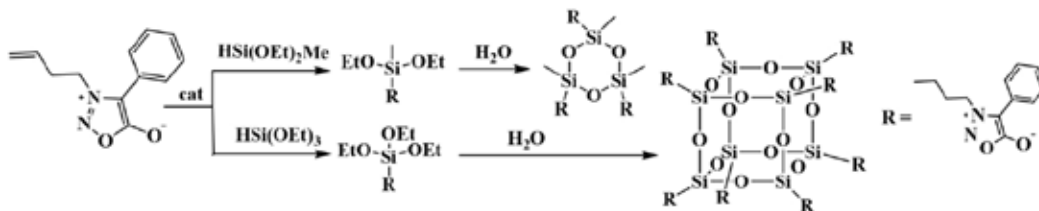


Рисунок 1. Схема реакций гидросилилирования олефиновых производных сиднонов с последующей ГПК.

Проведенная оптимизация условий процесса гидросилилирования (температура, время, загрузка катализатора) позволила получить с высокими выходами алкоксисиланы, содержащие сиднонильные заместители. ГПК полученных силанов приводит к образованию силоксанов преимущественно циклического строения, что было подтверждено данными ГПХ и ЯМР-Si спектроскопии.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫМ ПОЛИУРЕТАНОМ

Шаповалова Д.А., Борисов С.В.

*Волгоградский государственный технический университет,
Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28
e-mail: dariarinka@yandex.ru*

Полимерные связующие на основе эпоксидных смол, благодаря широкому спектру свойств материалов на их основе, пользуются повышенным спросом в ведущих отраслях промышленности. Вызывает интерес модификация термореактивных связующих с целью создания биполимерных матриц, в частности, путем растворения термопластов в эпоксидных олигомерах. При введении их в рецептуру происходит значительное увеличение вязкости, что влияет на технологичность и ограничивает использование высоких концентраций. Нами разработан подход, основанный на совмещении различных количеств термопластичного полиуретана (ТПУ) с триэтилентетрамином (ТЭТА) с последующим отверждением эпоксидной смолы ЭД-20 (патент РФ 2813712). Физико-механические характеристики полученных материалов достигают 110,6 МПа. Индекс сопротивления истиранию увеличивается на 0,95-2,31 единицы для модифицированных образцов.

Таким образом, целью работы является изучение морфологических особенностей материалов на основе эпоксидной полимерной смолы ЭД-20, отвержденной триэтилентетрамином, модифицированной термопластичным полиуретаном Экопур-Т (ООО ПФ "Аксиос-Джет"). Механически измельченный ПУ растворяли в ТЭТА при температуре 80 °С с периодическим перемешиванием в течение 24 часов. Полученные растворы с концентрацией ПУ от 20 до 30 масс.% использовали в качестве отвердителя эпоксидных смол. Микроскопия композиций на основе ТПУ, модифицированных ТЭТА, после выдержки при температуре 60°С показала наличие большого количества капель коацервата размером от 10 до 40 мкм. При температуре 20 °С капли коалесцируют в более крупные, размером до 400 мкм. В то же время в отвержденных образцах наблюдается присутствие микрогетерогенностей. Предполагается, что ТПУ, благодаря наличию атома водорода в азоте уретановой группы, способен образовывать химические связи с эпоксидным циклом в процессе отверждения. Условия подготовки модифицированного отвердителя будут оказывать влияние на структуру полимера.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (ФЗУС-2024-0001).

ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНЫ

Шарикова Н.А.,^а Дорогая А.И.,^б Столярова Д.Ю.^а

^аНациональный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
123098, Москва, площадь Академика Курчатова, 1
e-mail: nata_glushkova@bk.ru

^бМИРЭА – Российский технологический университет, институт тонких химических материалов,
119454, Москва, проспект Вернадского, 78

Электропроводящие полимерные композиционные материалы (ЭПКМ) обладают широким спектром применений, благодаря сочетаниям свойств различных полимеров и наполнителей. В настоящее время интерес вызывает разработка композитов, содержащих углеродные наполнители, например, технический углерод (ТУ), графен и функционализированный графен, углеродные нанотрубки, терморасширенный графит (ТРГ)¹.

В 1960-х годах было доказано влияние электрической стимуляции на рост, миграцию и дифференцировку различных типов клеток, а значит ЭПКМ могут находить свое применение в медицине в качестве каркасов для регенерации нервной, мышечной, сердечной и костной тканей.² Для таких применений важны как высокая удельная проводимость, так и развитая пористая структура материала, что делает создание таких материалов актуальной задачей.

В данной работе разработаны подходы к получению ЭПКМ на основе ацетата целлюлозы (АЦ) с добавлением ТУ, ТРГ и аминированного графена (АмГ). Свойства полученных материалов исследовали методами сканирующей электронной микроскопии, диэлектрической спектроскопии, Брунауэра, Эммета и Теллера (БЭТ), проведены механические испытания на сжатие. Также определен порог перколяции в данных материалах и посчитан модуль упругости (таблица 1).

Композит	АЦ/ТУ	АЦ/ТРГ	АЦ/АмГ
Максимальная УПП, м ² /г	45,4	10,4	10,4
Модуль Юнга, МПа	4,8 ± 0,5 5,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1	2,5 ± 0,3 2,5 ± 0,1
Порог перколяции, масс.%	15	25	22

Таблица 1. Характеристики материалов

Литература

1. Pang H. et al. *Progress in Polymer Science*, 2014, **39**, P. 1908-1933.
2. da Silva L. P. et al. *Trends in biotechnology*. 2020, **38**, P. 24-49.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ И САМООРГАНИЗАЦИИ АМФИФИЛЬНЫХ СТЕРЕОРЕГУЛЯРНЫХ ЦИКЛОСИЛОКСАНОВ

**Шкинёв П.Д.^{a,b}, Дроздов Ф.В.^{a,b}, Крылов Ф.Д.^a, Манохина Е.А.^c,
Анисимов А.А.^c, Щеголихина О.И.^c, Музафаров А.М.^{a,c}**

*^aИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН
117393, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 70*

*^bЦентр Национальной технологической инициативы «Цифровое материаловедение:
новые материалы и вещества» МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, Россия, г. Москва, Лефортовская набережная, д. 1*

*^cИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
119334, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 28
e-mail: shkinev@ispm.ru*

Амфифильные вещества различной природы и строения имеют применение практически в каждой сфере деятельности человека, поэтому была и всегда будет актуальной задача по созданию, изучению и поиску их новых применений. Помимо всех прочих силоксановые ПАВ нашли широкое применение, благодаря своим уникальным поверхностно-активным свойствам. В ходе данной работы на основе ранее полученных и отработанных в ИНЭОС РАН методик [1] темплатного синтеза стереорегулярных металлоциклосилоксанов был проведен синтез представительного ряда амфифильных стереорегулярных органоциклосилоксанов с фенильными заместителями при атоме кремния. Исследование монослоев данных соединений с использованием ванны Ленгмюра и их визуализация с помощью микроскопии под углом Брюстера позволили выявить ряд зависимостей самоорганизации стереорегулярных циклосилоксанов от их размеров и их стереорегулярности (полностью стереорегулярный или трис-цис/ трис-транс). Исследование равновесного давления растекания амфифильных стереорегулярных циклосилоксанов подтвердило зависимость термодинамически стабильного состояния монослоя от наличия спейсера между силоксановым кольцом и гидрофильной группой и от стереорегулярности цикла (полностью стереорегулярный или трис-цис/ трис-транс).

Список литературы

[1] O.I. Shchegolikhina, Y.A. Pozdnyakova, Y.A. Molodtsova et al.// Inorg. Chem. 2002. V41. №25. p.6892–6904

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (РНФ)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАЛИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Шурик Е.В., Мумятов А.В., Краевая О.А., Трошин П.А.

ФИЦ ПХФ и МХ РАН, 142432, Московская обл., Черноголовка, просп. академика Семенова д.1,
e-mail: elena.sh@icp.ac.ru

За последние два десятилетия значительно возрос интерес к разработке химических источников тока (ХИТ) с электродными материалами на основе органических малых молекул и полимеров. Органические материалы отличаются большим структурным многообразием, низкой стоимостью, доступностью сырья, возможностью вторичной переработки и относительно низкой токсичностью. Кроме того, органические материалы характеризуются облегченной диффузией ионов, что позволяет проводить редокс-превращения быстрее и с меньшей поляризацией - некоторые аккумуляторы на основе органических материалов достигают полного заряда за несколько минут или даже секунд, а не часов. Поэтому ХИТ на основе органических электродных материалов особенно привлекательны для приложений, где нужна высокая мощность.

В данной работе сообщается о синтезе полимеров **P1** и **P2** по реакции поликонденсации трихиноила и тетрааминофеназина (схема 1) и исследовании их свойств. В частности, электрохимические характеристики полученных материалов были изучены в составе калиевых источников тока. Полимеры **P1** и **P2** продемонстрировали высокие значения энергоемкости (>800 Втч кг⁻¹), что соответствует лучшим значениям для известных органических и неорганических катодов в калиевых источниках тока. Кроме того, аккумуляторы показали эффективную работу при низких температурах (до -55°C), что позволяет их использовать в условиях Арктики и для аэрокосмических приложений.

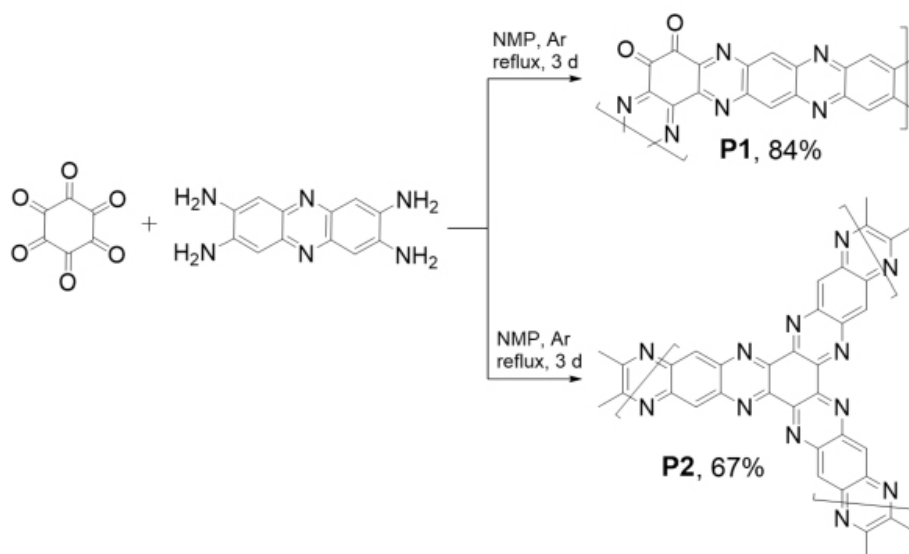


Схема 1. Синтез полимеров **P1** и **P2**

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2024-532).

An abstract, vibrant image featuring swirling, particle-like structures in shades of pink, red, orange, yellow, and purple against a dark blue background. The particles appear to be forming complex, organic shapes, possibly representing chemical reactions or molecular structures. The overall effect is dynamic and visually striking.

СЕКЦИЯ 9

ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОДГОТОВКИ ХИМИКОВ-ТЕХНОЛОГОВ

Тарасова Н.П., Додонова А.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
Институт химии и проблем устойчивого развития,
кафедра ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития»,
125047, Москва, Миусская пл., д. 9*

Действующая система организации высшего образования Российской Федерации вступает в новый этап реформирования в соответствии с требованиями времени¹.

Подготовка химиков-технологов в рамках высших учебных заведений в настоящее время решает задачу формирования специалистов, способных системно мыслить и принимать решения не только в рамках технологического процесса. Современный химик-технолог должен рассматривать химическую технологию как элемент коэволюции человека и окружающей среды в планетарном масштабе.

Абсолютным новатором в качественном реформировании образовательной системы России в конце XX века стал Г. А. Ягодин. Во многом современное образование для устойчивого развития формировалось именно под его руководством в стенах РХТУ имени Д.И. Менделеева².

Ситуация в России и в мире требует подготовки специалистов, нацеленных на получение продукции, обладающей конкурентноспособными характеристиками. Здесь нельзя обойтись уже просто оценкой качества продукта и его себестоимостью. Конкурентноспособный продукт должен быть «зеленым» по своей сути.

Уникальность настоящего момента заключается в возвращении к историческому опыту российской и советской системы высшего образования, дополненному достижениями в образовательных технологиях последних лет. Это можно рассматривать как внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) в образовательной среде. Концепция образования для устойчивого развития и ее реализация в РХТУ имени Д.И. Менделеева является одним из примеров таких НДТ³.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 12.05.2023 г. № 343 «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования» URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49210> (дата обращения 29.04.2024)
2. Оленева О.С., Ягодин Г.А. «Экология и устойчивое развитие. Программа, учебно-методический план и методические рекомендации по курсу.» М.: Изд-во «Флинта», Наука, 1998. 32 с.
3. Tarasova Natalia P., Dodonova Anna A., Zanin Alexey A. The Concept of Sustainable Development and the Principles of Green Chemistry as an Integral Part of the Modern Chemical Education System. Chemistry Education for a Sustainable Society Volume 2: Innovations in Undergraduate Curricula, American Chemical Society. (Washington, United States). P. 137–145

ХИМИЧЕСКИЕ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ. ВЗГЛЯД ВУЗОВСКОГО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Карлов С.С., Долженко В.Д., Калмыков С.Н.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, химический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 3,
e-mail: s.s.karlov@chemistry.msu.ru*

Химические олимпиады в Российской Федерации имеют давнюю историю. Первые подобные соревнования среди школьников были проведены в Москве и Ленинграде в 1938 году, первая Всероссийская олимпиада школьников прошла в Москве в 1964 году и в 1967 году была трансформирована во Всесоюзную олимпиаду, то есть в 2024 году был отмечен 60-летний юбилей олимпиадного движения на уровне государства.

Цель химических олимпиад понятна – выявление и развития у обучающихся творческих способностей и интереса к научной (научно-исследовательской) деятельности, пропаганда научных знаний. За последние десять-пятнадцать лет сложилась существующая в настоящее время «пирамида» школьных олимпиад в нашей стране. К традиционной уже всероссийской олимпиаде школьников, а также вузовским олимпиадам, ориентированным на отбор наиболее подготовленных абитуриентов, добавились разнообразные проектные олимпиады и химические турниры, основная цель которых заинтересовать участников в будущей профессии, связанной с химией. Существенным отличием химических олимпиад от олимпиад по большинству других общеобразовательных предметов является возможность проведения экспериментального тура, в ходе которого проверяются навыки участника в выполнении химического эксперимента.

Положительные аспекты участия обучающихся в олимпиадах очевидны: выявление талантливых школьников и их поддержка, льготы для них при поступлении в ВУЗ, что позволяет облегчить поступление для умеющих решать нестандартные задачи, навык конкурентной борьбы у участников. Однако не стоит забывать и возможные минусы: потеря уверенности и интереса к предмету из-за задач повышенной сложности.

Школьники России традиционно демонстрируют значительные успехи в международных химических олимпиадах, среди которых наиболее значимыми являются Международная химическая олимпиада и Международная Менделеевская олимпиада.

В докладе будут проанализированы виды олимпиад, и опыт обучения победителей и призеров олимпиад разного уровня на химическом факультете МГУ.

ТВОРЧЕСКОЕ СОДРУЖЕСТВО «ШКОЛА-ВУЗ»

Карцова Л.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Университетский пр. 26, Петродворец, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: kartsova@gmail.com*

В докладе рассмотрен опыт организации исследовательской деятельности школьников на примере проектных химических смен Института химии СПбГУ в образовательном Центре Сириус, Центра «Интеллект» (Ленинградская область), творческого союза Института химии СПбГУ и университетской школы естественно-научного профиля – Академической гимназии – с пролонгированным курированием учащихся от первого посещения в 10-м классе университетской научно-исследовательской лаборатории до выполнения собственного серьезного исследования.

Гораздо легче обозначить проблему, чем решить ее. В Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования Российской Федерации (ФГОС) особое внимание уделяется проектной деятельности школьников. При этом важно сохранить баланс между разумным консерватизмом и инновациями в образовательных программах и педагогических технологиях, т.е. обеспечить *дух меры, гармонии и ясности*. Проектная или исследовательская деятельность школьников ни коим образом не является альтернативой фундаментальному образованию, но при соблюдении ряда условий может оказаться мощным ему подспорьем. Это – еще одна грань единого образовательного процесса, способствующая формированию значимых мотивов обучения, готовности к постоянному самообразованию, опыту самостоятельной творческой деятельности. У нынешних поколений школьников практически исчезло *чувство вещества*, а для большинства оно и не появлялось. А ведь справедливость известного изречения – «Услышал – забыл, увидел – запомнил, сделал – понял» – никто не отменял. Перед учащимися старших классов (10–11 кл.) профильных школ особая ответственность: в этот период они определяют себя со своей будущей профессией. Выбрав класс химической специализации, важно, чтобы мотивация к этой науке не только не была потеряна, но и получила заметную поддержку. Незаменимым подспорьем в организации продуктивной деятельности профильной школы является творческое содружество школа – ВУЗ.

Инновационный образовательный проект Института химии СПбГУ заключается в создании и развитии системы наставничества в рамках непрерывного многоуровневого образования, в формировании значимых мотивов обучения. Школа, в отличие от ВУЗа, требует гораздо бо́льших усилий и более глубинного проникновения в плане индивидуальной траектории: надо увидеть каждого, суметь и успеть многое сказать и объяснить именно в школьные годы. На результативность работают и сложившиеся традиции, и выпускники, прошедшие по этой дороге, а затем вернувшиеся в школу в качестве научных руководителей, и, конечно, особая сформированная временем интеллектуальная среда.

Главное изменение последних лет – введение компетентностного подхода (*уметь, владеть*). Ведь образование – не только цель, но и продвижение к этой цели с получением нового знания. В этом отношении, конечно, миссия учителя и научного руководителя особая: быть катализатором саморазвития своих подопечных, способствовать овладению «стратегией научения». Все это вносит в образовательный процесс эмоциональный комфорт и чувство сопричастности.

ЛИЧНОСТНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РОСТ ОТ СТУДЕНТА ДО МОЛОДОГО УЧЕНОГО В СИСТЕМЕ ВУЗ / АКАДЕМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Терентьев А.О.

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

Путь личностно-профессионального становления молодого ученого рассмотрен на примере многолетнего опыта Высшего Химического Колледжа РАН. ВХК РАН был создан в 1990 при РХТУ им. Д.И. Менделеева с целью подготовки высококлассных специалистов для российской академической науки. В настоящее время ВХК РАН является самостоятельным факультетом РХТУ со своей уникальной учебной программой, делающей упор на научную работу студентов. Начиная со второго курса, студенты ВХК РАН имеют в учебном плане полный день на проведение научной работы в лабораториях институтов РАН. Раннее начало исследовательской деятельности приводит к тому, что на момент получения диплома, студенты становятся высококлассными специалистами с большим опытом работы, значительными научными достижениями и имеют высокоуровневые публикации в ведущих мировых журналах. Большинство выпускников колледжа продолжает свою карьеру в академических институтах РАН, успешно защищают кандидатские и докторские диссертации, становятся научными руководителями нынешних студентов колледжа.

ВХК РАН является ключевым звеном так называемой системы непрерывного химического образования, созданной ИОХ РАН в 1990 году для подготовки высококвалифицированных кандидатов наук начиная со школьной скамьи. Среди бывших выпускников колледжа есть немало ученых с мировым именем, заведующих лабораториями РАН, профессоров и докторов наук.

Благодаря участию РАН, студенты ВХК получают доступ к передовой научной инфраструктуре (лаборатории, приборы, библиотеки, электронные ресурсы и т. д.), быстро вливаются в ведущие научные коллективы. Это обеспечивает наиболее эффективное сочетание фундаментального обучения с получением реальных практических навыков работы в научной сфере и, как следствие, достижение квалификации высочайшего уровня.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ В ИНСТИТУТЕ ХИМИИ СПБГУ

Балова И.А.

*Институт химии Санкт-Петербургского государственного университета,
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9,
e-mail: i.balova@spbu.ru, <https://chem.spbu.ru/>*

«Инновации – введенный в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях».¹ Это понятие было введено в обиход немецким социологом и политэкономистом Максимилианом Карлом Эмилем Вёбером², а его ключевым, отличительным свойством является именно внедрение.

С точки зрения системы высшего образования, инновация – это внедренное новшество, которое обеспечивает рост в качестве подготовки специалистов для современного рынка труда РФ.

Можно выделить основные задачи при реализации этого подхода:

- установление связей между системой получаемых знаний и навыков и будущими трудовыми функциями в научной, производственной и образовательной сферах;
- адаптация студентов уже в период обучения к реальным условиям труда;
- развитие способности к самообучению, организационных и управленческих навыков;
- развитие лидерских качеств и навыков работы в команде.

С помощью каких инструментов решаются эти задачи в Институте химии СПбГУ будет обсуждаться в докладе.



Санкт-Петербургский
государственный университет
Институт химии

Литература

1. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон „О науке и государственной научно-технической политике“» N 254-ФЗ, 21. 07. 2011.
2. Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/biography/Max-Weber-German-sociologist>

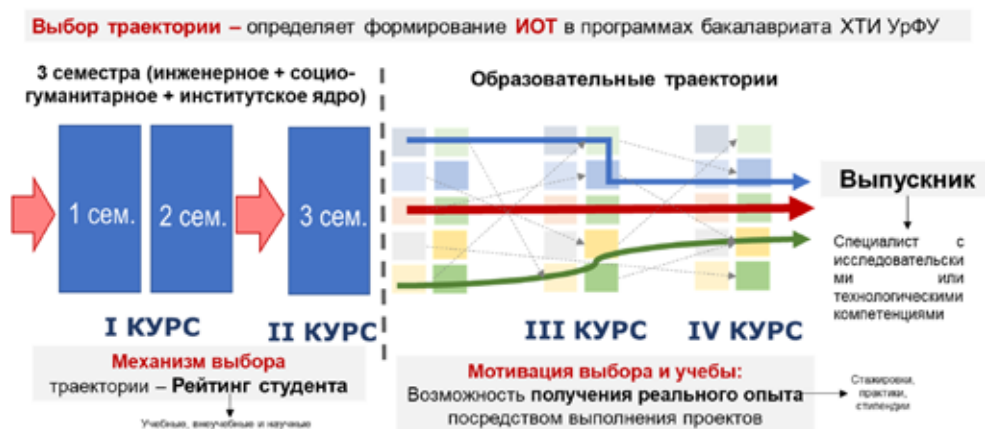
СОВРЕМЕННОЕ ВУЗОВСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ТЕНДЕНЦИИ, ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Вараксин М.В., Безматерных М.А., Козицина А.Н., Мосеев Т.Д.,
Русинов В.Л., Андрейченко Н.В.**

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19,
e-mail: m.v.varaksin@urfu.ru*

Одним из ключевых элементов сбалансированного научно-технологического развития является гармоничная система вузовской подготовки кадров для науки и промышленности. Для обеспечения кадрами высокой квалификации, способными проводить научные исследования и выполнять разработки научно-технологических продуктов, в университетах на сегодня активно применяются различные методы и подходы организации образовательного процесса:

Модель организации базового высшего образования в ХТИ УрФУ



Перспективная модель организации специализированного высшего образования в ХТИ УрФУ



В докладе рассмотрены перспективные модели подготовки кадров химического профиля на базовом и специализированном уровнях, реализуемые в Химико-технологическом институте Уральского федерального университета (ХТИ УрФУ).

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГИА ПО ХИМИИ

Добротин Д.Ю.

*ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений»
123557, г. Москва, ул. Пресненский Вал, дом 19, строение 1,
e-mail: dobrotin@fipi.ru*

1. Нормативная база разработки КИМ ГИА по химии: Федеральный государственный образовательный стандарт ООО и СОО как система требований к образовательной подготовке учащихся. Особенности содержания ФГОС базового и углубленного уровней.
2. Целевое назначение ОГЭ и ЕГЭ по химии: разные уровни образования – разные подходы к отбору содержания и уровню сложности включенных заданий.
 - ОГЭ – выбор пути для продолжения образования, отбор в колледжи и в профильные классы школы.
 - ЕГЭ – дифференциация выпускников по уровню подготовки с целью отбора для обучения в вузе.
3. Критерии отбора содержания для составления заданий экзаменационных вариантов: инвариантная часть действующих программ по химии; востребованность материала для продолжения образования в старшей школе и вузе; деятельностьная направленность заданий; ориентация на практическую составляющую курса.
4. Особенности моделей заданий для итоговой аттестации: направленность заданий на контроль знаний и умений учащихся с различным уровнем подготовки; проверка не фактологических знаний, а умения рассуждать, устанавливать причинно-следственные связи и др., т.е. демонстрировать владение и предметными знаниями и метапредметными умениями; комплексный характер проверяемых знаний и умений; вариативность решений заданий части 2.
5. Факторы, которые необходимо учитывать при анализе перспектив развития моделей экзаменационных заданий КИМ ГИА по химии: уровни контролируемого материала; компетентностный подход; виртуальный и реальный эксперимент; искусственный интеллект и др.

СОЦИАЛЬНОЕ ПАРТНЕРСТВО, РЕГИОНАЛЬНАЯ ВЛАСТЬ-ВУЗ-ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ОПЫТ КАЗАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Казаков Ю.М., Палей Р.В., Султанова Д.Ш., Овсиенко Л.В., Шинкевич А.И.

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, К. Маркса, 68,
e-mail: Kazakov@kstu.ru*

Значительную роль в процессах развития промышленности России играют нефтехимические активы ведущих российских компаний – партнеров КНИТУ: ПАО «Сибур – Холдинг», ПАО «Газпром», АО «Аммоний», которые формируют заказ на подготовку инженерных кадров новой формации. Ответом является интеграция профессорско-преподавательского состава КНИТУ в инновационные процессы компаний в части знаний о промышленном применении мировых достижений в химических технологиях, что позволяет подготовить для нефтегазохимической отрасли специалистов нового типа с учетом лучших достижений в образовательных технологиях и тренда цифровой трансформации.

Задачу качественной трансформации кадрового состава и результативности научного исследования в нефтехимической и газоперерабатывающей отрасли мы решаем через участие в федеральных проектах «Приоритет 2030» и передовые инженерные школы (ПИШ). Причем, трансформация затрагивает все ступени образования – школы, колледжи, высшее образование, научные кадры. Образовательные программы в ПИШ реализуются в новых научно-образовательных пространствах и лабораториях, специально созданных для этих целей.

Основной фокус ПИШ «Промхимтех» направлен на продукты и технологии малотоннажной химии (МТХ), применяемые в технологических цепочках наших партнеров – ПАО «СИБУР Холдинг», ПАО «ГАЗПРОМ», АО «АММОНИЙ», а также переход химической промышленности на новый уклад благодаря применению цифровых технологий при поддержке проекта со стороны ИТ-компаний – ООО «РТСим» и ООО «Системные решения».

Работа выполнена в рамках проекта «Передовая инженерная школа «Промхимтех».

НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ ФГУП «ГОСНИИОХТ». ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И ПРОИЗВОДСТВА

Куткин А.В.

*ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт органической химии
и технологии» (ФГУП «ГосНИИОХТ»),
111024, Москва, шоссе Энтузиастов, д. 23,
e-mail: dir@gosniiocht.ru*

ФГУП «ГосНИИОХТ» – это государственный научный центр Российской Федерации, один из ведущих химических институтов страны. Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования на предприятии проводятся в рамках шести научных школ, среди которых наиболее известными в мире являются школы проф. А.П. Томилова «Технологии электрохимических процессов» и проф. В.А. Петрунина «Технологии получения продуктов основного органического синтеза».

Отличительной особенностью института является проведение полного комплекса работ от синтеза и изучения биологической активности новых соединений до разработки технологий, включая моделирование и оптимизацию химико-технологических процессов, проведение аналитических и токсиколого-гигиенических исследований в аккредитованных лабораториях, и заканчивая пуском и эксплуатацией промышленных производств. Такая парадигма создания новых производств успешно реализуется предприятием на протяжении 60 лет, в том числе в филиалах института в Саратовской области и Чувашской Республике.

Последние 10 лет работы института отмечены тем, что ФГУП «ГосНИИОХТ» является лидером в области разработки и внедрения высокоэффективных технологических проектов по получению новых и импортозамещающих органических веществ – продуктов малотоннажной химии, в которых остро нуждается промышленность страны.

Для подготовки специалистов высшей квалификации, ориентированных на решение актуальных научных и производственных задач, стоящих перед институтом, в 2015 году была открыта аспирантура, а в 2021 году магистратура для подготовки специалистов в области органической химии и технологии органических веществ.

Аспиранты и магистранты предприятия участвуют как в научных исследованиях в лабораториях института, так и в проведении пуско-наладочных работ при организации новых производств в филиалах предприятия.

УЧИТЕЛЬ ХИМИИ В ШКОЛЕ: РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Левина Л.С.

*Общероссийская общественная организация учителей и преподавателей химии,
119234, Москва, Ленинские горы д. 1, стр. 77,
e-mail: levinaludmila@yahoo.com*

Система образования традиционно является одним из приоритетов государственной политики нашей страны. Тем не менее, в настоящее время остро стоит вопрос нехватки учителей химии, в особенности обладающих достаточной квалификацией для работы в профильных классах. На начало 2024 г. по России зафиксировано 590 вакантных должностей учителей химии. При этом подготовка по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры по УГСН 04.00.00 «Химия» осуществляется всего лишь в 7 педагогических университетах, с общим количеством обучающихся на всех курсах менее 500 человек.

Кроме того, можно выделить следующие проблемы, связанные с подготовкой квалифицированных педагогических кадров для преподавания химии в школе.

1) В течение нескольких лет наблюдается снижение среднего балла ЕГЭ поступающих в педагогический вузы на естественно-научные направления, при этом не все вузы требуют предъявления результатов ЕГЭ по химии. Это приводит к необходимости адаптационных модулей и дополнительных занятий для первокурсников, имеющих слабую предметную и общеобразовательную подготовку.

2) Для поступления в педагогические университеты обязательными являются результаты ЕГЭ по обществознанию, что ограничивает контингент абитуриентов: поступающие на медицинские или фундаментальные научные специальности не имеют возможности рассматривать педагогические вузы как второй вариант для поступления.

3) В педагогических вузах наблюдается тенденция к сокращению очных учебных часов, отведенных на изучение профильных дисциплин. Из учебного плана исключены как некоторые химические дисциплины, так и математика, являющаяся необходимой для овладения любой из естественных наук.

Существуют и другие проблемы, для решения которых были намечены меры, направленные на улучшение качества подготовки учителей химии, развитие наставничества в школах, совершенствование системы повышения квалификации и обмена передовым педагогическим опытом.¹ Важная роль в улучшении сложившейся ситуации принадлежит Общероссийской общественной организации учителей и преподавателей химии.

Литература

1. Резолюция Всероссийского съезда учителей и преподавателей химии: школьное химическое образование в современном мире // Химия в школе. – 2024. – № 2. – С. 2–10.

ВСЯ НАДЕЖДА – НА ПРОФИЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ!?

Москвин С.А.

*МАОУ гимназия № 9,
620000, Екатеринбург, проспект Ленина 33,
e-mail: sambunoll@mail.ru*

В связи с ущербным положением химии в школе, возрастает роль профильного обучения, позволяющего ученикам получить более глубокие знания, а учителю – реализовать свой потенциал.

Однако создание таких классов вызывает определенные трудности: кроме наличия грамотного учителя – энтузиаста, желательно отдельное помещение для химического практикума, нужен квалифицированный лаборант, следует приобрести и постоянно пополнять оборудование и реактивы. Директора школ часто хотят избежать этих проблем.

В школах нашей страны давно существует химико-биологический профиль, позднее возник профиль физико-химический. У нас в гимназии имеются оба профиля. Чем они отличаются? В первую очередь – уровнем математической подготовки; у «биологов» она слабее. Это, конечно, негативно сказывается на изучении химии. С нашей точки зрения, ученики химико-биологического профиля больше ориентированы на медицинские профессии, а физико-химического – на научную деятельность в области химии и физики, а также на инженерные специальности. Оба профиля имеют право на существование. Однако в ФОП СОО приведен учебный план только химико-биологического профиля.¹

Как влияет обучение в профильных классах на учеников? По нашим наблюдениям, в большинстве случаев – мобилизует, позволяет реализовать свои возможности. Есть яркие примеры, подтверждающие это. Вызывает недоумение требование последних лет – проводить отбор учащихся в 10 класс, руководствуясь только итогами ОГЭ и портфолио учеников.

Обычно профильными являются 10 и 11 классы. Как показывает опыт, более эффективной является четырехлетняя профилизация.²

Руководствуясь потребностью нашей страны в квалифицированных химиках, учитывая мнение преподавателей вузов о низком уровне знаний выпускников школ, мы полагаем, что «профильные химические классы» будут и далее способствовать решению этих государственных задач.

Литература

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования» – С. 2377–3278
2. Ерёмкина И.В., Керимов Э.Ю., Ерёмкин В.В., Дроздов А.А. Химия в основной школе на углубленном уровне //Химия в школе. – 2023. – № 7 – С. 33–36

«НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ» В КЛАССИЧЕСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Навроцкий А.В.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28,
e-mail: navrotskiy@vstu.ru*

Ключевое требование практически у всех крупных работодателей в химической отрасли к выпускникам — нулевое время выхода на работу. Рынок, помимо «жестких» навыков, требует целый ряд других умений и навыков, которые оцениваются при приеме на работу и принято называть «мягкими»: умение решать задачи, креативность и умение работать в команде, навыки презентации, выстраивания коммуникаций.

Актуальная задача — связать в единый механизм классические элементы образовательной модели и «неклассические» практики/форматы. Под «неклассическими» форматами образования мы понимаем вовлечение студентов в технологическое предпринимательство, участие в реализации исследовательских и технологических проектов, подготовку команд, готовых создавать и выводить на рынок технологические продукты.

Опыт накопленный ВолГТУ, включает олимпиады по технологическому предпринимательству, конкурсы студенческих идей и проектов, студенческий стартап и стартап как диплом, участие в акселерационных программах и тренингах предпринимательских компетенций.

Для вовлечения преподавателей в подобные форматы предусмотрены программы их дополнительного профессионального образования: «Школа наставничества», «Школа технологических брокеров», «Модераторы проектных сессий», «Организация проектной деятельности», «Трекер проектных команд», «Подготовка наставников для участия в акселерационных программах».

Применение «неклассических» практик существенно меняет облик выпускника химического профиля. Так члены ГЭК отмечают, что студенты, прошедшие через акселерационные программы, стартап-проектирование, на защитах показывают значительно более высокий профессиональный уровень. Члены экспертных советов по защите стартап-проектов традиционно выделяли разработки химиков, были приглашения на работу сразу по итогам защит. Ряд проектов прошли конкурсный отбор и выиграли гранты ФСИ (1 млн. руб) для развития своего проекта и открыли юр лица.

Участие в активностях по развитию предпринимательских компетенций не мешает выпускникам бакалавриата выбирать в качестве дальнейшей траектории обучение в магистратуре и далее в аспирантуре. Практически 100% таких студентов остается в химической профессии.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ В ЭПОХУ СМЕНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

Наумов А.В. ^{a,b,c}

^a *Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук,
Троицкое обособленное подразделение (ТОП ФИАН)*

^b *Московский Педагогический Государственный Университет (МПГУ)*

^c *Институт спектроскопии РАН (ИСАН),
e-mail: a_v_naumov@mail.ru, www.single-molecule.ru*

Термин «технологический уклад» (ТУ) обычно используется для определения общего состояния совокупности сопряжённых производств в выделенные временные периоды, имеющих единый технический уровень, развивающихся синхронно, формирующих среду и условия жизни человечества. Смена ТУ происходит, как правило, в результате технологических революций и предопределяет неравномерный ход прогресса. При всей субъективности определения таких временных периодов, обычно, выделяют шесть ТУ, где переход к последнему происходит в наши дни (2010–20-е гг.) и подразумевает революционное развитие нано- и биотехнологий, ДНК-технологий и генетики, квантовых технологий, компьютерных технологий и искусственного интеллекта, телекоммуникаций и связи, инновационного материаловедения (включая манипуляцию отдельными атомами/молекулами и инженерии живых тканей), робототехники, активное использование зеленой энергетики.

Очевидным следствием такой смены ТУ является конвергенция наук, требующая перенастройки системы образования на всех уровнях. Особенно ярко междисциплинарный характер решаемых задач проявляется на стыке физики, химии, наук о жизни. Появляются новые технологии (гибридные, нейроморфные, киберорганические...) и области знания (медицинская физика, агрофотоника, социофизика...).

В докладе междисциплинарные связи в образовании и науке будут обсуждаться на примере фундаментальной и прикладной фотоники – отрасли, отвечающей за приборную базу и исследования взаимодействия электромагнитного излучения (фотонов) с веществом, включая вопросы генерации, преобразования и детектирования излучения.

Литература

1. У.Э. Мернер «Я люблю науку во всех ее проявлениях». *Лаборатория и производство* 2020, 1, 8. < DOI: 10.32757/2619-0923.2020.1.11.8.16 >
2. А.В. Наумов, В.В. Уточникова «Достижения и перспективы люминесценции на всероссийской конференции с международным участием LUMOS-2024». *Фотоника* 2024 18 (3), 224. < DOI: 10.22184/1993-7296.FROS.2024.18.3.224.228 >

(*) Работа поддержана в рамках темы ГЗ МПГУ (124031100005-5).

О ПРОБЛЕМАХ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ

Оржековский П.А.

*Московский педагогический государственный университет,
119991, ЦФО, Москва, улица Малая Пироговская, дом 1, строение 1,
e-mail: p.a.orzhekovskiy@gmail.com*

На подготовку учителей в педагогических вузах существенно повлияли преобразования, проводимые в средней школе. Эти изменения снизили престиж педагогической профессии и сделали крайне непривлекательными условия работы педагогов.

Большие изменения в системе общего среднего образования произошли вследствие введения в СССР всеобщего обязательного среднего образования, закрепленного в конституции (статья 45), принятой в 1977 году. Принятие закона не учитывало возможности и желание учеников в получении среднего образования. В результате педагоги утратили право объективной оценки учебных достижений учеников. Школы утратили возможность оставлять неуспевающих учеников на второй год обучения.

Престиж учительской профессии еще более снизился в 80–90-е годы, когда сфера образования и деятельность учителя от «служения» законодательно трансформировалось в невысоко оплачиваемую «услугу». Крайне необходимое для воспитания школьников сотрудничество педагогов и родителей прекратилось. У родителей появилось право требовать от педагогов качественного оказания образовательных услуг независимо от возможностей и желания их детей в получении образования.

Последующее введение подушевого финансирования в школах и вузах привело к созданию комфортных условий для нежелающим учиться ученикам и студентам. Бесправие педагогов получило экономическую основу. Парадокс, но студенты вузов получили право не посещать занятия.

Ситуация, сложившаяся в средней школе, отразилась на желании молодых людей поступать в педагогические вузы, или специалистов без педобразования проходить переподготовку.

Влияние на состояние педагогического образования оказало присоединение нашей страны в 2003 году к Болонскому процессу, которое сопровождалось снижением требований к знаниям абитуриентов и студентов.

Перечисленные последствия проведенных реформ требуют скорейшей корректировки, поскольку современные геополитические вызовы, предполагают решительное усовершенствование естественно-научного и педагогического образования. Острая необходимость в подготовленных педагогах как для средней, так и для высшей школы очевидна.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ОНЛАЙН-КУРСОВ НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ СПбГУ

Тимошкин А.Ю.

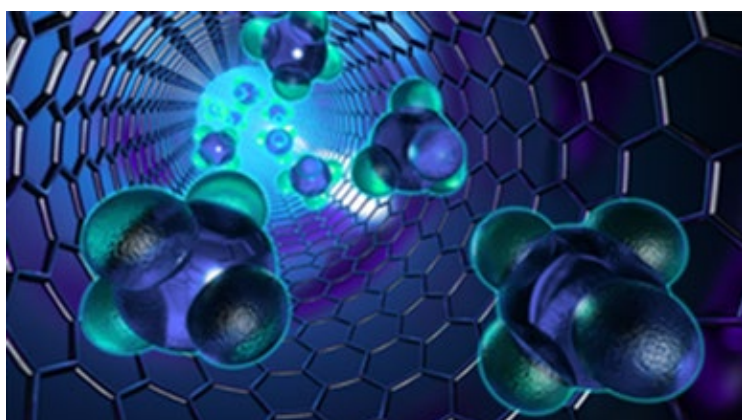
Институт химии Санкт-Петербургского государственного университета,
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. 7/9,
e-mail: a.y.timoshkin@spbu.ru

В докладе будут представлены история создания и реализации онлайн-курсов СПбГУ «Неорганическая химия: введение в химию элементов»¹ и «Строение вещества: от атомов и молекул до материалов и наночастиц». Курсы реализуются на национальной платформе «Открытое образование», платформе Stepik, а также были реализованы на платформе «Coursera». Курсы сопровождаются оригинальным демонстрационным экспериментом.²

Будут обсуждены идеология и структура курсов, создание контента, формы контроля (вопросы для самопроверки, контрольные тесты, итоговый экзамен), особенности реализации курсов на разных платформах, представлены статистические данные (региональный охват и успехи обучающихся в освоении курса).



2016–2024



2020–2024

Литература

1. Тимошкин А.Ю., Севастьянова Т.Н., Скрипкин М.Ю., Шугуров С.М., Хрипун В.Д. *Методический ежегодник Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*. 2019, **15**, 106–127.
2. Кононова М.А., Никольский А.Б., Суворов А.В., Селютин А.А., Хрипун В.Д., Тимошкин А.Ю.. *ibid*, 2020, **16**, 84–98.

ВЫБОР СПЕЦИАЛИЗАЦИИ В ВУЗЕ

Трусова М.Е.

*Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий
Национальный исследовательский томский политехнический университет,
634050, Томск, проспект Ленина 30,
e-mail: trusova@tpu.ru*

На сегодняшний день, в большинстве ВУЗах действует традиционная система обучения студентов в рамках одного направления. Абитуриент подает свое заявление на конкретную программу обучения в рамках одного направления, на пример на технологию высокомолекулярных соединений в рамках направления Химическая технология. При завершении обучения, достаточно часто, выпускник или продолжает обучения в магистратуре по той же самой специализации (редко меняя ее), или трудоустраивается.

Таким образом, у студента нет выбора своей специализации и важнее, что нет выбора той сферы деятельности, которую он далее будет реализовывать на рабочем месте после окончания ВУЗа.

Томский политехнический университет разработал и внедрил мультитрековую магистерскую программу «Химическая инженерия» в рамках направления Химическая технология.

Программа предоставляет возможность магистрантом выбрать область деятельности (специализацию: ВМС, топливо, нефть, фарма, биомедицина) и сферу деятельности (Инженер-исследователь, системный инженер, инженер-проектировщик, инженер-технолог или инженер-аналитик). Программа спроектирована таким образом, что есть общие курсы для всех исследователей, проектировщиков, технологов, аналитиков и т. д. вне зависимости от специализации, и есть свои узко профильные курсы, которые позволяют глубже изучить сферу деятельности. Так же выстроена траектория и по специализации (есть общие курсы, вне зависимости от сферы деятельности) и есть узко направленные курсы. При этом, студент изучая узкую специализацию выбирает дополнительные изучаемые дисциплины из общего списка, которые могут не быть направлены на изучения именно его специализации. Например, магистрант по специализации ВМС, может выбрать курс по «клеточным технологиям» для расширения своих компетенций.

Таким образом, будучи в университете, магистрант может за два года окончательно определиться в своей области деятельности и что важнее в сфере деятельности и принять для себя кто он: исследователь, технолог, аналитик, проектировщик или системный инженер.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «Приоритет 2030 ТПУ»

ПОДГОТОВКА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ХИМИИ В КЛАССИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Тюльков И.А., Миняйлов В.В.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1,
e-mail: alchemmuz@gmail.com, v.minyaylov@gmail.com*

В докладе рассматривается стратегия развития педагогического образования на химическом факультете классического университета.

Более 10 лет назад химический факультет МГУ начал подготовку специалистов по образовательному стандарту «Фундаментальная и прикладная химия» с присвоением квалификации «Химик. Преподаватель химии». Для формирования у выпускников азов педагогической грамотности разработан лекционный курс «Методика преподавания и инновационные образовательные технологии в химии» (общая трудоемкость 144 академических часа), на выпускном курсе введена обязательная педагогическая практика (общая трудоемкость 72 академических часа)¹.

Анализ запросов студентов привел к открытию в 2022 г. на химическом факультете МГУ специализации «Теория и методика обучения химии». Объем дисциплин специализации составляет более 2000 академических часов. Такая трудоемкость позволяет сформировать у студентов профессиональный уровень педагогической грамотности. Для реализации программы привлечены сотрудники химического факультета, которые на практике реализуют такие направления химического образования как: просветительская и профориентационная деятельность, внеклассная и внешкольная работа и т.д. В учебном процессе также задействованы сотрудники факультета педагогического образования МГУ и преподаватели Университетской гимназии – подразделения МГУ. Особое внимание уделено современным тенденциям в образовании, например, курс «Коммуникации в поликультурной среде», способствует работе с учащимися, у которых русский язык не является родным.

С 2024 года вопросы методики обучения химии вошли в программу конференции «Ломоносов».

Литература

1. Рыжова О. Н. Педагогическая практика студентов химического факультета классического университета // Актуальные проблемы химического и биологического образования : материалы XII всероссийской научно-методической конференции, г. Москва, 22–23 апреля 2022 года / под общ. ред. П. А. Оржековского. – Москва : МПГУ, 2022.

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Шеховцова Т.Н.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, 3, с. 1,
e-mail: tnshekh@yandex.ru*

Неожиданный обязательный переход на дистанционную форму обучения в начале 2020 г. в связи с пандемией коронавируса явился тяжелым испытанием для преподавателей вузов, особенно ведущих дисциплины с лабораторными работами. Дистант потребовал создания новых или адаптации известных инструментов образовательного процесса, в том числе, видеороликов, демонстрирующих выполнение эксперимента, использование интернет платформ для чтения лекций и проведения семинаров онлайн, разработки регламента проведения зачетов и экзаменов, при котором преподаватели могли контролировать самостоятельность подготовки и устных ответов обучающихся и т. д. Основной из многочисленных проблем, возникших при переходе на удаленное обучение, явилась невозможность развития умений, навыков экспериментальной работы у студентов в отсутствие контакта с преподавателем. Все аспекты происшедших изменений были детально проанализированы на симпозиуме по преподаванию аналитической химии, проходившем в рамках IV Съезда аналитиков России в 2022 г.

При этом в ходе обсуждения были отмечены и положительные стороны дистанционного обучения. Так, значительно повысилась компьютерная грамотность преподавателей, которые овладели новыми платформами и интернет-ресурсами, подготовили новые четкие, информативные презентации лекций и семинаров. Полезным стало использование во многих университетах системы дистанционного обучения (СДО – в МГУ), позволяющей, в частности, рассылать студентам материалы для подготовки к занятиям, проверять и обсуждать домашние задания. Освоенные приемы дистанционной работы со студентами уже успешно применяются для привлечения ведущих российских и зарубежных ученых для чтения лекций по различным разделам дисциплины. Появилась возможность дополнительного просмотра болевшими или отстающими студентами материалов лекций, семинаров, лабораторных работ; проверки и обсуждения домашних заданий и т. д. Таким образом, приобретенный опыт показал, что некоторые созданные инструменты дистанционного обучения могут быть полезными и целесообразными для повышения эффективности учебного процесса в нормальных рабочих условиях.

КРИТЕРИИ ЗАДАЧ ХИМИЧЕСКИХ ОЛИМПИАД

Ахметов М.А.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»,
432071, Ульяновск, пл. Ленина 4/5,
e-mail: maratakma@ya.ru

Исследователями отмечается дефицит квалифицированного персонала в химической промышленности¹. Одним из средств привлечения талантливой молодежи к выбору химического направления образования являются олимпиады школьников по химии. Содержание задач олимпиад высокого уровня выходит за рамки школьной программы. Как следствие многие учащиеся с хорошей школьной подготовкой получают близкие к нулевым результаты, что демотивирует их к изучению химии.

Один из способов решения данной проблемы видится в повышении качества олимпиадных задач. Г.В. Лисичкин предлагает строить задачу на основе знаний и умений, которые учащиеся приобретают на уроках². В.В. Ерёмин подчеркивает, что 20 баллов за задачу должно набирать более 80% участников, а 80 баллов – менее 20% участников, что соответствует гауссову (нормальному) распределению³.

Выделим три критерия олимпиадной задачи:

1. Критерий занимательности.
2. Критерий образовательного потенциала.
3. Критерий нормального распределения.

Нормальное распределение может быть достигнуто если:

- а) олимпиадная задача будет включать вопросы трех уровней репродуктивного, эвристического и творческого в примерном соотношении 1:1:1;
 - б) избегать структуры «перевернутая воронка». Наиболее трудно в таких задачах догадаться о каком химическом элементе идет речь, а далее задача раскрывается;
 - в) организовать конкурс среди составителей задач олимпиады на нормальность распределения результатов.
- Образовательный потенциал задачи может быть усилен за счет включения реальных, а не вымышленных научных поисков, том числе, российских и советских химиков⁴.

Литература

1. Низамова Г.З., Рахмангулова Э.Н. Интернет-журнал «Науковедение». 2017, **9**
2. Лисичкин Г.В. Естественное образование: методические основы разработки заданий по химии, 2022, **18**, 14.
3. Ерёмин В.В. Естественное образование: методические основы разработки заданий по химии, 2022, **18**, 103.
4. Ахметов М.А. Химия в школе, 2023, **9**, 29.

ПРИМЕНЕНИЕ AR | VR ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ ПРОВИЗОРОВ-АНАЛИТИКОВ: ОПЫТ ЦЕНТРА КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ФАРМАЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ СЕЧЕНОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Бахрушина Е.О.

*ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава РФ (Сеченовский Университет),
119751, Москва, проспект Вернадского 96, корп. 1,
e-mail: bakhrushina_e_o@staff.sechenov.ru*

Институт фармации им. А.П. Нелюбина имеет опыт в разработке и внедрении AR | VR технологий образовательный процесс для провизоров. В 2024 году на базе созданного Центра компетенций по фармации и биотехнологии в Сеченовском Университете ведется разработка и внедрение двух оригинальных образовательных продуктов – VR-модуля «Титрование» и программы для персонального компьютера «Высокоэффективная жидкостная хроматография».

Модуль виртуальной реальности «Титрование» предназначен для профориентации школьников и проведения финалов тематических олимпиад, а также для проведения производственной практики по дисциплине «фармацевтическая химия» для иностранных обучающихся. В модуле предусмотрены два режима прохождения – демонстрационный и экзаменационный, подходящей для проведения аттестации обучающихся.

Программа для персонального компьютера «Высокоэффективная жидкостная хроматография» предназначена для студентов старших курсов, желающих получить первичные знания о работе хроматографа, а также химиков-аналитиков – для тренировки навыков и оценки компетенций. В программе предусмотрено два уровня сложности – для начинающих и специалистов, для решения рассматриваются реальные профессиональные кейсы, согласно выбранному уровню.

С 1 ноября по 1 декабря 2024 года в Институте фармации им. А.П. Нелюбина проходит апробация разработанных цифровых образовательных продуктов на 400 обучающихся специалитета, ординатуры и магистратуры в рамках программ ДПО. В случае успешности пилотного запуска программы будут доступны для сторонних лиц и обучающихся других отраслевых университетов.

Проект 08.000.А.79 выполняется в рамках Программы развития Сеченовского Университета 2030 (Приоритет 2030).

ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ИНТЕГРАЦИЯ ЧЕРЕЗ STEAM ТЕХНОЛОГИЮ

Бородина Г.Г.

*РГ ГБОУ «СОШ с углубленным изучением отдельных предметов
в г. Турсунзаде имени Д.И. Менделеева*

Развитие естественно-научных компетенций становится актуальным в современном образовательном пространстве: мы наблюдаем все больше достижений в области химии.

STEAM – образование нацелено на интеграцию знаний из разных учебных предметов, осмысленно, более глубоко подойти к пониманию учебного материала и решению реальных проблем.

В динамично меняющихся условиях STEAM- образование выступает инструментом развития критического мышления, исследовательских компетенций, как навыков 21 века.

Один из базовых принципов STEAM-образования – широкая межпредметная интеграция, выстроенная по разным направлениям. Демонстрация целостности, материального единства окружающего мира – знакомство с основными законами и методами познания – такова основная цель интеграции в образовании.

Можно обозначить пять направлений интеграции, позволяющих демонстрировать взаимосвязи всех элементов окружающего мира:

1. Акцент на современных исследованиях в разных сферах деятельности человека, особенно тех, которые проводятся на стыке наук.

Первоначально нужно научить учащихся различать смежные области знаний, которые задействованы в решении какой либо проблемы, какие предметные области нацелены на ее решение, какие термины можно отнести к той или иной области.

2. Демонстрация общности методов, которые используются в самых разных сферах познания. Найти наиболее убедительное объяснение, почему предметные области должны быть интегрированы.

3. Всестороннее изучение объектов и явлений, теорий, принципов, отражающих интегративность объективного мира.

4. Демонстрация использования процессов, построенная на основе междисциплинарной интеграции для решения проблем различного масштаба.

Алгоритм для рассмотрения реальной жизненной ситуации:

- Выбор ситуации.
- Разработка решения ситуации на ряд задач, соответствующих логике поиска решения (задачи ставятся совместно с учащимися в ходе коллективного обсуждения).
- Коллективное определение конечной цели (в чем будет заключаться решение данной ситуации).
- Поиск решения. Учащиеся делятся на команды, которые будут решать конкретные задачи, искать ответы на конкретные вопросы. Далее каждая команда представляет результаты исследования. Под руководством учителя из всего продукта извлекается итоговый ответ.
- Коллективное обсуждение полученных результатов и выдвижение гипотезы.
- Коллективная разработка альтернативного решения.

5. Комплексное изучение достижений научно-технического прогресса.

Междисциплинарный анализ предложенных достижений по ряду вопросов, в результате которого учащиеся приходят к выводу, что для создания изобретения необходима интеграция различных областей знания.

Химия – одна из важнейших отраслей науки, служит основой для исследований в области биологии, геологии, астрономии и т.д. Методические критерии отбора содержания для учебного предмета химия, содержание которого удовлетворяло бы основные принципы STEAM образования: научность, доступность, систематичность. Важным процессом интеграции STEAM образования в преподавании химии является внедрение проектное обучение, которое фокусируется на школьников, и включает в себя подход, при котором, учащиеся приобретают более глубокие знания путем активного изучения проблем в практике. Применение этого подхода побуждает учащихся понимать каждый компонент STEAM: науки, технологий, инженерии, искусства и математики в изучении химии.

Внедрение элементов STEAM-подхода можно реализовать в качестве домашнего задания. Особенно интересны для учащихся задания, требующие создания чего-либо нового, разработка Start-Up проекта или визуализация идеи. Например, мыловарение с интересным дизайном и разработкой маркетинга. После таких занятий, все дети сходятся во мнении, что STEM – это практично и познавательно. Ведь STEM – это эксперименты, научные опыты, изучение устройства мира и вселенной, создание своих игр и своих проектов.

Изучив научно-методические основы и прикладные аспекты исследования STEAM подходов в учебно-воспитательном процессе на уроках химии, сделаны следующие выводы: STEAM обучения – это универсальный практико-ориентированный подход, который позволяет обучающимся справляться с задачами любой сложности. Такой подход создает учебную среду для будущих специалистов, которые требуют всесторонней подготовки и знаний из разных образовательных областей естественных наук, инженерии и технологии. STEAM-образование является связующим звеном между образовательным процессом и будущим трудоустройством и развитию профессиональной карьеры. Успешным специалистам необходимы будут компетенции, связанные с различными областями естественно-математических наук, инжиниринга и технологии. Отличием подходов STEAM является интегрированная образовательная среда и междисциплинарная организация образовательного процесса. Данная методика позволяет учащимся получить целостную картину изучаемого мира и демонстрирует условность разделения науки на отдельные дисциплины. STEAM методика акцентирует внимание учащихся на реальном применении знаний для решения существующих проблем. Такой подход позволит построить систему обучения, в которой достигается максимальное качество обучения.

Литература

1. Васильева В.В., И.Е. Кардия И.Е. Интегрированное обучение: развитие профессиональных компетенций. // Химия в школе. – 2020. – № 6. – с. 18–25.
2. Breiner J. et al. What is STEM? A discussion of conceptions of STEM in education and partnerships. School Science and Mathematics. – 2012. № 112 (1). – P. 3–11.
3. Рождественская Л.С. STEM – STEAM – STREAM на смену предметам и предметникам. 2018. // [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://novator.team/post/142>

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИКУМОВ ПО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ И 3D-ПЕЧАТИ В РАМКАХ ХИМИЧЕСКИХ КУРСОВ

Гаврюшкин П.Н.

*Новосибирский Государственный Университет,
Новосибирск 630090, Пирогова 2,
e-mail: p.gavryushkin@g.nsu.ru*

Несмотря на ограниченное использование техники 3D-печати в современных российских лабораториях, потенциал применения аддитивных технологий для решения химико-технологических и особенно исследовательских задач не вызывает сомнения¹. Аналогично не вызывает сомнения и потенциал 3D-печати в области преподавания химических наук, в частности кристаллохимии и органической химии, при этом в программах химических курсов отсутствуют разделы, в которых студенты могли бы получить навыки 3D-моделирования и 3D-печати.

Нами был разработан и проведён практикум по 3D-моделированию и сборке кристаллических структур неорганических соединений, в рамках которого студенты знакомятся с базами данных кристаллических структур, выбирают из них представителей отвечающих, определённым требованиям, в программах визуализаторах строят системы связей, переносят построенные модели в 3D-формат корректируют их и подготавливают к печати, затем самостоятельно печатают FDM-методом и собирают, затем по напечатанным моделям делают выводы о химических свойствах и возможностях химическом приложения (при необходимости последнее может быть организовано в формате круглого стола). Таким образом в рамках практикума студенты знакомятся с основными этапами поиска материалов с заданными свойствами. За несколько лет проведения практикума нами была выработана схема, позволяющая при необходимости расширять один или несколько перечисленных модулей, скажем больше времени посвятить 3D-моделированию и 3D-печати или же, наоборот – поиску структур в базе данных. В последнем случае возможно использование узкоспециализированных программных пакетов, таких как TOPOPro.

Проведение практикума показало, что студенты активно и с интересом осваивают методы 3D-моделирования и 3D-печати, считая их перспективными для своих будущих специальностей.

Литература

1. Гордеев Е. Г., Дегтярева Е. С., Анаников В. П. *Изв. АН.* 2016, 6, 1637–1643.

ВОВЛЕЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ В НАСТАВНИЧЕСТВО: НА ПРИМЕРЕ ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ К ОЛИМПИАДАМ ПО ХИМИИ

Гумеров А.М.^{а,б}

^а ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет Минздрава РФ,
450000, Республика Башкортостан, ул. Ленина, 3,
e-mail: aygumer@mail.ru

^б ГБОУ Республиканский инженерный лицей-интернат,
450032, Республика Башкортостан, ул. Кольцевая, 74

Одним из важнейших условий эффективной работы с одаренными школьниками является наличие компетентных педагогов в позиции наставников. По данным исследований¹, наставничество от студентов, которые сами будучи школьниками имели успешный опыт участия в олимпиадах, является эффективной практикой подготовки школьников к олимпиадам. В работе исследуется феномен становления наставничества на примере Региональной общественной организации «Ассоциации наставников олимпиадного движения» (АНОД) в Республике Башкортостан². На основе 25 полуструктурированных интервью с членами ассоциации выявлены особенности мотивации и вовлечения в наставничество и причины ухода. Выявлен наиболее продуктивный путь становления наставника в олимпиадном движении как переход из собственного опыта олимпиадника через позицию помощника наставника собственно в самостоятельную позицию наставника. Причем, начиная со старших классов. Олимпиадники не испытывают методических трудностей на старте преподавания: они сами прошли успешную подготовку и охотно готовы ею поделиться. Несмотря на проактивную позицию у наставников и готовность работать даже бесплатно и сверхурочно, у них возникают трудности, которые могут стать причиной не достижения поставленных целей, а вместе с этим и уходом из наставничества.

Данные исследования будут полезны управленцам в образовании для вовлечения студентов в реализацию задач наставничества и развития олимпиадного движения в школах.

Литература

1. Черненко С.Е., Романенко К.Р. *Образовательная политика*, 2021, 4, 80.
2. Гумеров А.М. *Исследователь/Researcher*, 2022, 40, 231

Работа выполнена под научным руководством А. С. Обухова в рамках магистерской программы «Управление образованием» Института образования НИУ ВШЭ.

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕДАГОГА-НАСТАВНИКА И УЧАЩЕГОСЯ В ХОДЕ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ХИМИЯ»

Дробышев Е.Ю.

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Средняя школа № 4 города Макеевки»,
286106, ДНР, Макеевка, ул. Ленина, 131-В,
e-mail: zhe-drobyshev@yandex.ru*

Формирование исследовательского поведения учащихся, заключающееся в наличии способностей и умений видеть суть проблемы, выдвигать гипотезы, формулировать цель и задачи исследования; делать опыты, производить наблюдения, анализировать их результаты, формулировать выводы, является одной из ключевых задач Федеральных государственных образовательных стандартов основного общего и среднего общего образования Российской Федерации^{1,2}, и чаще всего реализуется в виде учебно-исследовательской деятельности, организуемой педагогом-наставником.

Нами разработана и апробирована (в рамках учебного предмета «Химия») технология организации учебно-исследовательской деятельности для учащихся 9–11 классов общеобразовательных организаций, включающая четыре этапа: аналитико-диагностический, подготовительный, реализационный и рефлексивно-констатирующий. Взаимодействие учащегося с педагогом-наставником совершается во время реализационного этапа.

Применение технологии и анализ результатов апробации показали, что во время реализационного этапа необходимо сотрудничество учащегося и педагога-наставника на равных, традиционный подход взаимодействия «учитель-ученик» – исключается, в связи с чем дополнительно разработана модель взаимодействия учащегося и педагога-наставника в рамках реализации учебно-исследовательской деятельности³.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 31 мая 2021 г. № 287) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027>.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 413). С изм. и доп. от 12 августа 2022 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/70188902/8ef641d3b80ff01d34be16ce9baf6e0>.
3. Дробышев, Е.Ю. *Педагогика*, 2023, **9**, 87, 68.

ХИМИЧЕСКИЕ ОЛИМПИАДЫ В РОССИИ – СОЦИАЛЬНЫЙ ЛИФТ И ПРЕДМЕТ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГОРДОСТИ

Еремин В.В.

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Москва, Ленинские горы, 1, стр. 3
Центр педагогического мастерства, Москва
e-mail: vadim@educ.chem.msu.ru*

Химические олимпиады школьников – это не только научное, но и социальное явление, отражающее отношение общества к естественным наукам и к химии, в частности. В нашей стране они появились в 1938 году, когда государство перед лицом многих вызовов осознало необходимость привлечения школьников в науку и выявления наиболее одаренных из них.

За прошедшее с тех пор время национальная олимпиада (в советское время Всесоюзная, а после 1991 года – Всероссийская) сформировалась в развитую многоуровневую структуру, которую не сломал даже распад страны в 1991 году. После этого Всесоюзная олимпиада стала называться Менделеевской, а Всероссийская олимпиада унаследовала лучшие черты Всесоюзной и смогла сохранить свою роль в системе образования даже при переходе к капитализму.

Цели Всероссийской олимпиады школьников по химии за всю ее историю практически не изменились: это – пропаганда науки, поиск одаренных детей и создание условий для развития их творческих способностей. Последнее означает, что олимпиада выполняет роль социального лифта. Эта роль заметно усилилась в последнее десятилетие, когда необходимость поддержки одаренных детей сформулирована в Законе об образовании, а бонусы для победителей и призеров, включая финансовые, выросли многократно. Некоторые эксперты даже полагают, что роль олимпиад в рейтингах участников, школьных учителей и школ завышена.

Рассмотрены современные особенности системы олимпиад – формирование перечня олимпиад, дополняющих Всероссийскую, и развитие дистанционного формата на отдельных этапах соревнований.

Всероссийская олимпиада на ранних этапах охватывает все школы России (для сравнения, в Великобритании – не более 10%), а традиционно высокий научный и творческий уровень заданий создает среди участников высоко конкурентную среду, которая позволяет попасть на самый верх олимпиадной пирамиды только наиболее сильным детям. Благодаря этому национальная команда России по химии всегда является фаворитом на международных соревнованиях, а ее успехи в последние годы широко освещаются в сми и стали одним из предметов национальной гордости.

РОЛЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ХИМИЧЕСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Зиятдинова Ю.Н.

*Институт дополнительного профессионального образования
Казанского национального исследовательского технологического университета,
420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68,
e-mail: ZiyatdinovaYuN@corp.kntru.ru*

В последние годы дополнительные профессиональные программы (ДПП) повышения квалификации и профессиональной переподготовки приобретают новое значение в программах развития университетов, в том числе технических. Участие в федеральных проектах, таких как «Приоритет-2030» и «Передовые инженерные школы» выдвигает новые требования к формату таких программ и способствует пересмотру роли дополнительного профессионального образования (ДПО), которое становится одним из ключевых направлений деятельности университетов наряду с основными образовательными программами и научными исследованиями.

Повышение роли ДПО обусловлено изменениями на общероссийском рынке труда, где происходит перераспределение спроса с программ высшего образования на дополнительные профессиональные программы, которые создаются оперативно в ответ на точечные запросы промышленных предприятий. В частности, многие нефтехимические и газоперерабатывающие предприятия обращаются в университеты с запросами на разработку и реализацию ДПП, развивающих профессиональные знания сотрудников по профилю деятельности, либо по смежным отраслям, связанным с химической технологией.

Одной из стратегий разработки таких программ является их интеграция с научными исследованиями¹, когда вузы с высоким уровнем НИОКР от промышленных партнеров запускают для них же программы ДПО в той же профессиональной области. Практика показывает, такие программы в сильных исследовательских университетах значительно больше привлекают слушателей, однако мотивация преподавателей проводить программы ДПО в дополнение к научным исследованиям невелика. Разрешение данного противоречия является одной из важных задач исследовательских университетов.

Литература

1. Келлер А.В., Коршунов И.А., Ширкова Н.Н., Суворов Г.Н., Сжёнов Е.С., Шадрин С.С., Орехов А.А. Дополнительное профессиональное образование в университетах: состояние и стратегия интеграции с научными исследованиями // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 11. С. 9–36. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-11-9-36

ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ «ЮНЫЕ ТАЛАНТЫ»

Зубарев М.П., Елохов А.М., Мочалова Н.К.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614068, Пермь, ул. Букирева, 15,
e-mail: mizubarev@yandex.ru*

Химический факультет Пермского государственного национального исследовательского университета имеет многолетний опыт проведения олимпиад школьников. С 2009 года на базе факультета проводится Многопредметная олимпиада «Юные таланты» по химии, которая в настоящее время организуется совместно с вузами Красноярска, Самары и Саранска. Олимпиада неоднократно входила в Перечень олимпиад школьников Минобрнауки России как олимпиада 1 уровня. На текущий момент она проводилась уже 17 раз. Задания олимпиады разрабатываются для четырех возрастных параллелей (11, 10, 9, 8 и более младших школьников)¹. Одним из достоинств олимпиады является наличие экспериментального тура. Следует отметить, что благодаря удачному стечению обстоятельств заключительный этап олимпиады всегда проводился в очном формате, даже в годы пандемии.

Ежегодно в олимпиаде принимают участие около 2500 школьников более чем из 75 субъектов РФ. Победителями и призерами становятся школьники более чем из 25 субъектов РФ. В 2023/24 году заключительный этап олимпиады проводился в 19 регионах.

Проведение олимпиады для региональных вузов имеет свои плюсы и минусы². В качестве безусловного плюса хотелось бы отметить выявление талантливых, интересующихся предметом школьников, для которых участие в олимпиаде не проходит бесследно. Эти школьники, как правило, успешны в своей дальнейшей деятельности. Но часто они также увлечены олимпиадным движением, и, несмотря на свою занятость, участвуют в организации олимпиад и составлении заданий³.

Литература

1. Зубарев М.П., Мочалова Н.К., Елохов А.М. О разработке заданий химических олимпиад // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (Екатеринбург, 26–30 сентября 2016 г). Екатеринбург. 2016. Т. 5, С. 63.
2. Зубарев М.П., Елохов А.М. Олимпиада по химии «Юные таланты»: проблемы и перспективы // Материалы Четвертого Прикамского съезда преподавателей химии. Пермь, 2019. С. 32–36.
3. Олимпиада по химии «Юные таланты». Сборник заданий. Вып. 5. Пермь: ПГНИУ, 2019.

ОЛИМПИАДНОЕ ДВИЖЕНИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ УЧИТЕЛЯ ХИМИИ

Козлова Т.Л.

*Муниципальное бюджетное учреждение «Школа № 64 города Донецка»,
283087, ДНР, Донецк, проспект Панфилова, 51,
e-mail: tlk68@mail.ru*

Олимпиадное движение школьников как социально-педагогическое явление занимает значительное место в современном образовательном пространстве. Активизируя лидерские, соревновательные качества обучающихся, олимпиадное движение содействует их интенсивному интеллектуальному развитию и социализации.

Вовлечение учителей в олимпиадное движение в отечественной образовательной системе подразумевает участие в организации и проведении олимпиады и педагогическое сопровождение обучающихся в процессе их подготовки к олимпиаде. Экспериментальные исследования доказали, что организация специализированного олимпиадоориентированного образовательного процесса в системе дополнительного профессионального образования является мощным инструментом развития профессиональных качеств учителей химии¹.

Однако остается открытым вопрос вовлечения учителей в собственно олимпиадное соревнование, т. е. организация олимпиадного движения учителей. Некоторые попытки проведения таких мероприятий не отличаются ни серьезностью подхода, ни глубиной (например, <https://education.apkpro.ru/courses/1049/>).

Представляется актуальной организация и проведение учительских олимпиад по химии на базе ведущих учреждений высшего образования России при содействии Министерства просвещения РФ. Можно прогнозировать, что стимулирование профессионального развития и личностных качеств учителей, общение с научно-педагогическими кадрами высшей школы в олимпиадной среде и собственной соревновательной деятельности повысят качество химического образования в России.

Литература

1. Козлова, Т.Л. Формирование профессиональной компетентности учителей химии в педагогическом сопровождении обучающихся в олимпиадном движении : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Козлова Татьяна Леонидовна / Донецкий национальный университет. – Донецк, 2021. – 28 с.

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ STEAM В ШКОЛЬНОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Костенко Е.С.^а, Никешина А.А.^б, Енютина Г.В.^в

^аФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
350059, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
e-mail: kosten_kate@mail.ru

^бМБОУ гимназия им. В.П. Сергейко, ст. Ленинградская,
353740, Краснодарский край, Ленинградский р-н, ст-ца Ленинградская, ул. Чернышевского, 183

^вБУ ВО «Сургутский государственный университет»,
628412, Ханты-Мансийский автономный округ, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1

Современный рынок труда нуждается в специалистах, способных работать со сложными многогранными задачами, затрагивающими несколько областей научного знания, инженерии и технологии. Работа с большим данными и внедрение AI требует мощной математической базы. Применение в образовательном процессе методики STEAM, позволяет решать вопрос меж- и метапредметного обучения на разных уровнях – от детского сада до университета. Мировая практика доказывает эффективность внедрения STEAM в школе¹, однако, применение STEAM подхода в российских школах пока имеет точечный характер².

В 2023 году в МБОУ Гимназии станицы Ленинградской Краснодарского края создан школьный STEAM-центр, в рамках которого реализуется программа интеграции данного подхода к освоению дисциплин естественно-научного блока. Педагогами гимназии и привлеченными экспертами разрабатываются и успешно внедряются³ программы урочной и внеурочной работы для изучения химии в 8–9 класса и построения межпредметных компетенций. Отметим, что создание STEAM-уроков является трудоемким процессом и результат зависит от мастерства учителя, поэтому необходим обмен опытом и программы повышения квалификации для педагогов по методике STEAM.

Литература

1. Корецкий М. Г., Тукаева Л. Р. *Гуманитарные и социальные науки*, 2022. **4**, 148.
2. Обухов А. С., Ловягин С. А. *Исследователь/Researcher*, 2020, **2**, 63.
3. Nikeshina A. A., Kostenko E. S. *Chemistry at school*, 2024, **4**, 61.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ХИМИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ

Крайсман Н.В.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, ул. Карла Маркса 68,
e-mail: KraysmanNV@corp.knrtu.ru*

Академическая мобильность студентов является инструментом, направленным на уравнивание рынка труда, а также вектором обмена знаний и личного обогащения. Академическая мобильность необходима для научного совершенства, которое предполагает взаимодействие между учеными и исследователями на международном уровне и интеграции в научные сообщества. К тому же она повышает качество образования университетов и обеспечивает конкурентоспособность высших учебных заведений, научных и исследовательских лабораторий.

Существует два основных вида академической мобильности: внутренняя (обучение и стажировки в российских университетах и организациях) и международная (обучение и стажировки за рубежом). На факультете дополнительного образования ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» реализуются программы подготовки к академической мобильности для студентов различных направлений, в том числе и химических. Для реализации этих программ разработаны и осуществлены образовательные программы, индивидуальные образовательные траектории, созданы благоприятные условия для осуществления академической мобильности.

Для учебы и стажировок за рубежом студентам необходимо повысить уровень языковых навыков и коммуникативной компетенции. Решение проблемы видится в дополнительном профессиональном образовании по программе «Профессиональный перевод», где студенты изучают профессионально-ориентированный иностранный язык. Опыт подготовки химиков по этим дополнительным программам позволяет понять на сколько успешно усваивается студентами эта программа и видны результаты.

Подготовка к академической мобильности мотивирует студентов к обучению и стажировкам в российских и зарубежных вузах и помогает им быстрее адаптироваться к учебе. Благодаря такой подготовке студенты химических направлений выигрывают гранты и обучаются в российских и зарубежных вузах, затем возвращаются в Татарстан и устраиваются на работу по специальности, применяя свои знания, умения, навыки и опыт.

АНАЛИЗ И ЭВОЛЮЦИЯ ЗАДАНИЙ ХИМИЧЕСКИХ ОЛИМПИАД: ВСЕРОССИЙСКОЙ И ПЕРЕЧНЕВЫХ

Курамшин Б.К.

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18,
e-mail: b.kuramshin@gmail.com*

Ежегодно в этапах Всероссийской олимпиады школьников по химии принимает участие около полумиллиона школьников. Около трёхсот из них в итоге отбираются и участвуют в Заключительном этапе Всероссийской олимпиады. Огромно также число участников перечневых олимпиад по химии, проводимых, в основном, ВУЗами – олимпиад перечня Российского совета олимпиад школьников, список которых устанавливается ежегодно Министерством Просвещения¹. Бурное развитие олимпиад по химии привело к формированию особой культуры подготовки школьников к ним. В то же время, разнообразие олимпиад и имеющаяся история развития последних лет даёт плодотворный материал для анализа эволюции самих заданий олимпиад.

В настоящей работе проведён такой анализ, результатом которого являются краткие характеристики основных олимпиад I уровня и их сопоставление с Всероссийской олимпиадой по химии (региональным и заключительным этапом). Выявлены основные проблемы как олимпиад в целом, так и имеющегося состояния их развития. Сделаны выводы о том, каковы возможные траектории развития отдельных олимпиад и движения в целом.

Литература

1. Приказ «Об утверждении перечня олимпиад школьников и их уровней на 2023/24 учебный год» от 28.09.2023 г.

ИНТЕГРАЦИОННЫЕ И АДАПТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОБНОВЛЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Лобанов А.В.

*Московский педагогический государственный университет,
119991, Москва, улица Малая Пироговская, 1/1,
e-mail: av.lobanov@mpgu.su*

На современном этапе развития общества все очевиднее становится значимость химического образования в решении глобальных проблем общества и реализации концепции национальной безопасности¹. На сегодняшний день в обучении химии продолжают оставаться острые и требующие решения вопросы, связанные с низкой мотивацией обучающихся, недостаточностью условий для творческого мышления, трудностью восприятия предмета учениками классов гуманитарного профиля и обучающимися в условиях различных ограничений².

Системно-деятельностный подход, о котором говорится в современном ФГОС, направлен на достижение компетенций XXI века, среди которых выделяют предметные, метапредметные и личностные. Однако реализация подхода, направленного на обучение и воспитание творчески мыслящей личности, сталкивается с целым рядом сложностей, прежде всего, с недостаточным задействованием интеграционных и адаптивных процессов, от эффективности которых напрямую зависит успешность обучения химии. В настоящее время вызовы общества призывают к обновлению содержания химического образования на уровнях ООО и СОО. Прежде всего, требует внимания рассмотрение таких процессов, как 1) междисциплинарная интеграция; 2) научно-практическая интеграция; 3) вертикальные взаимодействия различных уровней образования; 4) адаптация преподавания химии к обучающимся нехимических профилей; 5) адаптация к особым категориям обучающихся и цифровой среде.

На практике реализация данных процессов сопрягается с рядом проблематичных тем, к числу которых относится недостаточная развитость содержательного, методического, материально-технического и кадрового обеспечения. Вместе с тем, наибольший упор, с нашей точки зрения, в настоящее время необходимо делать на создание системы интегративных форм и методов в обучении химии и естественнонаучным дисциплинам.

Литература

1. Ширяев С.Д., Лобанов А.В. *Наука и школа*, 2023, **6**, 138.
2. Лобанов А.В., Пузаткин О.В. *Химия в школе*, 2023, **10**, 45.

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ПРОБЛЕМА СОВМЕСТИМОСТИ

Михайлов О.В.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, Ул. К. Маркса 68,
e-mail: ovm@kstu.ru*

Среди многочисленных проблем, связанных с пандемией COVID-19, особую актуальность приобрела проблема реализации образовательного процесса в условиях фактической изоляции друг от друга двух ключевых его составляющих субъектов – обучающего (преподавателя) и обучаемого (студента). Министерство науки и высшего образования РФ достаточно быстро среагировало на сложившуюся ситуацию и настоятельно рекомендовало всем российским учреждениям высшего образования перейти на т.н. дистанционный формат ведения образовательного процесса, который в той или иной степени сохраняется в них и поныне. Более того, стало всерьез пропагандироваться мнение о том, что этот формат должен становиться все более и более преобладающим, а в перспективе – и вовсе вытеснить из практики традиционный (контактный) формат обучения.

В связи с этим, в данном докладе рассмотрены и обсуждены проблемы, связанные с возможным широким внедрением дистанционного обучения в практику российского высшего образования вообще и химического в частности. Представлены и детально проанализированы преимущества и недостатки дистанционного обучения по сравнению с контактными, предполагающим «живое» общение между преподавателем и студентом(ами), и констатируется, что независимо от специфики преподаваемой дисциплины недостатки дистанционной формы обучения в целом превалируют над ее достоинствами. Обращено особое внимание на то, что в целом ряде дисциплин, а именно тех, где для полноценного их освоения наряду с приобретением ЗНАНИЙ совершенно необходимым является приобретение НАВЫКОВ выполнения специфических экспериментальных работ (к каковым принадлежит и химия), дистанционный формат обучения может быть задействован лишь частично. Ибо при его реализации в полном объеме студенты однозначно не смогут приобрести те навыки, которые формируются только в результате выполнения ими соответствующих лабораторных работ, где требуется работа именно руками. Сделан вывод о том, что дистанционное образование в химии может стать преобладающим только в совершенно уникальных ситуациях, при которых «живое» общение между людьми вообще и преподавателями и студентами в частности по тем или иным причинам должно быть сведено к минимуму или даже вообще быть исключено.

МАТРИЧНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ – ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ НА ПРИМЕРЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Мызников Л.В.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)
Санкт-Петербург, Московский пр. 24-26/49,
e-mail: myznikov_lv@mail.ru*

Одна из основных задач высшего образования, помимо освоения общеобразовательных и профильных дисциплин, формирование у студентов критического (научного) мышления, способности к анализу информации и опыта в написании научных текстов. Данные навыки в большей мере формируются на лабораторных и практических занятиях, чем на занятиях лекционного типа. Традиционный лабораторный практикум, в рамках которого студенты воспроизводят единичные эксперименты по известным методикам не в полной мере позволяет решать указанные выше задачи. Воспроизведение типовых методик не позволяет выявлять закономерности и проводить полноценный анализ массива экспериментальных данных. В зарубежной литературе активно обсуждается необходимость предоставления отчетов по лабораторным работам в формате научной статьи¹, что в рамках традиционного лабораторного практикума является труднореализуемым. Таким образом, требуются новые подходы к организации лабораторных занятий.

На кафедре химической технологии органических красителей и фототропных соединений Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) был разработан новый подход к проведению лабораторных занятий. Данный подход, получивший название матричный лабораторный практикум, успешно применяется для обучения студентов в магистратуре. В ходе практикума помимо освоения теоретического и практического материала и техники эксперимента, получают достаточно экспериментальных данных для анализа и для отчета в формате научной статьи. В конце семестра обучающиеся также готовят презентацию и выступают с презентацией.

В докладе приводится подробное описание методологии, с примерами лабораторных работ и результаты статистического исследования, демонстрирующего положительный отклик студентов на новую методологию, а также ее влияние на их критическое мышление и навыки в написании научных текстов.

Литература

1. Gragson, D. E; Hagen, J. P. *J. Chem. Educ.* 2010, **87**, 62–65.

КАЧЕСТВА ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ ЧЕРЕЗ ИНТЕГРАЦИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ С ПРОИЗВОДСТВОМ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ (НА ПРИМЕРЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ВЫКСУНСКИЙ ФИЛИАЛА НИТУ «МИСИС»)

Мялкин И.В.

*Выксунский филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «Мисис»
607036, Нижегородская область, г. Выкса, р. п. Шиморское, ул. Калинина, д. 206,
e-mail: i.v.myalkin@gmail.com*

Главной задачей высшей школы является подготовка высококвалифицированных специалистов в различных сферах человеческой деятельности. Реальность такова, что современному специалисту высокой квалификации приходится работать в сложных, быстро изменяющихся условиях научно-технического прогресса, важно перестроить учебный процесс. Важнейшей компонентой в подготовке специалиста в металлургической отрасли является блок естественнонаучных дисциплин, одним из основных направлений этого блока являются химические дисциплины. Для реализации такой политики нужна интеграция ВУЗа и работодателя. Основной задачей такого партнерства является формирование единого фундаментального и практического знания в технической области для бакалавров, так называемого система «ВУЗ – Работодатель. Для успешной осуществления такой интеграции для молодых специалистов нужны знания в естественно-научного направления, в частности в рамках дисциплин химического профиля. Для формирования фундаментальных и практических знаний нужны знания, в области химии. Для решения этой проблемы выбраны направления взаимодействия: введение в образовательный процесс – посещение завода и проведение на их территории практик, семинаров и лабораторных и научных работ. Выполнение совместных проектов по химии не только в рамках курса и за его пределами.

Все идеи, представления об организации преподавания химии в высшей школе, на примере металлургических специальностей, направлены на повышение качества химического образования и дальнейшего его развития и совершенствования.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Чистякова Т.Б.^а, Аксельрод Л.М.^б, Фищев В.Н.^а,
Козлов В.В.^а, Новожилова И.В.^а**

^аСанкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект 24-26/49, литер А,
e-mail: nov@technolog.edu.ru

^бПАО «НЛМК», 398040, Липецк, площадь Metallurgov 2

Интенсификация ресурсосбережения (экономия сырья и материалов, увеличение ресурса безаварийной работы металлургических агрегатов, переработка отходов, использование вторичных энергоресурсов) и повышение требований экологической безопасности производств приводит к необходимости подготовки квалифицированных специалистов¹. Разработанные образовательные программы (ОП) позволяют на основе применения цифровых технологий (интеллектуальных систем поддержки принятия решений, виртуальных тренажеров) проводить проектно-ориентированное обучение инжиниринговых команд (ИК) (материаловедов, технологов, операторов и др.) в области ресурсосберегающей эксплуатации футеровок металлургических агрегатов, понимания сложных взаимосвязей между параметрами процессов; определения технологических режимов для повышения выхода и качества стали; переработки конвертерного шлака; снижения выбросов загрязняющих веществ². ОП ориентированы на формирование индивидуальных траекторий обучения специалистов, что позволяет реализовывать обучение отдельных групп персонала. ОП соответствуют требованиям проектов ФГОС ВО 4 и направлены на подготовку специалистов, имеющих базовое образование, для углубления знаний и навыков в профессиях, отвечающих конкретным требованиям предприятий. ОП апробированы в учебном процессе СПбГТИ(ТУ) и при повышении квалификации сотрудников ПАО «НЛМК», ПАО «Северсталь».

Литература

1. Meshalkin, V. (2021). *Main directions of engineering theory of energy and resource efficient chemical-technological systems in the conditions of digital economy*. 34–42. <https://doi.org/10.37816/eeste-2021-p-34-42>.
2. Chistyakova, T. etc. (2023) *Resource and Energy Saving Control of the Steelmaking Converter Process, Taking into Account Waste Recycling*. Energies, 10.3390/en16031302

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 21-79-30029.

РАННЯЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИИ УЧАЩИХСЯ В ОБЛАСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК В СИСТЕМЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Опарина С.А.

*Арзамасский филиал Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
607220, Арзамас, К. Маркса, 36,
e-mail: sv130297@mail.ru*

Приобретение учащимися с раннего школьного возраста важных представлений о значении науки в современном мире, а также формирование интереса к естественным наукам в целом возможно посредством внеурочной деятельности. Внеурочная работа должна поддерживаться проектной деятельностью учащихся по химии и другим смежным наукам. Таким образом, *актуальность настоящего исследования* обусловлена необходимостью модернизации существующей модели школьного химического образования.

На базе образовательного центра дополнительного образования «Менделеев» г. Арзамаса в сотрудничестве с АФ ННГУ реализуется ранняя профессиональная ориентация учащихся в области естественнонаучного образования, которая направлена на подготовку хорошо ориентированных, обладающих прочными базовыми знаниями за школьный курс знаниями по профильным дисциплинам учащихся; на развитие качеств личности, позволяющих в дальнейшем достаточно быстро, согласно профилю, осваивать новую технику и технологию, а при необходимости и новую профессию, а также применять теоретические знания в практической деятельности.

Педагогами центра разработаны комплекты учебно-познавательных программ и мастер-классов для учащихся 1–11 классов, а также проводятся массовые мероприятия, нацеленные на популяризацию науки, расширению кругозора и увеличению интереса к естественнонаучным дисциплинам.

Приоритетными программами являются: «Химия радости» (1–4 классы), на занятиях которой учащиеся в игровой форме изучают основы химии, проводят занимательные эксперименты и опыты; «Химия жизни» (5–8 классы), где учащиеся изучают основы химии, проводят эксперименты для закрепления на практике теоретических знаний, законов и фактов, знакомятся с основой исследовательской и проектной деятельности по химии и «Химия без границ» (9–11 классы), на занятиях которой учащиеся изучают основы теоретико-экспериментальной химии, биохимии, фармакологии, знакомятся с химией в рамках выбора будущей профессии.

ИНЖЕНЕРНОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Семакина Н.В., Плетнев М.А.

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,
426069, г. Ижевск, Студенческая, 7,
e-mail: nadezhda_sமாகina@mail.ru*

Квалифицированные специалисты инженерного профиля сегодня остро востребованы на рынке труда. И поэтому вопросы их подготовки, а значит, и вопросы реализации химического образования в техническом вузе приобретают первостепенное значение.

В докладе представлены результаты работы по развитию инженерного химического образования в ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» на базе кафедры «Химия и химическая технология»¹. В настоящее время подготовка специалистов осуществляется по следующим образовательным программам:

- магистерская программа «Нанотехнологии в электрохимическом производстве»;
- программа специалитета 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»;
- программа бакалавриата 04.03.01 «Химия»;
- программа повышения квалификации «Основы физической и коллоидной химии».

Обучение в рамках образовательных программ ориентировано на удовлетворение потребностей в высококвалифицированных кадрах рынка труда Удмуртской Республики, Приволжского федерального округа и Российской Федерации в целом.

Работа проводится совместно с Центром компетенции по технологиям новых и мобильных источников энергии при ИПХФ РАН, Удмуртским федеральным исследовательским центром УрО РАН, АО «Электонд», АО «Сарапульский радиозавод», АО «Ижевский радиозавод», АО «Ижевский электромеханический завод «Купол».

Литература

1. Семакина Н.В., Грахов В.П., Кодолов В.И., Щенятский А.В., Соболев В.Вал., Пигалев С.А. XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 2019, Санкт-Петербург, 4, 437.

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ДЕВЕСТЕРНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Полупаненко Е.Г.

*Луганский государственный педагогический университет,
291011, Луганск, ул. Оборонная 2,
e-mail: aktiniua@mail.ru*

Результаты, полученные в процессе комплексного историко-педагогического анализа развития химического образования школьников в советский период и отраженные в работах^{1,2}, позволили выделить и обосновать ключевые аспекты совершенствования современной системы химического образования школьников с учетом нарастающих тенденций девестернизации:

1. Возобновить приоритетность естественно-научного образования с сохранением принципа гуманитаризации образования школьников.
2. Обеспечить доступность качественного химического образования для каждого школьника за счет развития широкой сети учреждений дополнительного химического образования и реализация мер по его популяризации.
3. Содержание химического образования школьников привести в соответствие с научно-техническим прогрессом, темпами социального развития.
4. Обеспечить практико-ориентированную направленность химического образования школьников и совершенствовать процесс обучения химии за счет реализации принципа межпредметности.
5. Возобновить практику политехнических факультативных курсов по химии, что обеспечит условия для формирования инженерного мышления и функциональной грамотности.
6. Совершенствовать системы оценивания химических знаний, умений и навыков школьников за счет преобладания практико-ориентированных форм контроля.
7. Обеспечить школы научно достоверной и доступной информацией на бумажных и электронных носителях для получения школьниками дополнительного химического образования.

Литература

1. Полупаненко Е.Г. Развитие химического образования школьников в советский период: теоретико-методологический аспект: монография. – Луганск: Книта, 2023. – 240 с.
2. Полупаненко Е.Г. Развитие химического образования школьников в советский период: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 / Полупаненко Елена Геннадиевна. – Луганск, 2023. – 518 с.

Подготовлено при финансовой поддержке государственного задания ФГБОУ ВО «ЛГПУ» VGEA-2024-0004 (рег. номер 1023082100012-4-1.4.1)

ПРОФИЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СМЕНЫ ПО ХИМИИ ПО МОДЕЛИ «СИРИУСА» В СИСТЕМЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Редько Т.С., Томилина О.А.

*Региональный центр выявления, поддержки и развития способностей
и талантов детей и молодежи Ставропольского края «Сириус 26»,
355017, Ставрополь, улица Артема, 6,
e-mail: sirius26@stavdeti.ru*

Ежегодно опыт «Сириуса» транслируется в регионы. Региональные центры вносят большой вклад в развитие молодых талантов. Появляются новые возможности для решения стратегических задач региона.

Для школьников, демонстрирующих успехи в точных, цифровых и естественных науках, в региональном центре «Сириус 26» Ставропольского края организованы образовательные профильные смены по химии, астрономии, биологии, информационным технологиям, математике, физике и проектной деятельности.

Профильные смены состоят из теоретических и практических заданий, включают тренинги по решению олимпиадных заданий, углублённое изучение отдельных тем школьной программы. Олимпиадное движение сегодня является одним из актуальных направлений¹.

На сегодняшний день задача семьи состоит в том, чтобы вовремя увидеть, разглядеть способности ребенка, задача же региональных центров дополнительного образования детей – поддержать ребенка и развить его способности, подготовить почву для того, чтобы эти способности были реализованы. Ведь именно в школьном возрасте должны закладываться основы развития думающей, самостоятельной, творческой личности².

Участие в профильных сменах, олимпиадном движении для обучающихся, очень важно, так как это: способствует их самореализации, расширяет и углубляет знания в определенной предметной области, позволяет определиться с выбором будущей профессии³. Успешно выступившие на олимпиадах школьники имеют преимущества при поступлении в престижные вузы страны и своего региона – а это в свою очередь повышает статус всего олимпиадного движения.

Литература

1. Рыжова О. Н. Олимпиады и вступительные экзамены по химии в МГУ, 2024. – 624 с.
2. Кузьменко Н.Е. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах, 2009. – 377 с.
3. Кузьменко Н.Е. Олимпиады и конкурсные экзамены по химии в МГУ, 2020. – 667 с.

ОНЛАЙН ПРЕПОДАВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПО МЕТРОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Савинов С.С.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7-9,
e-mail: s.s.savinov@spbu.ru*

Хотя «пандемийное» преподавание для многих уже является отголоском прошлого и от дистанционного варианта отходят в большинстве вузов по большинству преподаваемых дисциплин, у данной модели обучения есть определенные достоинства. Накопленный за последние годы опыт позволяет заключить, что онлайн обучение может быть как минимум оправданным при реализации ряда дисциплин, в том числе химической направленности.

Одной из таких дисциплин является «Метрология химического анализа», включенная в программу магистратуры «Химия» СПбГУ как дисциплина по выбору. На данном курсе предусмотрены часы только на лекции и семинары, что отличает его от большинства «практических» химических дисциплин и поэтому делает переход к онлайн преподаванию относительно простым в реализации и без ущерба для получаемых студентами знаний.

Данная дисциплина, начиная с пандемии и до настоящего времени, реализуется в дистанционном онлайн варианте. Все «очные» занятия ведутся на платформе MS Teams, остальная работа проводится в СУО Blackboard СПбГУ. Лекции сопровождаются как уже традиционными презентациями, так и закреплением материала с помощью тестов (сразу по окончании занятия и затем дистанционно в течение недели) и электронных домашних заданий, записями занятий, которые студенты используют при самостоятельном повторении материала.

В рамках семинаров проводится отработка практических навыков применения различных подходов к метрологической обработке результатов химического анализа, а также обсуждение (в формате дебатов) концепции неопределенности и ее применения в аналитических лабораториях. На курсе используется балльная система, позволяющая за выполнение текущих заданий получить оценку за экзамен. Студенты, не согласные с «автоматической» оценкой, сдают экзамен в тестовой или классической устной форме. Предложенная модель преподавания положительно оценивается студентами по результатам анонимного анкетирования.

Работа выполнена в рамках проекта «Цифровизация преподавания химии», реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2022/2023 Стипендиальной программы Владимира Потанина.

НАЗРЕВШИЕ РЕФОРМЫ ВЫСШЕГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Свитанько И.В.

*Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН,
119991, г. Москва, Ленинский пр., 47,
e-mail: svitanko@mail.ru*

Соберем воедино проблемы высшего химического образования (субъективные и объективные), с которыми могут согласиться большинство химиков:

- Необходимость для преподавателей совмещать науку и преподавание. Следствие 1) поскольку зарплата преподавателя зависит от количества и качества статей, а вовсе не от качества лекций, страдает и наука, и преподавание.
- Методически выверенные базовые курсы, определенная когда-то последовательность изложения и фактический материал, зафиксированные на 2–3 года минимум ученым советом – всего этого лектор обязан придерживаться. Следствие 2) новые научные методы попадают в темы базовых курсов спустя несколько лет после появления. Отсутствие мотивации развития у лектора.
- Межпредметная разобщенность – математики преподают всем чистую математику, физики – физику. Прикладные темы скорее исключение. Идея Н.С. Зефирова начала 90-х (математика для химиков, готовый комплект программ) прочно забыта. Важнейшие курсы без этого переходят в категорию «сдал-забыл».
- Практикумы, на которых студент осваивает методически выверенные синтезы, результаты которых уходят в слив. Следствия 3,4) отсутствие мотивации у студента; огромные средства для содержания практикума уходят туда же – в слив.
- Научная работа студентов, как правило, на 1–2 курсах декоративна. А это важный возраст для его мотивационного развития как ученого.
- И, наконец, результат высшего химического образования – выпускники. Какой-нибудь вуз может через год после выпуска сказать, где работают все выпускники, поименно – по специальности или нет?

Всему этому уже 30 лет есть решение – административное участие институтов РАН (как организаций, так и сотрудников) в системе высшего образования. Не декоративное, в виде «сетевой формы образования» или научной работы студентов в РАН на фоне 40 аудиторных часов в неделю, а реальное – с привлечением лекторов «от сохи» к преподаванию базовых курсов и ведению практических работ в своих лабораториях, со списком необходимых навыков вместо методически выверенного практикума. Возможности институтов РАН для научной работы студентов по-прежнему выше, чем университетов. Создание курсов «математика для химиков», «информатика для химиков» (не для программистов), срочный ввод в программы курсов «ИИ в химии», всевозможных практических курсов работы с современным оборудованием. Преподаватели и ресурсы в институтах есть, нужна административная воля обеих сторон по неимитационному объединению науки и образования.

МОДЕРНИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ЧЕРЕЗ ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ СТАЖИРОВОК НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Султанова Д.Ш.

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

Интеграция с промышленными предприятиями нефтегазохимического комплекса обусловила необходимость динамичного обновления содержания учебных курсов, читаемых на выпускающих кафедрах химического профиля. Строительство современных нефтегазохимических комплексов в Сибири и на Дальнем Востоке требует подготовки кадров, способных решать комплексные технологические задачи и работать на суперсовременном оборудовании. С этой целью в КНИТУ в 2023 году было принято решение на Ученом Совете университета об обязательном ежегодном прохождении стажировок 20% ППС кафедр на промышленных предприятиях и ведущих научных центрах России. Для повышения эффективности стажировок совместно с компанией СИБУР были сформированы КРІ для ППС, направляемых на стажировки, сформирована система сопровождения преподавателей на предприятии и перечень ответственных лиц со стороны промышленного предприятия. За 2023 год было направлено на стажировки 152 преподавателя, в том числе 90 на промышленные предприятия, находящиеся за пределами Республики Татарстан. Данная инициатива позволила укрепить взаимодействие выпускающих кафедр с основными работодателями, сформировать тематики совместных НИОКР, определить перечень необходимых для предприятий программ повышения квалификации, существенно обновить программы производственных и преддипломных практик для студентов.

По окончании стажировки преподаватель должен определить 3 КРІ из списка и согласовать их реализацию с руководителем стажировки- представителем промышленного предприятия. При этом КРІ, касающиеся обновления содержания читаемых курсов являются обязательными, два других показателя дифференцируются по сложности в зависимости от занимаемой должности стажирующегося преподавателя. Срок выполнения взятых на себя обязательств 4–6 месяцев, при достижении КРІ ППС предполагается рейтинговая выплата.

ДИСЦИПЛИНЫ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ И ВАРИАТИВНОЙ ЧАСТИ БЛОКА 1, ФОРМИРУЮЩИЕ ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ХИМИЯ»

Сульман М.Г., Демиденко Г.Н.

*Тверской государственный технический университет,
170024, Тверь, набережная Афанасия Никитина, 22,
e-mail: sulmanmikhail@yandex.ru*

В рамках действующего с 1992 года Закона РФ «Об образовании» российские вузы получили возможность реализации программ уровневой подготовки: бакалавриата и магистратуры.

Согласно действующим Федеральным государственным образовательным стандартам, программа подготовки бакалавров и магистрантов состоит из нескольких блоков, включающих учебные дисциплины (обязательные, вариативные и элективные), практики и государственную итоговую аттестацию^{1,2}.

ФГОС ВО 3++ по направлениям подготовки 04.03.01 и 04.04.01 «Химия», которые были утверждены в 2017 г. уже с учетом профессиональных стандартов^{1,2}, с одной стороны, позволили упорядочить профили подготовки бакалавров, дали вузам возможность самостоятельно выбирать дисциплины, виды практик, варьировать количество недель обучения и т. п. С другой стороны – это привело к существенной разнице в учебных планах, и, как следствие, сложностям при переходе в другое учебное заведение.

В настоящее время, в процессе разработки следующего поколения федеральных государственных образовательных стандартов и выхода России из Болонской системы, необходимо систематизировать, сохранять и развивать те положительные качества системы высшего образования, которые появились за последние три десятилетия, и, по возможности, избежать накопившихся недостатков.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Направление подготовки 04.03.01 Химия (уровень бакалавриата). Утвержден приказом Министерства образования и науки 17 июля 2017 г. № 671 (ред. от 08.02.2021). Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [сайт]: URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-04-03-01-himiya-671> (дата обращения 28.02.2024).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Направление подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры). Утвержден приказом Министерства образования и науки 13 июля 2017 г. № 655 (ред. от 08.02.2021). Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [сайт]: URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-04-04-01-himiya-655> (дата обращения 28.02.2024).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УНИВЕРСИТЕТА «СИРИУС»

Чувашов А.А., Удалов А.В.

*АНОО ВО «Университет Сириус»,
354340, Краснодарский край, ф.т. Сириус, ул. Таврическая, д. 5, а/я 8,
e-mail: chuvashov.aa@talantiuspeh.ru*

Современные исследовательские задачи определяют новые требования к формированию, обеспечению и организации научной лабораторной инфраструктуры^{1,2}. Для повышения эффективности использования лабораторной инфраструктуры в академических организациях внедряются форматы совместного доступа, создаются служебные подразделения для оказания сервисных услуг; административные подразделения для организации операционной деятельности и администрирования проектной деятельности; ресурсные центры для оказания узкоспециализированных исследовательских услуг и поддержки научно-образовательной деятельности.

В соответствии с этим в Университете «Сириус» реализовано структурное подразделение – лабораторный комплекс, основной задачей которого является обеспечение научно-образовательной деятельности научных направлений Университета лабораторной инфраструктурой, высокотехнологичными и общелабораторными услугами.

Основные цели лабораторного комплекса:

- обеспечение максимальной доступности, работоспособности и сохранности лабораторной, а также цифровой инфраструктуры Университета в интересах внутренних и внешних заказчиков в формате центров коллективного пользования и проектных лабораторий;
- повышение качества научно-образовательной деятельности Университета за счёт привлечения специалистов ресурсных центров к научным проектам и образовательным программам;
- обеспечение соответствия лабораторной инфраструктуры и процессов требованиям законодательства и лучшим отраслевым практикам

Развитие и совершенствование Лабораторного комплекса является важным фактором для успешной научно-образовательной деятельности Университета и обеспечения его конкурентоспособности.

Литература

1. Иванов О. Б., Бухвальд Е. М. КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДО 2030 ГОДА И ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2023. – №. 4. – С. 111–131.
2. Распоряжение правительства РФ от 20 мая 2023 года № 1315-р «Концепция технологического развития на период до 2030 года»

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА В МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ

Шабунина О.В.

*АНОО ВО Университет «Сириус»
354349, Российская Федерация, Краснодарский край,
федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 1,
e-mail: shabunina.ov@talantiuspeh.ru*

Научно-технологический университет «Сириус» – самый молодой и быстроразвивающийся университет России, реализующий качественно новый подход к образованию и научно-исследовательской деятельности. В нем нет привычных факультетов и кафедр, ядро университета составляют Научные центры по приоритетным для России направлениям, которые возглавляют ученые с мировым именем.

В научном центре трансляционной медицины открыто обучение по направлению Медицинская химия. Программа магистратуры нацелена на подготовку высококвалифицированных специалистов, готовых к самостоятельной профессиональной исследовательской и инновационной деятельности в области разработки лекарственных препаратов как в фармацевтической индустрии, так и в научных организациях.

Программа ориентирована на глубокое изучение как фундаментальных, так и наиболее востребованных индустрией дисциплин, таких как медицинская химия, фармацевтическая разработка, фарманиз, технологии производства фармобъектов. Благодаря вовлечению в образовательный процесс преподавателей-практиков, включая сотрудников индустриальных партнеров, выпускники программы осваивают современные физико-химические методы исследования, узнают регуляторные требования к разработке лекарственных препаратов различной природы, получают знания об особенностях проведения доклинических и клинических испытаний лекарственных средств.

В университете «Сириус» реализуется модульная система обучения, которая дает возможность преодолевать фрагментарность программированного обучения через создание целостной наглядной программы и проблемной подачи содержания в модуле. Преимущества модульной формы обучения: индивидуализация обучения; адаптация учебного материала согласно индивидуальным возможностям и педагогическим целям; равномерное распределение учебной нагрузки; оценка знаний по итогам проделанной работы; сокращённые сроки обучения; полное погружение в предмет; возможность обучения у ведущих специалистов; возможность удалённого обучения.

ВСЕРОССИЙСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ТУРНИР ШКОЛЬНИКОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПРИБЛИЖЕНИЯ ТАЛАНТЛИВОЙ МОЛОДЁЖИ К НАУКЕ

Яковлев И.А.

*Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН
630090, Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 3,
e-mail: yakovlev@niic.nsc.ru*

Вопрос выявления талантливой молодёжи и привлечение с последующим вхождением в науку является чрезвычайно актуальным. Помимо классических олимпиад и научно-практических конференций в России уже два десятилетия проводятся химические турниры для школьников с 8 по 11 класс

Химический турнир – это командно-личностное соревнование, формат которого предполагает решение задач в командах с подготовкой мультимедийных презентаций. Поставленные перед участниками задачи носят научно-прикладной характер, а их решение предполагает творческий подход со стороны школьников. Данный формат мероприятия учит участников составлять научные гипотезы и отстаивать их в процессе дискуссии, развивает навыки публичных выступлений, работы в команде. На данный момент существует 2 крупных химических турнира, с центрами в Москве (МХТ) и Новосибирске (ВХТШ).

Являясь гибридным видом деятельности, турнир способен раскрывать исследовательские и дискуссионные способности среди обучающихся, причём гораздо эффективнее классических научно-практических работ. Состязательная форма работы мотивирует команды учиться на собственных и чужих ошибках, раз за разом улучшая подходы к решению и презентации задач.

Неотъемлемой частью подготовки является прививание научно-исследовательского склада мышления, методик поиска литературы и построения красивых и понятных презентационных материалов.

ХИМИЧЕСКИЙ СТАРТ: ОТ ШКОЛЬНОГО УРОКА К БУДУЩЕЙ ПРОФЕССИИ

Яшкин С.Н.^{1,2}, Яшкина Е.А.¹, Щербатых Н.В.^{1,2}

¹ГБНОУ СО Самарский региональный центр для одарённых детей
443016, г. Самара, ул. Черемшанская, 70,

²ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
e-mail: snyashkin@mail.ru

Важным звеном в системе подготовки современного специалиста-химика является ранняя профессиональная ориентация обучающихся в средней школе (6–7 класс). Особое место в этом процессе занимают специализированные школы или отдельные классы с химическим уклоном. С 2019 г. в Самаре работает региональный центр выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодёжи «Вега». «Вега» – структурное подразделение Самарского регионального центра для одарённых детей (СРЦОД, создан в 2016 г.) и осуществляет свою деятельность, как и другие подобных центры в 70 регионах РФ, по модели ОЦ «Сириус». В работе выполнен подробный анализ результатов образовательной деятельности и педагогических подходов в преподавании химии в СРЦОД и его структурном подразделении – центре «Вега».

Химия в СРЦОД преподаётся с 7 класса с обязательным дополнительным специальным курсом в каждой параллели с постепенным увеличением недельного количества часов до 8–10 часов в 11 классе. В учебном процессе задействовано 4 педагога-химика (2 штатных учителя химии и 2 совместителя). Из 200 обучающихся в СРЦОД больше 50-ти ребят углубленно изучают химию, демонстрируя замечательные результаты: за семь лет работы СРЦОД получено 25 дипломов призёров и 5 дипломов победителей заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии (ВсОШ), свыше 300 дипломов победителей и призёров на олимпиадах I и II уровней из списка Минобрнауки, абсолютное лидерство в регионе на муниципальном и региональном этапах ВсОШ по химии, научные статьи по химии в изданиях, входящих в базы WoS и Scopus, большое число побед на всероссийских и международных конкурсах научных работ. В 2023 и 2024 гг. завоёваны бронзовая и серебряная медали на 57 и 58 Международной Менделеевской химической олимпиаде. Свыше 70 выпускников СРЦОД связали свою дальнейшую жизнь с профессией химика став студентами МГУ, СПбГУ, КФУ, РУДН, РХТУ и других научно-образовательных химических центров страны. Многие ребята выбрали своей будущей профессией медицину. СРЦОД по праву гордится своими учениками-химиками и считается одним из флагманов школьного химического образования в РФ.

МЕТОДИКА И ОСНАЩЕНИЕ ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА В ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ОТ ГРУППЫ КОМПАНИЙ «КРИСМАС»

Муравьёв А.Г.^а, Кондратюк И.П.^б, Богачева А.Г.^а

*^аГруппа компаний «Крисмас»,
191119, Санкт-Петербург, ул. Константина Заслонова, д. 6,
e-mail: agbogacheva@yandex.ru*

*^бГБОУ СОШ № 77 с углублённым изучением химии Петроградского района Санкт-Петербурга,
197198, Санкт-Петербург, ул. Блохина, д. 31*

Несмотря на неоспоримую пользу введения химико-экологических экспериментов в практику преподавания химии в общеобразовательной школе, многие педагоги сталкиваются с рядом проблем, среди которых острый дефицит учебных часов, отведённых на освоение учебного предмета химия и недостаточная для системной реализации химических и химико-экологических экспериментов материально-техническая оснащённость образовательных организаций. Причём, это распространяется как на демонстрационный эксперимент, так и на учебный эксперимент.

В этом случае на помощь педагогам приходят так называемые «готовые решения» от группы компаний «Крисмас», представляющие собой учебно-методические и/или дидактико-методические комплекты. В состав комплектов входят не только учебно-методические издания (пособия-руководства, рабочие тетради, определители и т. д.) и дидактические материалы (карты-инструкции, сравнительные таблицы и пр.), но и необходимое для выполнения химико-экологических практикумов оборудование. Применение педагогом в своей профессиональной деятельности таких готовых решений позволяет ему существенно сократить затраты времени на подготовку к их проведению, повысить надёжность получаемых результатов экспериментов, оптимизировать эргономику образовательной среды в процессе их проведения, обеспечить системность и вариативность этого вида образовательной деятельности в условиях современной школы.

В состав «Школьной химико-экологической лаборатории» («ШХЭЛ») входит пособие-практикум¹, которое одновременно является как методическим руководством для учителя, так и технологическим руководством для учителя и учащихся.

Литература

1. Химико-экологический практикум с применением портативного оборудования (8–11 класс): методическое пособие для учителя / А.Г. Муравьёв, Е.К. Орликова, И.П. Кондратюк, В.Л. Киселёва, Е.Б. Кравцова, А.Г. Богачёва; под ред. канд. хим. наук А.Г. Муравьёва. – Санкт-Петербург: Крисмас+, 2020. – 224 с., ил., табл., прил.

УРОВНИ ДИДАКТИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДОСТУПНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ХИМИИ: АНАЛИЗ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Горбунова О.Е.

МОУ СОШ № 18, г. Павловский Посад Московской области,
142500 Московская область г. Павловский Посад ул. Выставкина д. 2/2 кв. 39,
Контактный телефон: 8-916-959-35-70

Дидактический принцип доступности обучения можно рассматривать как некую возможность формирования в процессе обучения знаний и практических умений использовать это знание. Эта возможность определяется рядом факторов как зависящих от учителя и регулируемых им, так и факторов, не регулируемых преподавателем, таких субъективных факторов как учебная подготовка ученика, уровень развития мыслительных операций, внимание, усидчивость, прилежание. Доступность изучаемого курса может быть осуществлена за счет регулирования объективных факторов обеспечения доступности обучения, например, изменения логической структуры курса, его объема. Связь понимания с объяснением объединяет объективные и субъективные факторы доступности. Понимание является важнейшим начальным звеном доступности. Оно конкретизирует понятие доступности. Только понятный материал может быть доступен ученикам.

Если ограничить рассмотрение принципа доступности формированием знаний, то сразу следует уточнить, что объяснение носит ступенчатый характер. Таким образом, и доступность может быть разного уровня – от узнавания объекта до творческого уровня, когда имеющееся уже знание может быть переосмыслено, в этой связи можно выделить несколько уровней доступности: поэтому следует говорить не о доступности вообще, а о доступности определенного уровня содержания.

Тем самым принцип доступности может быть рассмотрен с точки зрения возможности формирования знаний об изучаемом объекте, на каком либо уровне. Таким образом, можно выделить несколько уровней доступности:

Доступностью 1 уровня можно считать формирование только внешнего образа об изучаемом объекте. **Критерием доступности первого уровня** является способность ученика воспроизводить полученную информацию целиком, при этом ученик ориентируется в полученной информации слабо и не способен воспроизводить ее отдельные составляющие.

Доступностью 2 уровня можно считать формирование логической взаимосвязи между изучаемыми понятиями и явлениями. Учащиеся обучаются методам сравнения, сопоставления, систематизации изученного учебного материала. **Сформированная доступность второго уровня** предполагает способность ученика участвовать (мысленно или в процессе диалогового общения с преподавателем) в объяснении материала; таким образом, ученик способен проделывать те же логические операции, что и учитель. Осуществляется поиск в памяти аналогичного или близкого по составу ощущений комплекса признаков, сравнение с которым воспринятого позволяет судить об их связи. Сформированная доступность второго уровня позволяет ученику ориентироваться в полученной информации и воспроизводить ее как целиком, так и отдельные ее моменты.

Формирование **доступности 3** уровня происходит при обучении алгоритмам решения задач, она может быть определена возможностью применения полученного знания. Таким образом, доступность третьего уровня предполагает переосмысление полученного знания, возможности такого использования полученного знания, при котором само знание впоследствии становится источником нового знания. У учащихся формируется окончательный вывод об исследуемом объекте, восстанавливается иерархия изучаемых понятий, теорий. Доступность данного рода нельзя сформировать сразу, при несформированности предыдущих уровней. **Сформированная доступность третьего уровня** предполагает способность ученика на основании имеющихся в сознании логических взаимосвязей между составными частями нового материала уметь решать задачи, в которых эти связи могут и должны быть установлены

Поэтапное формирование нового материала, осуществление мониторинга каждого этапа формирования знания позволит учителю регулировать понимание учащимися изучаемого материала. Так как доступность связана с длительным процессом формирования понятия, то для осуществления принципа доступности ученика надо провести через все указанные уровни, а для этого необходимо наличие мотивации ученика.

При изучении диссертационных исследований, психологической литературы мы нашли, что основным стимулом учащихся 8–9 классов является интерес. Поэтому с целью перевода учеников с одного уровня доступности на более высокий уровень необходимо его заинтересовать. Нами разработан комплекс заданий, позволяющий осуществить данный перевод, причем мониторинг и контроль доступности позволяет контролировать понимание учащихся.

1 уровень доступности мы предлагаем обеспечить и проконтролировать на уроке путем фрагментарного изложения материала. Нами разработаны соответствующие задания, выполнение которых наряду с мониторингом понимания учащимися изученного фрагмента, позволяет повысить мотивацию восьмиклассников, вызвать познавательный интерес к изучаемому материалу. В результате дозированной подачи информации учителю легче контролировать понимание или непонимание учащихся, а при выяснении непонимания необходим возврат к предыдущему фрагменту. Таким образом, в конце урока ученик может воспроизводить каждый изученный фрагмент объяснения.

Понимание логики объяснения материала – это более высокий **2 уровень доступности**. Для его проверки предлагаются задания, решение которых возможно только при понимании логики построения материала в целом, умении использовать технологии сравнения, анализа изученного материала. Это задания для закрепления и обобщения изучаемых понятий, специальные домашние задания и задания для их проверки, в которых происходит отработка умений осуществлять конкретные операции с изученным материалом. Это специально разработанные для каждого конкретного урока задания на сравнение, сопоставление, выявление общих черт и закономерностей.

Для контроля **3 уровня доступности** предлагаются задания и задачи, в которых требуется объяснить явления в новой методической ситуации. Они развивают логику учащихся, способствуют возникновению закономерных взаимосвязей между изученными темами, позволяют практически применить полученные знания. Однако не всякий материал, как выяснилось, может быть изложен до третьего уровня доступности (например, материал о строении атома химического элемента). Это во многом связано с возрастными ограничениями понимания учащимися нового материала, особенностями развития психики учащихся, особенностей формирования мышления учащихся.

Принцип доступности в обучении химии играет ключевую роль в обеспечении эффективного и качественного образования. Химия является важным и сложным предметом, который требует особого подхода к преподаванию. Использование принципа доступности в преподавании химии имеет несколько важных преимуществ:

1. Индивидуализация обучения: принцип доступности позволяет учитывать индивидуальные особенности каждого ученика, их способности и потребности. Это помогает создать персонализированный подход к обучению, который способствует более эффективному усвоению материала.

2. Улучшение доступности информации: использование разнообразных методов и средств обучения делает материал более доступным для всех учащихся, включая тех, у которых есть особенности восприятия или обучения.

3. Повышение мотивации учащихся: доступность материала и возможность успешного усвоения знаний способствует увеличению мотивации учащихся к изучению химии. Это помогает создать благоприятную образовательную среду и повысить интерес к предмету.

4. Содействие инклюзивному образованию: принцип доступности способствует созданию инклюзивной образовательной среды, где каждый ученик имеет равные возможности для обучения и развития. Таким образом, использование принципа доступности в преподавании химии является важным элементом успешного образования, который способствует повышению качества обучения и улучшению результатов учащихся.

Дидактический принцип доступности характеризует процесс обучения, он призван обеспечить понимание учеником изучаемого материала. Наряду с этим доступность – ступенчатый процесс, постепенного наращивания знания, когда через осмысление учебного материала происходит формирование знания о нем. С точки зрения возможности формирования знаний мы рассмотрели уровни обеспечения принципа доступности, а также критерии, которые позволяют определить уровень сформированной доступности. Таким образом, логичнее говорить не о доступности вообще, а о доступности конкретного уровня, которая может быть сформирована в процессе обучения постепенно.

Литература

1. Немов Р.С. Психология: Учеб. пособие для учащихся педучилищ, студентов пединститутов и работников системы подготовки, повышения квалификации и переподготовки пед. Кадров. – М.: Просвещение, 1990. – 301 с.
2. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала: Вопросы дидактического анализа. М., 1974.
3. Минченков Е.Е. Практическая дидактика. М.: Издательство МГОУ, 2008. – С. 352.

ЧУВСТВО ВЕЩЕСТВА

Жилин Д.М.

*Международная школа смешанного обучения,
Москва, ул. Профсоюзная, 92,
e-mail: zhila2000@mail.ru*

Многолетние наблюдения автора за людьми разного возраста, в том числе никогда не изучавшими химию, показывают, что при решении новых для них практических задач, требующих манипуляций с веществами, люди проводят эти манипуляции с разным успехом.

Мы считаем, что у части людей существует способность манипулировать с веществами без явно сформулированных инструкций. Такую способность мы называем «чувство вещества». В нём можно выделить на «химические глаза» (способность замечать существенные проявления свойств веществ и процессов, игнорируя несущественные) и «химические руки» (способность помещать вещество в оптимальный набор условий из множества возможных).

Чувство вещества есть необходимое, хотя и недостаточное, условие для любой эффективной работы с веществами и материалами и потому его нужно развивать в ходе обучения.

Мы считаем, что с точки зрения когнитивной архитектуры чувство вещества находится в долговременной памяти в хорошей связке со структурами, управляющими манипулятивными процедурами. Его можно считать комплексным продуктом имплицитного научения, основанного на опыте. С точки зрения коннекционизма можно сказать, что в результате в мозгу формируются нейронные сети, которые не включают в себя вербальных компонентов.

Для диагностики чувства вещества можно предложить ряд практических заданий с веществами – вскипятить воду в пробирке; приготовить смесь двух твёрдых веществ; растворить вещество.

Для развития чувства вещества необходимо предоставить человеку опыт работы с веществами и материалами с немедленной обратной связью «получилось – не получилось», причём предоставлять его с самого рождения. Уже в несколько месяцев ребёнок ощупывает и пробует на прочность материалы. Мы наблюдали четырёхлетнего ребёнка, который сам отрабатывал навыки манипуляций для достижения предложенной цели (например, чтобы отлить фигуру из расплавленного парафина) и шестилетнего, который взвешивал вещества и готовил смеси. Поэтому можно сказать, что чувство вещества закладывается в раннем детстве, но потом развивается в течение жизни. И озаботиться его формированием нужно уже в детском саду, а не в восьмом классе, когда уже поздно.

СТРАТЕГИЯ РАННЕГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ОПЫТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Крестьянникова Е.В.^а, Могильная Т.Ю.^а, Шейбин Р.С.^б

^аГАОУ ТО «ФМШ», 625000, Тюмень, 30 лет Победы, 102

^бМГУ им. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1

В современных условиях поиска ответов на стратегические вызовы экономики остро стоит необходимость раннего освоения технических предметов на уровне школьного образования. Обеспечение личностно-ориентированного обучения, с раскрытием особенностей мышления, памяти, эмоций, восприятия, воли, интересов обязывает выбрать эффективный индивидуальный образовательный маршрут; подготовку к жизнедеятельности в меняющихся социально-экономических условиях, что приводит к непрерывному самообразованию.¹

Залогом эффективного раннего химического образования мы определяем структуру учебного плана нашей школы, благодаря которому реализуется высокая математическая нагрузка. Классический математический взгляд на решение заданий с открытым вариантом ответа, подходы в расчетах долей, пропорций, выставление коэффициентов перед неизвестными, дает быстрые результаты в освоении первичных математических приемов в химии. Внедрение раннего освоения химических навыков для математически образованных детей позволяет сконцентрироваться только на химических законах, т.к. с математическими расчетами ученики справляются самостоятельно. И в целом, первое время начинающие химики предпочитают пользоваться математикой, а не новыми знаниями (например, решая задания на расстановку коэффициентов ОВР с тремя компонентами). Эти же дети легко преодолевают вызовы самостоятельного предположения геометрической структуры химической формулы кислот, с законами расположения элементов в которых они только начинают знакомиться. И удивительным образом учащиеся справляются быстро и успешно, поставив себя на место исследователей 18–19 века, оставаясь до последнего в полном неведении своей правоты, пользуясь лишь знаниями стереометрии и геометрии, полученными до этого.

Таким образом привлечение на химпрофиль учеников 7–8 классов с математическим уровнем выше среднего позволяет быстро и эффективно пройти программу базового уровня по предмету «Химия» 9 класса за три четверти учебного года с высокими результатами пробных вариантов ОГЭ: «5» – 60%; «4» – 33%; «3» – 7%. Освоив и закрепив базовые знания по химии, перейти на изучение олимпиадных задач, открывая новые горизонты применения математики в химии.

Литература

1. Пак М.С., Иванова И.С. Непрерывное химическое образование: методологические ориентиры // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2007. № 30.

ХИМИЧЕСКИЙ НАНОПРАКТИКУМ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Кузьмина И.А., Семакина Н.В.

*Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия,
e-mail: irinka.kyzminka@gmail.com*

Выполнение лабораторного практикума является важной составляющей подготовки высококвалифицированных кадров в области нанотехнологий, поскольку наряду с теоретическими знаниями способствует формированию профессиональных умений и навыков.

Целью лабораторного практикума по дисциплине «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологий» является практическое освоение студентами навыков синтеза и исследования физико-химических свойств наноразмерных объектов.

Учебный практикум включает лабораторные работы по следующим разделам дисциплины:

1. Методы получения наноразмерных объектов;
2. Методы анализа наноматериалов и наноструктур;
3. Химические и физические свойства наноструктурированных материалов.

Кроме детального описания постановки опытов, учебное пособие содержит краткие теоретические положения, таблицы, схемы, графики, необходимые для выполнения лабораторных работ, форму отчета и контрольные вопросы. Для каждой лабораторной работы приведён список литературы.

Химический нанопрактикум разработан для студентов, обучающихся по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» в ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»¹⁻³.

Литература

1. Семакина Н.В., Грахов В.П., Кодолов В.И., Щенятский А.В., Соболев В.Вал., Пигалев С.А. *XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии*, 2019, Санкт-Петербург, 4, 437.
2. Семакина Н.В. *XII ежегодная конференция Нанотехнологического общества России*, 2021, Москва, 118–121.
3. Семакина Н.В. *Химия – XXI век: сборник научных трудов Региональной конференции по фундаментальной и прикладной химии*, 2019, Ижевск, 154–155.

ОБЩИЕ ДИДАКТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН БОТАНИКА И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Лобанов А.В., Ботов Г.К., Годин В.Н.

*Московский педагогический государственный университет,
119991, Москва, улица Малая Пироговская, 1/1,
e-mail: av.lobanov@mpgu.su*

В настоящее время все более очевидной становится важность интегрированных форм обучения и сочетания нескольких профилей подготовки. Естественные науки ботаника и неорганическая химия как и их дидактические эквиваленты, – учебные дисциплины ботаника и неорганическая химия, тесно взаимосвязаны в области объектов, предмета, методов исследования и методов познания^{1,2}. Данные дисциплины объединены рядом общих дидактических принципов конструирования их содержания^{3,4}, среди которых принцип научности, доступности, системности, историзма⁵.

Принцип научности отражает связи между реальными процессами и объектами. Для данных дисциплин это, например, дыхание и фотосинтез и участвующие в них вода, кислород и углекислый газ. Принцип доступности содержания проявляется в логических переходах в междисциплинарных знаниях. Чем больше выявлено таких переходов, тем разностороннее раскрыт объект, тем он доступнее. Примером может служить фиксация азота и физиология растений семейства Бобовые. Принцип системности подразумевает формирование системы знаний в сочетании с фактами, теориями, механизмами. Вещества и процессы рассматриваются с химической и биологической стороны, что создает объективное представление, например, о цикле Кребса, натриевых каналах в клетках, регуляторной функции микроэлементов. Системный подход учитывает закономерности процесса познания, движение от простого к сложному, от вещества к организму. Принцип историзма предполагает использование в содержании обеих дисциплин факты из истории научных открытий, биографий ученых-естествоиспытателей, что способствует реализации многих воспитательных задач.

Литература

1. Ваулина Н.М. *Вестник ЧГПУ*, 2010, **6**, 32.
2. Максимова Т.В. *Вестник НГПУ*, 2013, **3**, 5.
3. Лямин А.Н. *Концепт*, 2015, **7**, 1.
4. Бокий Г.В. *Достижения науки и образования*, 2016, **6**, 64.
5. Вдовина Л.М. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология*, 2006, **6**, 19.

ЗЕЛЁНАЯ ХИМИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Любашов П.С., Занин А.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
125047, г. Москва, Миусская площадь, 9,
e-mail: pahanchik.lubashov@mail.ru*

Современные химические предприятия всё больше ориентируются на устойчивое производство и применение принципов зелёной химии: спрос на специалистов в области зелёных технологий в 2022–2023 уже превысил количество занятых в этой области работников, и без должной подготовки кадров этот разрыв со временем будет только увеличиваться¹. Внедрение зелёной химии в образовательные программы по химии и химической технологии повышает конкурентоспособность и востребованность выпускников вузов на рынке труда. Существует ряд примеров подобного внедрения в вузах как за рубежом, так и в России. Так, в Орегонском университете (США) изучается каталитический синтез адипиновой кислоты вместо синтеза в присутствии азотной кислоты²; в Виннипегском университете (Канада) микроволновый синтез используется для достижения более высокого выхода с меньшими затратами растворителя и энергии³. В России в КФУ, РГУ им. С.А. Есенина, ЮУрГГПУ преподаётся дисциплина «Зелёная химия», включающая лекционные и/или семинарские занятия по принципам зелёной химии, катализу, безопасным растворителям, энергосберегающим технологиям, зелёным производствам и т.д. Специальные образовательные программы реализуются в АГУ им. В. Н. Татищева («Зелёная химия») и в РХТУ им. Д. И. Менделеева («Зелёная химия для устойчивого развития»), где дополнительно изучаются инновационные технологии, анализ жизненного цикла, правовые аспекты и т.п. Выгодным отличием последнего примера является лабораторный практикум по зелёной химии, способствующий развитию практических навыков. В целом российские примеры носят более фундаментальный характер, зарубежные – практико-ориентированный. Включение зелёной химии в образовательные программы необходимо для овладения навыками ответственного подхода к разработке химических синтезов, при этом оно не требует полной переработки программ и достигается за счёт преподавания традиционных химических знаний в контексте зелёной химии.

Литература

1. Cannon A.S., Warner J.C., Vidal J.L., O'Neil N.J., Nyansa M.M.S., Obhia N.K., Moir J.W. *Green Chemistry*, 2024, Advance Article.
2. Reed S.M., Hutchison J.E. *Journal of Chemical Education*, 2000, **77**, 1627.
3. Latimer D., Wiebe M. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 2015, **8**, 39.

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ОЛИМПИАДНОЙ ПОДГОТОВКИ ПО ХИМИИ НА ПРИМЕРЕ КЛУБА ОДАРЕННЫХ ДЕТЕЙ «МАТРИЦА»

Ляпишев К.М.^а, Полякова Н.В.^б, Поляков Д.А.^в

*^аКлуб одаренных детей «Матрица»,
350072, г. Краснодар, ул. Клары Лучко, 8,
e-mail: k.m.lyapishev@gmail.com*

*^бКубанский государственный университет,
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149*

*^вСанкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, ул. Университетская набережная, 7-9*

Система дополнительного образования предлагает возможности для углубления знаний, развития навыков и приобретения новых компетенций вне основной образовательной программы¹. Клуб одаренных детей «Матрица» (г. Краснодар) демонстрирует пример эффективной работы в направлении олимпиадной подготовки школьников по химии в системе дополнительного образования среди коммерческих образовательных организаций.

Работа клуба в сфере олимпиадной химии началась в 2017 году с одного ученика, а на данный момент их несколько десятков. Организация олимпиадной работы требовала решения следующих проблем: 1) создание материально-технической базы (было постепенно реализовано за счет средств клуба); 2) методическая подготовка преподавателей и системы обучения с учетом специфики обучения в учреждении дополнительного образования (создание авторских программ); 3) регулярное участие учеников в олимпиадах (в связи с этим в клубе «Матрица» организуются площадки проведения Перечневых олимпиад). Организация олимпиад в условиях отсутствия государственной поддержки, требует привлечения значительных ресурсов, прежде всего финансовых. Однако, данные затраты позволяют эффективно развивать олимпиадное движение не только внутри клуба, но и в крае.

Согласованная работа всех отделов клуба в области олимпиадной работы в течение семи лет обеспечила следующие результаты:

1) с 2021 года сборная края представлена минимум 2–3 участниками на заключительном этапе ВсОШ и всегда возвращается с дипломами, тогда как до 2020 года обычным результатом было участие 1–2 человек, часто проходившим только по квоте и без призовых мест в заключительном этапе;

2) количество дипломов олимпиад РСОШ возросло с 3 до 68, из которых 50 получили ученики клуба «Матрица»;

3) только за предыдущий учебный год проведено 24 олимпиады из перечня РСОШ, включая практические туры по химии.

Благодаря работе клуба за последние 5 лет количество участников олимпиад по химии в Краснодарском крае выросло более, чем в 5 раз.

РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НАСТАВНИЧЕСТВА В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ К ОЛИМПИАДАМ ПО ХИМИИ

Маннанов Т.А.^{а,б}

^аНаучно-технологический университет «Сириус»,
354349, федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, 1
^бРОО «Ассоциация наставников олимпиадного движения (АНОД)»,
450078, Уфа, улица Кирова, 91, 41,
e-mail: mannanov.ta@anodrb.ru

Школьное олимпиадное движение с более чем полувековой историей остаётся одним из основных инструментов выявления и развития таланта в области химии. В последние годы возрастает количество участников и влияние олимпиад: победители получают право поступления в вузы без вступительных испытаний либо 100 баллов Единого государственного экзамена, крупные премии и гранты, повышенные стипендии от университетов¹. Олимпиады становятся социальным лифтом, однако существует образовательное неравенство между школьниками разных регионов по доступу к нему, что подтверждается количеством дипломов Всероссийской олимпиады школьников в расчете на количество населения². Выстроенная в Башкортостане модель наставничества Ассоциации наставников олимпиадного движения позволила в значительной степени сократить обозначенное неравенство за счет вовлечения студентов – победителей олимпиад – в работу со школьниками: реализацию регулярных очных занятий, каникулярных школ и организацию площадок олимпиад. Это привело к значительному росту числа участников и победителей олимпиад по химии, но не позволило охватить обучающихся отдаленных районов республики³. В настоящей работе для решения указанной проблемы была разработана образовательная платформа anodrb.ru, обладающая функционалом для проведения дистанционных занятий, календарем этапов олимпиад, банком заданий с видеоразборами и автоматической проверкой различных типов ответов (тестовые, короткие текстовые, численные, структурные формулы соединений с вводом посредством редактора). Платформа была успешно применена при организации открытых онлайн-занятий, размещении бесплатных курсов по общей, неорганической и физической химии, проведении отборочных этапов ряда олимпиад, а также как вспомогательный цифровой инструмент для организации очного учебного процесса.

Литература

1. Княгинина Н., Янбарисова Д. *Образовательная политика*, 2016, **4**, 108.
2. Бойцова О.Ю., Носов Д.М., Тороп В.В. *Вопросы образования*, 2019, **2**, 199.
3. Гумеров А.М. *Исследователь*, 2022, **3–4**, 231.

РАЗВИТИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ИДЕИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА О НЕПРЕРЫВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ АКАДЕМИИ ТАЛАНТОВ г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Масколюнас Е.Н., Пошехонов И.С.

*ГБНОУ «Академия талантов»,
Санкт-Петербург, наб. реки Малой Невки, дом 1 литера А, Каменноостровский дворец,
e-mail: at@obr.gov.spb.ru; info@academtalant.ru; geni83@mail.ru*

В целях развития региональной системы по работе с талантливыми детьми и молодежью в Санкт-Петербурге с 2018 года на базе ГБНОУ «Академия талантов» функционирует Региональный центр выявления и поддержки одаренных детей в области искусства, спорта, образования и науки.

В рамках естественно – научной сферы Академия Талантов реализует следующие программы дополнительного образования школьников:

- «Инфохимия», в которой внимание направлено на научно-исследовательскую деятельность в области химии и химического инжиниринга, а также профильной подготовке обучающихся к успешному выступлению на конкурсах: соревнования НТИ, «Большие вызовы» и IChemPrize;
- «Лаборатория Хим+», в которая ориентирована на выявление, поддержку и сопровождение одарённых детей, заинтересованных в изучении химии как в теоретическом, так и в практическом плане.
- «Биохимия и молекулярная биология» особенностью которой является объединение теоретических знаний по химии и биологии, а также подходов к решению олимпиадных задач различного уровня сложности.
- «Химэксперт», которая включает существенное число интеграционных элементов с другими науками (математика, физика, биология), а также модули по неорганической и органической химии и фундаментальные физико-химические вопросы.

Академия Талантов проводит интенсивные профильные образовательные программы, проектные программы для учащихся старших классов, а также курсы повышения квалификации для учителей школ Санкт-Петербурга. Каждая программа предусматривает доступ участника к специализированному высокотехнологическому оборудованию, позволяющему успешно осуществлять данную проектную и образовательную деятельность.

НОВЫЙ ПОДХОД К УРОКАМ ХИМИИ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОГО ОКРУГ ГОРОД ВЫКСА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Мялкин И.В.

*Выксунский филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «Мисис»
607036, Нижегородская область, г. Выкса, р. п. Шиморское, ул. Калинина, д. 206,
e-mail: i.v.myalkin@gmail.com*

Изучение химии в основной и средней школе является изучение производств, связанных с областью химии. Таких как фармацевтическое, нефтехимическое, металлургическое и другие. Является одним из важных подходов в становление профориентационной деятельности учащихся. Это не только позволяет получить теоретические знания, но и связывать теорию с практикой, конкретизировать, углублять и закреплять знание, но и помогает выпускникам ориентироваться в выборе профессии.

Металлургическая отрасль для России является одной из основных по её масштабам, количеством занятых в отрасли, долей в ВВП, экспорте, объёме налоговых поступлений.

В г.о.г. Выкса Нижегородской области преподавание химии ведется в тесной связи с Выксунским филиалом НИТУ «МИСИС» и одним из основных работодателей города (Выксунским заводом ОМК). Для профориентации учеников для металлургической отрасли и преподавание химии разработан программа изучения химии на территории филиала. Программа включает два проекта проведение бинарных уроков химии (Школа новой инженерной мысли) и «ProГУЛ (Городской Учебный Ландшафт)¹. Первый проект включает проведения уроков на территории филиала в двух форматах школьный учитель и преподаватель филиала: по одному предмету химия или связь химии через другие предметы от литературы до физика. Данные уроки длятся по полтора часа и делятся на две части, где школьный учитель дает знания по ФГОС, затем эти знания накладываются на практическую (лабораторную) часть с углублением в металлургию, который преподаёт сотрудник филиала. Вторым проектом ProГУЛ (Городской Учебный Ландшафт) превратить Выксу в единую образовательную среду. Одним из площадок данного проекта выступает филиал. Уроки проводят учителя, которым помогают преподаватели. Урок длится 40 минут согласно ФГОСу. Так же существует учебные дни.

Литература

1. <https://vyksa-usadba.ru/lessons/>

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Мясоедова Т.Г.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва, Миусская пл., д. 9,
e-mail: miasoedova.t.g@muctr.ru*

Стремительное развитие цифровых технологий, под которыми понимается обработка, хранение и передача информации с использованием компьютеров и средств электронной коммуникации, существенно меняет содержание многих традиционных видов профессиональной деятельности, в т. ч. образования, медицины, искусства, государственного управления, производства, предоставления услуг и др.¹

Цифровая трансформация закреплена в качестве одной из национальных целей развития страны на период до 2030 года². В декабре 2020 г. вышло Постановление Правительства РФ «О проведении эксперимента по внедрению цифровой образовательной среды», которым занимается Министерство просвещения и Министерство цифрового развития.

Мнения преподавателей российских вузов по поводу необходимости полного перехода на цифровые технологии обучения разделяются. 61% респондентов отдают предпочтение гибридному формату обучения (очно с преподавателями и дистанционно). Студент может самостоятельно изучать теоретический материал с помощью онлайн технологий, используя образовательные платформы вуза, но должен иметь возможность в «реальном» формате работать в химических лабораториях, на современном оборудовании, при необходимости контактировать с преподавателями³. Другие авторы считают⁴, что необходимо с помощью искусственного интеллекта создавать индивидуальный учебный план для каждого студента с учетом имеющихся у него знаний и способностей. Потребуется время, чтобы накопить и обобщить полученные результаты, а также сделать соответствующие выводы.

Литература

1. bigenc.ruc/informatsionnye-tehnologii-db7a30, дата обращения 23.03.2024
2. <https://sber.pro/digital/publication/czifrovizacziya-i-czifrovaya-transformacziya--zadachi-i-rezultaty>, дата обращения 20.03.2024
3. *Сопромдзе Н.Ш., Парахина О.В.* Роль современных цифровых технологий в образовательном процессе в высших учебных заведениях. [https://ksmuconfs.org/wp-content/uploads/2024, 21.03.2024](https://ksmuconfs.org/wp-content/uploads/2024,21.03.2024) с. 406 дата обращения 25.03.2024
4. Абакумов П.В., Снегирева Л.В., Горюшкин Е.И., Фетисова Е.В. Искусственный интеллект и обучение физике: как машинное обучение и анализ данных могут улучшить процесс обучения [https://ksmuconfs.org/wp-content/uploads/2024, 21.03.2024](https://ksmuconfs.org/wp-content/uploads/2024,21.03.2024), дата обращения 25.03.2024

ЭФФЕКТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ СТУДЕНТОВ С НАРУШЕНИЕМ СЛУХА – СУБЪЕКТОВ ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОГРАММ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Орешкина О.А.

*«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана»,
105005, Москва, 2-я Бауманская 5,
e-mail: Olga_Oreshkina@yahoo.com*

В МГТУ им. Н.Э. Баумана студенты с нарушением слуха изучают химию в рамках инклюзивных основных профессиональных образовательных программах бакалавриата (ИП), в особых условиях: трансформируемая цифровая среда; специальные организационно-педагогические решения; комплексная поддержка учебного процесса¹. Особое значение приобретают образовательные стратегии (ОС), применяемые преподавателями. Цель исследования – разработка и реализация эффективной ОС учебного процесса по химии для таких студентов на основе учета их индивидуальных когнитивных особенностей и потребностей.

В основу методологии исследования положена пятиэтапная стратегия², реализуемая в цифровой среде и создающая основу для применения технологического подхода в обучении³. Каждый этап ОС – ориентация, презентация, практика, закрепление и оценивание – включает свой набор методик и технологий согласно рекомендациям Универсального образовательного дизайна⁴. Стратегия доказала свою эффективность при обучении химии как студентов с нарушением слуха, так и обычных.

Литература

1. Oreshkina, O., Safonova, Y. *IEEE EDUCON22*, 2022, DOI: 10.1109/EDUCON52537.2022
2. DeCaro, J. J., Blake, R. S. *American Annals of the Deaf Gallaudet University Press* V 126, N 7, October 1981 pp. 853–859 10.1353/aad.2012.1062
3. Zhang, W. *Sec. Educational Psychology*. doi.org/10.3389/fpsyg.2022.910315
4. CAST (2011). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УРОЧНОЙ И ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК СРЕДСТВО ДОСТИЖЕНИЯ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Панкратова А.В.

*МБОУ « СОШ № 50»
г. Чебоксары, 428036, ул. М. Залка, д. 4/11,
e-mail: Galinapan@yandex.ru*

В своей работе хочется видеть обучающихся, проявляющих интерес к химии, с высокой результативностью при освоении образовательной программы. Моя задача научить детей мыслить, потому, что только те знания, которые добываются самостоятельно, в труде, по настоящему закладываются и являются наиболее ценными. Сегодня каждый учитель ищет эффективные пути, чтобы заинтересовать обучающихся, усовершенствовать образовательный процесс. Учитывая современные требования к качеству образования, без активного применения современных образовательных технологий в урочной и внеурочной деятельности просто не возможно.

В своей работе я внедряю и использую несколько современных образовательных технологий.

Суть нашей дидактики заключается в том, чтобы отыскать способ, с помощью которого учителя бы меньше учили, а ученики при этом научились бы большему.

(Ян Коменский)

При выборе технологии необходимо учитывать возможности обучающихся и их возраст. При использовании современных образовательных технологий повышается учебная мотивация учеников, качество обучения, познавательная активность как на уроках, так и во внеурочное время.

Использую следующие технологии: информационно-коммуникационную, технологию исследовательской деятельности, игровую, здоровьесберегающую, дистанционное обучение и рефлексию.

Таким образом, считаю, что, используя современные образовательные технологии в преподавании, я открываю для себя новые интересные возможности в профессиональной деятельности, стараюсь организовывать и направлять учебную деятельность обучающихся так, чтобы они сами добывали знания и могли их практически использовать. В результате чего активизируется деятельность обучающихся, повышается мотивация к изучению предмета.

МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ-ХИМИКОВ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

Куликова Е.В., Петьков В.И.

*Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23,
e-mail: e.kulikova@bk.ru*

Учебный процесс на химическом факультете ННГУ при обучении английскому языку реорганизован с внедрением личностно-ориентированных заданий, индивидуального электронного словаря, лексического марафона, групповых проектов, ИКТ, образовательных интернет-ресурсов с учетом потребностей и психологических и поведенческих особенностей цифрового поколения.

Было разработано специальное руководство по созданию индивидуального электронного словаря¹, которое позволяет обучающимся с первых занятий курса системно работать над лексикой иностранного языка, способствует расширению словарного запаса и формированию терминологического аппарата на английском языке в пределах профессиональной сферы. Далее студенты-химики становятся участниками 4-х недельного лексического марафона¹, получая по одной словарной карточке в учебный день на портале ННГУ. Карточки содержат слово, определение, зрительный образ и три примера. Студенты составляют предложения и публикуют их на портале для комментирования преподавателем и другими участниками марафона. В конце каждой недели дается одно задание на повторение и одно творческое задание. На последнем этапе курса студенты работают над групповыми исследовательскими проектами², используя приобретенные знания для развития системного мышления при решении вопросов, связанных с задачей конструирования презентации в профессиональной сфере.

Таким образом, междисциплинарная интеграция позволяет по-новому осуществлять учебный процесс, интенсифицировать усвоение учебного материала, объединить в единый комплекс знания и умения обучающихся для развития у них универсальных и общепрофессиональных компетенций, необходимых для успешной работы и взаимодействия в иностранной профессиональной среде.

Литература

1. Куликова Е.В. Руководство по совершенствованию обучения за счет эффективного развития словарных навыков. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ. 2022. – 28 с. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=830222&idb=0> (Фонд электронных публикаций ННГУ – рег. № 2923.22.09 от 03.06.22).
2. Куликова Е.В. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки, 2019, **1(53)**, 116.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА TEDY 2.0 ДЛЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Макеева И.Р., Пешкичев И.В., Шульц О.В.

ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»,
456770, Снежинск, ул. Васильева 13,
e-mail: i.v.peshkichev@vniitf.ru

Термодинамическое моделирование многокомпонентных многофазных систем используется для исследования и анализа поведения физико-химических систем на основе данных о химически равновесных составах. Для решения задач термодинамического моделирования, возникающих при проектировании и оптимизации химических технологий, в РФЯЦ – ВНИИТФ разрабатывается программное средство TeDu^{1,2}. Текущая версия программного средства TeDu 2.0 включает в себя четыре программных модуля, каждый из которых предназначен для решения отдельного типа задач: расчет химически равновесного состава в многокомпонентных многофазных системах, расчет изменения термодинамических функций отдельных химических реакций, оценка значений термодинамических функций химических соединений (энтальпии образования, энтропии и изобарной теплоемкости) по их структуре³, а также доступ к базе данных по термодинамическим свойствам индивидуальных веществ⁴.

Программное средство успешно применяется для моделирования радиохимических технологий замкнутого ядерного топливного цикла, например, при разработке термодинамической модели карботермического синтеза моноксидов урана и плутония⁵, при моделировании процессов волокислации ОЯТ⁶, коррозионной активности топливной соли ЖСР⁷.

Литература

1. Пешкичев И.В., Макеева И.Р., Шульц О.В. [и др.] *Вестник ЮУрГУ. Серия «ММП»*, 2018, **11**, № 1, 84. – DOI: 10.14529/mmp180108.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: № 2021613475.
3. Шульц О.В. *Журнал физической химии*, 2019, **93**, № 7, 963. – DOI: 10.1134/S0044453719070264
4. Peshkichev I.V., Makeyeva I.R. *Radiochemistry*, 2023, **65**, № 1, 28. – DOI: 10.1134/S1066362223010046
5. Peshkichev I.V., Bochkareva A.A., Kuropatenko V.F. [и др.] *Radiochemistry*, 2019, **61**, № 5, 535. – DOI: 10.1134/S1066362219050047
6. Шульц О.В., Пешкичев И.В., Дырда Н.Д. *Моделирование технологий ядерного топливного цикла: сборник тезисов XII научного семинара*, 2024, Снежинск, 33.
7. Шульц О.В., Белоногов М.Н. *X Российская конференция с международным участием «Радиохимия-2022»: сборник тезисов*, 2022, Санкт-Петербург, 331.

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Короткова А.В., Потемкина Н.М., Плужник О.М.

*Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области
«Государственный гуманитарно-технологический университет»,
142611, г. Орехово-Зуево, ул. Зеленая, 22,
e-mail: allakorotkova2018@yandex.ru*

На современном этапе резко обострились проблемы профессиональной подготовки учителей химии, что неизменно повлекло за собой снижение качества учебного процесса в школах как базовой, так и углубленной подготовки учащихся.

1. Абитуриенты педвузов сдают в качестве вступительного экзамена только один из профильных предметов, несмотря на то, что подготовка будущих учителей (бакалавров) чаще ведется по двум профилям. И этим экзаменом, как правило, является биология. Исходный уровень знаний по химии таких абитуриентов оставляет желать лучшего.

2. Ориентируясь на результаты входного контроля, преподаватели вынуждены заниматься компенсацией предметных знаний, умений и навыков, необходимых для учебного процесса высшей школы. Это требует немалых временных затрат, а иногда и коррекции содержания программ учебных дисциплин.

3. Решение данной проблемы видится в изменении на федеральном уровне правил приема в вузы. Если выпускник школы претендует на освоение программ профессиональной подготовки по двум профилям, то и результаты он должен представлять по двум дисциплинам, соответствующим этим профилям.

4. Естественнонаучные направления, а химические науки в особенности, всегда требуют не только достаточной общепедагогической и методической подготовки, но и мощной научной базы. Только тогда предметные результаты обучения в школе будут в полной мере соответствовать необходимому уровню современного образования.

5. Вместе с тем, содержание профессионального педагогического химического образования требует определенной коррекции с целью сделать его более прикладным, функционально грамотным и в полной мере способствующим становлению и реализации возможностей для саморазвития и формирования творческой личности будущего учителя.

АНКЕТИРОВАНИЕ В ХИМИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Султанова Д.Ш., Маркинова Е.В.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, Карла Маркса 68,
e-mail: markinovaEV@corp.kntru.ru*

В Казанском национальном исследовательском технологическом университете с целью проведения внутренней системы оценки качества образования проводится анкетирование студентов бакалавриата и специалитета очной формы обучения укрупненных групп специальностей. Анкета состоит из 4 вопросов: «оцените актуальность полученных знаний»; «оцените умение вызвать интерес к предмету»; «оцените доступность излагаемого материала»; «ваши предложения/пожелания» (открытый тип). Каждый из показателей оценивается по пятибалльной шкале в соответствующей градации (где 1 – наименьший балл, 5 – наибольший балл). Анкетирование проводится в анонимной форме.

Полученные комментарии от обучающихся служат неким определителем критериев и показателей качества. Так, посредством анонимного анкетирования студентов предоставляется возможность определения степени антикоррупционного просвещения, качества материально-технического оснащения аудиторий и лабораторий, актуальности образовательных программ, функционирования административной части Университета, а также профессионального мастерства профессорско-преподавательского состава.

Также показатель проводимой анонимной анкеты «Преподаватель глазами студентов» (с учетом достижения минимально установленного показателя по значениям) включен в рейтинг профессорско-преподавательского состава как один из элементов рейтинговой оценки деятельности профессорско-преподавательского состава Университета.

На протяжении нескольких лет проведения анонимного анкетирования средний показатель по Вузу увеличился – с 4,3 до 4,5. Полученный опыт в рамках проведения социологического исследования позволяет охарактеризовать систему качества образования по ключевым аспектам – качество конечного результата образовательного процесса и система менеджмента качества в Университете. Сформированная система исследования качества предоставляет объективную «картину» деятельности образовательного учреждения.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 13 мая 2021 г. N 729 «О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» (с изменениями и дополнениями). – Москва: СПС «КонсультантПлюс». – Текст непосредственный.

СОЗДАТЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ РОССИИ

Телешов С.В.^а, Телешова Е.В.^б

^аЦентр образования 195,
191180, С.-Петербург, Бородинская ул., 11,
e-mail: histmetodik@mail.ru

^бДЮТЦ «Васильевский остров»,
199406, С.-Петербург, ул. Остоумова, 19,
e-mail: kolesoya@mail.ru

Многие российские учёные внесли более чем существенный вклад в сокровищницу мировой химии. Шестеро из них вошли в список ста выдающихся химиков Европы.¹ Среди этих имён нет по крайней мере ещё одного – имени человека, который не получил специального химического образования, но был членом РХО с 1890 г., прошёл стажировку в мюнхенской лаборатории А. Байера в 1896/1897 гг., защитил докторскую диссертацию по химии в СПбГУ в 1908 г., был делопроизводителем 2-го Менделеевского съезда в 1911 г., стал академиком по отделению химии Петербургской академии наук в 1916 г., членом ВСНХ в 1918–1930 гг., Председателем Главхима в 1921–1927 гг., назван В.И. Лениным «глава нашей химической промышленности» в 1921 г.^{2,3} С 1936 по 1990 гг. его имя было под запретом, как «дезертира социалистического труда». В 1994 г. он был восстановлен в своих правах, в его честь учреждена премия РАН.

Пора раскрыть его имя – это Владимир Николаевич Ипатьев. «Никогда за всю историю химии в ней не появлялся более великий человек, чем Ипатьев», – так сказал о нём его современник Рихард Вильштеттер (Richard Martin Willstätter) /1872–1942/, химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии за 1915 г. Менделеевский съезд – это достойный повод принятия решения о создании в рамках Всероссийского музея отечественной химии отдельного зала, посвящённого величайшему химику России, много сделавшему для создания и укрепления технологической независимости страны. Потомки Ипатьева поддерживают эту работу. Идея нашла поддержку у академиков РАН С.Н. Калмыкова и Ю.Г. Горбуновой. Возможно, сбудутся слова епископа Анастасия Братановского: «Воскресите, воскресите в памяти Вашей тех мужей, кои были украшением рода человеческого»

Литература

1. Colin Russel. Europe's favourite chemists? *Chemistry in Britain*. 2000. **36**. 2. 50–52
2. Кузнецов В.И., Максименко А.М. Владимир Николаевич Ипатьев. 1867–1952. – М.: Наука, 1992. – 189 с.
3. Телешов С.В. Снять покров забвения. *Каталитический бюллетень*. 2017. 4 (84). С. 20–34.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОДНОВРЕМЕННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПОДГОТОВКИ ПО ХИМИИ

Тер-Акопян М.Н., Пестряк И.В., Лобанова В.Г.

*Университет науки и технологий МИСИС,
119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1,
e-mail: Terakopyanmarina@gmail.com*

Фундаментальные и практические знания по химии необходимы студентам МИСИС для дальнейшей специализации в таких областях как создание новых материалов, обогащения полезных ископаемых и пр.

Сложность преподавания химии в нехимических вузах обусловлена колоссальными различиями в уровне подготовки студентов по этому предмету.

В рамках предпринимаемой попытки преодоления этой проблемы мы внесли изменения в организацию двух видов занятий по химии: практических и лабораторных (лекционные занятия остались без изменений).

Практические занятия мы проводим одновременно для нескольких групп данного лекционного потока, но это не академические группы, а группы «А», «Б» и «В», сформированные на основе результатов вводного теста в соответствии с повышением уровня химических знаний. Первые занятия в группах «А» посвящены изучению основных законов химии, в группах «Б» – решению несложных задач, в группах «В» – решению сложных комбинированных задач. На последующих занятиях разница в сложности решаемых в разных группах задач постепенно снижается, что связано с изучением материала, нового для всех студентов.

На лабораторных занятиях студенты остаются в своих академических группах, и часть группы выполняет работу в соответствии с основной программой. Студенты с высоким уровнем подготовки выполняют (в той же учебной лаборатории) более сложную лабораторную работу из разработанного нами альтернативного практикума. Например, на лабораторной работе по изучению свойств растворов сильные студенты готовят серию растворов электролита, измеряют их электропроводность и анализируют зависимость молярной электропроводности растворов электролита от концентрации.

Такой подход позволяет (в пределах одного и того же числа учебных часов) сделать первые занятия по химии интересными для сильных студентов путем повышения сложности теоретических и экспериментальных заданий, и одновременно дать возможность студентам, плохо подготовленным по химии, быстрее выйти на уровень, необходимый для освоения университетской программы.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ ХИМИИ В ВУЗЕ

Чаловская О.В., Якушева Г.И.

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет»,
460000, Оренбург, ул. Советская, 19,
e-mail: chov3110@yandex.ru*

На современном этапе развития общества экологическое воспитание приобретает мировоззренческую значимость и становится интегративным фактором обучения, воспитания и развития личности^{1,2}. Д.И. Менделеев особенно настойчиво проводил идею о необходимости связи учебного материала с жизнью, с ее потребностями. Именно тот пункт педагогической концепции мы считаем неотъемлемым компонентом экологического воспитания.

Таблица 1. Формы экологического воспитания и практические примеры

Формы экологического воспитания		
массовые	групповые	индивидуальные
межвузовские экологические фестивали, интеллектуальные игры, конференции, олимпиады	тематические экскурсии, кружковая деятельность, химико-экологический практикум	подготовка докладов, лекций, проектов, индивидуальные отчеты

В настоящее время студенты проявляют большой интерес к вопросам экологии, химии окружающей среды и здоровому образу жизни. В соответствии с этим формируются основные направления аудиторной и внеаудиторной работы. Процесс экологического воспитания будущего учителя химии должен быть системным, с использованием межпредметной интеграции, краеведческого материала. Данный процесс должен осуществляться с использованием разнообразных форм, методов и приемов организации деятельности студентов.

Литература

1. Золотова О.М. Экологические аспекты изучения химических дисциплин / О.М. Золотова // Наука и образование. – 2020. – № 4. – С. 339.
2. Ляпина О.А. Реализация экологического подхода в обучении химии / О.А. Ляпина // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 4. – С. 47.
3. Чаловская О.В., Якушева Г.И. Химико-экологические проблемы атмосферы. Учебно-методическое пособие для бакалавров направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями) профили подготовки Химия и Экология, Биология и Химия/Оренбург: 2024. – 79 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках государственного задания (соглашение № 073-03-2023-07/3 от 19 июня 2023 г.)

УЯЗВИМЫЕ ТОЧКИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ С УЧЕТОМ КЛИПОВОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ И РАЗВИТИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ)

Чиканова Е.С.

*Университет науки и технологии МИСИС,
119049, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1,
e-mail: chikanova.es@misis.ru*

В современном образовательном процессе мы имеем место с контингентом обучающихся, у которых определяющим является клиповое мышление. Оно характеризуется фрагментарностью и дискретностью усвояемой информации, и коренным образом отличается от понятийно-логического. Однако, многие образовательные программы, в том числе по химии, не уделяют должного внимания развитию этого типа мышления у студентов, что замедляет усвоение материала и может привести к проблемам молодых специалистов, которые пытаются выполнять свои профессиональные обязанности без детального изучения и анализа. Традиционные формы занятий по химии в высшей школе – это лекции, лабораторные и практические работы. Самое трудное – удержать внимание на лекции в течение длительного времени и провести контроль преподаваемого материала. Здесь очень важно заинтересовать в первые минуты выступления, поддержать внимание демонстрационными паузами, практическими примерами, давать короткие групповые задания с использованием современных информационных технологий. При проведении лабораторных работ возникает проблема с бездумным переписыванием материала от студентов старших курсов, использованием поисковиков для написания уравнений реакций. Решая эти педагогические трудности, важно обозначить достоверные источники информации в интернете. Можно создавать индивидуальные лабораторные задания, в которых необходимо решить конкретную задачу с привлечением теоретического материала. Занятия практического типа сопряжены с зазубриванием формул, готовых алгоритмов решения, привлечением к решению искусственного интеллекта. Поддержать интерес к предмету можно путем составления задач, близких по темам к выбранной профессии. Использование нейросетей в обучении химии может быть эффективным инструментом для улучшения понимания сложных концепций и увеличения интерактивности занятий. Но это требует разработки специальных методик и материалов, адаптированных под использование нейросетей, чтобы обеспечить оптимальное усвоение информации. Внедрение инновационных методик и технологий позволит сделать обучение более интересным, доступным и эффективным для студентов в высшей школе.

ИНТЕГРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ХИМИИ НА УРОКАХ БИОЛОГИИ

Чугунова Н.А.

*МБОУ «Псковский технический лицей»
180000, Псков, ул. Некрасова 9,
e-mail: aletta09@bk.ru*

Под интеграцией понимают процесс установления связей между компонентами содержания, что позволяет преодолеть мозаичность знаний и сформировать целостную естественно-научную картину мира. Интеграция необходима для понимания биохимии и экологии, а также для успешного выполнения проектной деятельности.

Цель работы: интегрировать элементы химии на уроках биологии, подобрать и разработать различные виды заданий для 7–11 классов (разных уровней сложности), предложить темы для осуществления проектной деятельности.

Авторы предлагают следующие направления работы: решение заданий разных типов (выбор одного верного ответа из четырех, выбор нескольких верных ответов из 5, задания на установление соответствия, расчетные задачи) и практическая деятельность учащихся.

Примеры заданий разных типов, предлагаемые на уроках биологии.

1. Выберите верный ответ.

Антикодон молекулы тРНК, узнающей метиониновый кодон 5'-AUG-3', имеет последовательность:

- а) 5'-AUG-3'
- б) 5'-UAC-3'
- в) 5'-CAU-3'
- г) 5'-GUA-3'

2. Юные натуралисты решили собрать коллекцию беспозвоночных для кабинета биологии. Они прочитали, что для длительного хранения биологических объектов используют 10%-й раствор формальдегида. Лаборант кабинета химии предложил им свою помощь в приготовлении раствора из имеющегося в школьной лаборатории формалина с концентрацией формальдегида 37,5%. Помогите рассчитать, какую массу формалина и воды необходимо взять для приготовления 270 г раствора.

Некоторые работы практического характера, проводимые на уроках: выделение ДНК банана, определение содержания аскорбиновой кислоты во фруктовых соках, исследование каталитической активности ферментов, ферментативный гидролиз крахмала (действие слюны на крахмал), окраска бактерий по Граму.

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-цезия и 90-стронция 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.



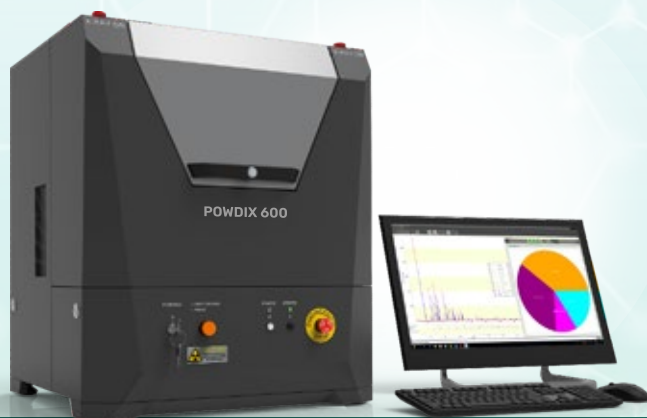
Рентгеновский дифрактометр

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




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**



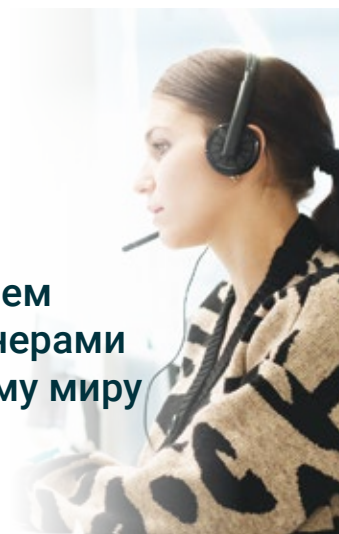
www.sibur.ru



**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»