

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН
Институт технической химии Уральского отделения
Российской академии наук**



IX Всероссийская конференция
ТЕХНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ
СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

7 – 12 сентября 2026

ПЕРМЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН
Институт технической химии Уральского отделения
Российской академии наук

**IX Всероссийская конференция
«Техническая химия. От теории к практике»,**

7 – 12 сентября 2026 г.

Пермь 2026

УДК 66.0(082)
ISBN 978-5-6030113-0-1
ББК 35.10, 24я431

Тезисы IX Всероссийской конференции «Техническая химия. От теории к практике»: Сб. тезисов / под ред. Г.В. Черновой; «Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН. – Пермь, 2026. – 211 с.

В сборник включены материалы IX Всероссийской конференции «Техническая химия. От теории к практике». Издание предназначено для ученых, аспирантов, студентов химического профиля, профессорско-преподавательского состава высшей школы, а так же инженеров, химиков-технологов реального сектора экономики.

© Институт технической химии УрО РАН, 2026

Организационный комитет
IX Всероссийской конференции
«Техническая химия. От теории к практике»
7 – 12 сентября 2026 г.

В.Н. Стрельников	председатель, чл.-корр. РАН, Пермь
В.Н. Чарушин	зам. председателя, академик РАН, Екатеринбург
В.А. Островский	д.х.н., профессор, Санкт-Петербург
К.П. Волчо	д.х.н., профессор, Новосибирск
И.В. Машевская	д.х.н., профессор, Пермь
В.П. Краснов	чл.-корр. РАН, Екатеринбург
И.Ю. Чукичева	д.х.н., профессор РАН, Сыктывкар
Ю.В. Шкляев	д.х.н., профессор, Пермь

СЕКРЕТАРЬ КОНФЕРЕНЦИИ

Г.В. Чернова	к.т.н., Пермь
--------------	---------------

Спонсоры конференции: ООО «МИЛЛАБ», ООО «Лабконцепт»

Секция «Полимеры и композиты. Гетерогенные процессы»

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ, И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Балашою М.А.^{1,2,3}

*1. Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Московская область,
141980, Россия*

2. Западный университет Тимишоары, Тимишоара, Румыния

*3. Национальный научно-исследовательский институт физики и ядерной инженерии
им. Хории Хулубея, Бухарест-Магуреле, Румыния*

balas@jinr.ru

В последние годы растёт интерес к переработке отходов и повторному использованию материалов. Углеродные волокна (УВ) — прочные, легкие и химически стойкие — производятся путем высокотемпературной обработки органических волокон (полиакрилонитрила, гидрата целлюлозы, пека). УВ из полиакрилонитрила востребованы в энергетической, газоразделительной, аэрокосмической, оборонной, машиностроительной и медицинской отраслях благодаря своей микропористости и высоким механическим свойствам. Первичное производство УВ обходится дорого, поэтому переработка композитных отходов и восстановление волокон является экономически и экологически выгодным подходом. Новые исследования направлены на оптимизацию методов извлечения и обработки, сохраняющих свойства волокон. Микроструктура УВ многомасштабна, что требует сочетания разных методов для ее изучения. В Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, мы применили малоугловое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей к исходным, восстановленным и функционализированным волокнам, включая УВ, декорированные наночастицами бёмита и магнетита. Эти методы чувствительны к структурным изменениям и позволяют понять взаимосвязь между микроструктурой и макросвойствами, что важно для оптимизации производства и потенциальных применений.

Обработка волокон проводилась в Лаборатории структурно-химической модификации полимеров «ИТХ УрО РАН».

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ МЕМБРАН ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА, ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТОПЛИВА В СИНТЕЗ-ГАЗ

Беспалко Ю.Н.*, Садыков В.А.

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия

* - bespalko@catalysis.ru

Создание функциональной керамики с необходимыми структурными, морфологическими, механическими, транспортными, электрохимическими характеристиками является важной частью разработки материалов для таких устройств как твердооксидные топливные элементы и каталитические реакторы с кислород- и водородпроводящими мембранами. Были разработаны нанокмползиты на основе материалов из наночастиц сложных оксидов со смешанной ионной-электронной проводимостью (структуры перовскита, шпинели, флюорита и Раддлсдена-Поппера), ионных проводников и наночастиц сплавов на основе никеля как электронных проводников. Для получения керамики в таких устройствах важным этапом технологического процесса является спекание. Современные методы спекания, такие как радиационно-термическое спекание, могут позволить достичь необходимых характеристик при более низких температурах и временах обработки с сохранением фазового состава. Помимо исследования физико-химических свойств полученных материалов были изучены транспортные свойства с помощью спектроскопии импеданса и изотопного обмена в проточном реакторе. Для эффективной работы каталитических мембранных реакторов важно создание высокоэффективных, стабильных и устойчивых к зауглероживанию катализаторов. Известным подходом повышения стабильности катализаторов является использование оксидов с высокой кислородной подвижностью (флюориты и перовскиты). Структурированные катализаторы на основе таких оксидов показали высокую каталитическую активность и устойчивость к зауглероживанию в конверсии биотоплив в синтез-газ. Таким образом, были разработаны и исследованы композитные материалы для создания мембран, разработан дизайн каталитических мембранных реакторов, продемонстрированы их высокие производительность, стабильность и выходы водорода и синтез-газа.

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

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЛАНАРИЗАЦИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН

Бокова Е.С.¹, Плотников Д.С.^{1,2}, Терашкевич Д.И.³

¹*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

²*ГК «Элемент», «Нанотроника», Москва*

³*ООО "ПТ-Инжиниринг", Зеленоград*

esbokova@ya.ru

Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года предполагает межотраслевой характер включения в стратегический контур разработчиков микроэлектроники производителей расходных материалов. Такой симбиоз характерен для процесса химико-механической планаризации (ХМП), который является одной из ключевых операций микроэлектронного производства и используется для достижения глобальной плоскостности полупроводниковых пластин.

Технология ХМП предполагает использование расходных материалов, среди которых особое место занимают полимерные полировальные диски и химически активные полирующие суспензии. Эти высокотехнологичные материалы в настоящее время производятся, в основном, в США и Японии, что, в свете введённых в адрес России санкций, делает не возможным их прямое приобретение и подчёркивает актуальность и необходимость внедрения отечественных разработок.

В работе предложены научно – обоснованные технологические решения по производству полировальных материалов на основе полиэфируретанов и теоретические подходы к синтезу абразивных суспензий для процесса ХМП кремниевых пластин.

Получены гибкие (твёрдость 70 по шкале Шора А) и жесткие (70 по шкале Шора D) полировальные диски, обеспечивающие оптимальный объем запаса полирующей суспензии, скорость съема 2000-5000 Å/мин, равномерный профиль съема и рабочий ресурс – 400-800 обрабатываемых пластин.

Предложены теоретические основы разработки высокоселективных абразивных суспензий на основе оксида церия и модифицирующих полимерных добавок для процесса ХМП пластин с мелкощелевой траншейной изоляцией.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА НЕДОРОГИХ КАТАЛИЗАТОРОВ РВК ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Буланова А.В., Шафигулин Р.В., Богдановская В.А.^{1,2}, Виноградов К.Ю., Андреев
В.Н.^{1,2}, Токранова Е.О., Корчагин О.В.^{1,2}, Востриков С.В.^{1,3}

¹ Самарский национальный исследовательский университет, г. Самара

² Институт физической химии и электрохимии РАН, г. Москва

³ Самарский государственный технический университет, г. Самара

av.bul@yandex.ru

В настоящее время наблюдается интенсивный поиск экологически чистых, экономически эффективных и стабильных систем преобразования и хранения энергии, что обусловлено необходимостью снижения зависимости от ископаемых видов топлива и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. В этом контексте, мембранные топливные элементы привлекают значительное внимание как перспективные источники энергии. Перспективным направлением является использование углеродных материалов в качестве носителей катализаторов, благодаря их высокой электропроводности, большой площади поверхности, химической и термической стабильности. Разнообразие углеродных материалов, включая технический углерод, углеродные нанотрубки, оксид графена допированный азотом] или восстановленный, ультрадисперсные алмазы и упорядоченные мезопористые углеродные материалы (УМУМ), позволяет подобрать оптимальный носитель, обеспечивающий высокую дисперсность активных центров катализатора. УМУМ, в частности, представляют интерес благодаря своей высокой удельной площади поверхности, большому объему пор, высокой электропроводности, химической стабильности и относительно низкой стоимости. Упорядоченные структуры, такие как СМК-1 (кубическая) и СМК-3 (гексагональная), обеспечивают взаимосвязанные каналы, способствующие диффузии кислорода и переносу реагентов к активным участкам катализатора. Модификация углеродных носителей путем допирования гетероатомами (азотом, серой) изменяет их электронные и физико-химические свойства, повышая электронную плотность, что способствует адсорбции кислорода и ослаблению связи О–О. Кроме того, перспективным подходом является использование ионных жидкостей в качестве прекурсоров, что позволяет влиять на структуру активных центров и текстурные характеристики катализаторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-53-80033 БРИКС_m).

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ ФИЗИЧЕСКИ СШИТЫЕ ГИДРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ И ГУАНИДИНИЕВЫХ ПОЛИАМФОЛИТОВ

Горбунова М.Н.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

mngorb@yandex.ru

Гидрогели демонстрируют заметный потенциал в различных биомедицинских приложениях. Несмотря на их благоприятные характеристики, обычные гидрогели могут терять свои механические свойства, а при повреждении их структура может изменяться, что еще больше ограничивает срок службы. Поэтому способность гидрогелевых пленок к самовосстановлению является важной характеристикой получаемых гидрогелей.

Данная работа посвящена синтезу физически сшитых гидрогелей, состоящих из гуанидиниевых полиамфолитов природных полимеров (κ-каррагинана и альгината). Полиамфолиты на основе 2,2-диаллил-1,1,3,3-тетраэтилгуанидинхлорида и ненасыщенных кислот (акриловой, метакриловой, кротоновой, винилуксусной) получены методом радикальной сополимеризации. Гидрогелевые пленки κ-каррагинан(альгинат)/полиамфолит были получены путем физического сшивания двух полимеров хлоридом калия (хлоридом кальция) и бурой, соответственно.

Методы ЯМР, ИК, ТГА, РФА и элементного анализа были использованы для характеристики композитных пленок. Полученные пленки являются самовосстанавливающимися, эффективность самовосстановления превышает 79 %.

Методом равновесия композитные пленки были наполнены ампициллином и доксициклином, и проведено детальное исследование высвобождения лекарственного средства. Результаты антибактериального исследования, проведенного с использованием метода «зоны ингибирования», показали, что пленки, наполненные ампициллином, обладают высокой антимикробной активностью.

Значительная антимикробная активность гидрогелей делает их перспективными агентами для разработки новых антибактериальных материалов.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 124021400012-1.

Авторы благодарят Центр коллективного пользования ПФИЦ УрО РАН «Исследование материалов и вещества» за аналитические и спектральные исследования, а также за спектральные, аналитические и биологические исследования.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ КОЖИ: ОТ СИНТЕЗА ПОЛИУРЕТАНА ДО СОЗДАНИЯ ВОЛОКНИСТО-ПОРИСТЫХ СТРУКТУР

Коваленко Г.М.¹, Бокова Е.С.¹, Капустин И.А.²

¹*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*

²*ООО «ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ», Москва*

gregoryi84@mail.ru

Разработка и создание полимерных композиционных материалов для различных отраслей народного хозяйства является приоритетной задачей Российской Федерации согласно концепции технологического развития Российской Федерации (РФ) до 2030 года на пути решения проблем импортозамещения и восстановления технологического суверенитета.

Синтетические кожи (СК) – это полимерный композиционный материал, где в качестве основы используется нетканые волокнистые материалы, а полимерное связующее представляет собой раствор полиуретана (ПУ) в органическом растворителе, водную дисперсию полимера или двухкомпонентную полиуретановую систему, не содержащую растворителей. Все слои преимущественно являются пористыми и получены различным способом формирования пористых структур: в случае растворов ПУ – фазовым разделением в среде осадителя; в случае дисперсий и двухкомпонентного полиуретана – вспениванием.

Функциональные свойства СК, а также их структуру определяют химический состав основных плёнообразующих ПУ (NCO/ОН индекс, тип полиэфира и диизоцианата), реализуемые процессы направленной модификации растворов и дисперсий полиуретанов, а также способ производства в рамках классической или видоизменённой технологии производства синтетических кож.

На основании разработанных технологических решений предложены блок-схемы и технологические схемы производства СК с высокими показателями паропроницаемости ($12 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{ч}$), низкой усадкой (0,5%); полировальных материалов и мембран, что предопределяет интерес к дальнейшему развитию научного направления для полноценного восстановления технологического суверенитета в области производства волокнисто-пористых композиционных материалов широкого ассортимента.

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ: ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ

Лисичкин Г.В.

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова,

Химический факультет, Москва

lisich@petrol.chem.msu.ru

Работы в области водородной энергетики в нашей стране регламентируются Распоряжением Правительством РФ N 2162-р от 5 августа 2021 г. «Об утверждении Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации» (с изменениями на 21 октября 2024 г.). В соответствии с Концепцией развитие водородной энергетики в Российской Федерации планируется в три этапа: I этап (2021 - 2024 годы) предполагает создание водородных кластеров и реализацию пилотных проектов для достижения экспорта водорода до 0,2 млн. тонн к 2024 году, а также применения водородных энергоносителей на внутреннем рынке. II этап (2025 - 2035 годы) предполагает запуск первых коммерческих проектов производства водорода с достижением объемов экспорта до 2 млн. тонн в 2035 году (оптимистичная цель - 12 млн. тонн). На этом этапе планируются создание крупных экспортноориентированных производств водорода, а также реализация пилотных проектов по применению водорода на внутреннем рынке Российской Федерации на базе отечественных технологий. III этап (2036 - 2050 годы) предполагает широкомасштабное развитие мирового рынка водородной энергетики. Объемы поставок водорода на мировой рынок могут достигнуть 15 млн. тонн к 2050 году (оптимистичная цель - 50 млн. тонн). Стоимость производства водорода на базе возобновляемых источников энергии приблизится к стоимости производства водорода из ископаемого сырья, что позволит начать реализацию крупных проектов по производству и экспорту низкоуглеродного водорода, произведенного на базе возобновляемых источников энергии.

В докладе подробно рассмотрены основные связанные с химией научно-технические проблемы, которые необходимо решить для успешной реализации Концепции: крупномасштабное получение водорода с низким углеродным следом; проблема утилизации углекислого газа; транспорт водорода в виде его соединений; хранение водорода в сорбированном состоянии; создание дешёвых и высокостабильных топливных элементов. Показано, что определяющую роль в решении перечисленных задач играет прогресс в области катализа.

**УПРАВЛЕНИЕ АНИЗОТРОПИЕЙ И КИНЕТИКОЙ СУБМИКРОННОЙ
ОБРАБОТКИ -КВАРЦА ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ:
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ НА ПУТИ СОЗДАНИЯ
ВЫСОКОДОБРОТНЫХ МЭМС-РЕЗОНАТОРОВ**

Медведева Н.А., Минкин А.М., Губина М.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

nata-kladova@yandex.ru

Создание миниатюрных резонансных кварцевых микроэлектромеханических систем (МЭМС) навигационного класса сопряжено с фундаментальным технологическим противоречием между требованиями к метрологической точности, определяемой механической добротностью (Q-фактором), и воспроизводимостью геометрии чувствительных элементов. Ключевым физико-химическим барьером в данной области выступает отсутствие комплексного понимания механизмов управления анизотропным травлением монокристаллического -кварца во фторсодержащих средах при формировании структур субмикронного масштаба. Процесс растворения кварца в плазме или фторидных буферах определяется не только диффузией реагентов, но и стохастическими поверхностными реакциями. Скорость травления зависит от плотности активных центров, которая, в свою очередь, обусловлена кристаллографической ориентацией (Z-срез) и состоянием дефектного слоя после механической обработки. Нестабильность кинетики приводит к росту шероховатости, что вызывает диссипацию энергии и термоупругое затухание. Это негативно сказывается на добротности, температурной стабильности и фазовых шумах резонаторов, что недопустимо в прецизионной навигации. Дополнительные сложности создают локальный перегрев (приводящий к подтраву под маску) и микромаскинг (образование блокирующих фторидных пленок). Анизотропия скоростей химического травления, обусловленная тетрагонально-тригональной симметрией кристаллической решетки α -кварца, накладывает жесткие ограничения на геометрические параметры микроструктур. Применение стандартных методов жидкостного травления не позволяет получить балочные элементы с высоким аспектным соотношением из-за недостаточной вертикальности стенок, что критически снижает чувствительность конечного сенсорного устройства.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №26-91-39004).

СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

Первова И.Г., Дворянкин Д.Ю., Клепалова И.А.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

pervovaig@m.usfeu.ru

Успешное развитие и внедрение адсорбционного метода в водоподготовку и очистку сточных вод требует не только совершенствования технологии повышения качества применяемых сорбентов, но и снижения их стоимости за счет использования, например, отходов деревообработки и лесопользования, решая одновременно и задачу их эффективной утилизации. В качестве объектов исследования выбраны опилки различных пород древесины (сосны, липы, ясеня, лиственницы) с размером частиц 0,75-2,00 мм, которые были подвергнуты следующим методам модификации: термической обработке (при температуре обжига $300 \pm 10^{\circ}\text{C}$ в присутствии кислорода воздуха), химической – с помощью растворов минеральных, органических кислот и щелочи, а также термохимической – при последовательно проведенных этапах обжига и химобработки.

Поскольку воздействие примененных методов модификации на полисахаридную часть, целлюлозу и лигнин в составе древесных опилок приводит к изменению химического состава функциональных кислородсодержащих групп и физико-механических характеристик поверхности получаемых углеродных сорбентов, интерес представляло провести исследование по оценке влияния этих факторов на процесс сорбционного извлечения ионов металлов. В качестве адсорбата при изучении адсорбционной способности модифицированных опилок использовали водные растворы солей меди(II), никеля(II), цинка(II), кадмия(II) и хрома(VI) различной концентрации (100-500 мг/л). Для оценки эффективности извлечения металлов и установления механизма процесса сорбции на границе твердое тело – раствор были построены изотермы адсорбции и определены кинетические и термодинамические параметры процесса. Математическую обработку изотерм проводили с помощью моделей адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радushкевича, Темкина. Установлено, что степень извлечения и механизм адсорбции ионов металлов зависит как от физико-химических характеристик исследуемых углеродных сорбентов, так и от природы и состояния иона металла. Таким образом, обоснованный подбор метода модификации древесных опилок позволяет получить эффективные и доступные по синтезу сорбционные материалы по широкой гамме металлов-загрязнителей водных сред.

АКТИВНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ СИНТЕЗА ХЕМОСОРБЕНТОВ

Першин Е.А.¹, Фарберова Е.А.¹, Цуканова А.Н.², Ходяшев Н.Б.¹

¹*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь*

²*АО «Сорбент», Пермь*

epershin@pstu.ru

Активные углеродные материалы широко известны как естественные сорбенты. Впервые они были применены в медицине при лечении отравлений и заживлении ран, а далее нашли свое применение в различных сферах жизнедеятельности (очистка воды, виноделие, детоксикация почв и др.). Развитие промышленного производства углеадсорбционных материалов относится к концу XVIII века с началом применения древесного угля в процессах очистки жидких и газовых сред. Расширение сфер применения активных углей связано с развитием противогазовой техники. Предложенная Н.Д. Зелинским методика активации угля путем двухстадийной высокотемпературной обработки древесины в специальных газовых печах позволила наладить массовое производство активных углей, которые прежде всего использовались для снаряжения противогазов.

Научно-техническое развитие общества привело к усовершенствованию технологии получения активных углеродных материалов с разными свойствами на основе различных видов сырья, что позволило существенно расширить их ассортимент и области применения в народном хозяйстве. Современные активные углеродные материалы обладают развитой пористой структурой, высокой сорбционной активностью по отношению к веществам, способным сорбироваться на поверхности таких материалов за счет механизма физической адсорбции. Путем нанесения химически активных добавок на поверхность углеродных материалов возможно создание высокоселективных хемосорбентов для поглощения токсичных веществ из газовых сред и их очистки от микроорганизмов, а также для применения при лечении и обеззараживании инфицированных ран. Исследования в области синтеза хемосорбентов направлены на изучение влияния формы носителя и характера его пористой структуры; влияния сырьевых компонентов, используемых при получении носителя; состава активных компонентов и условий их нанесения на поверхность носителя. Комплексное решение представленных задач позволяет определять пути синтеза хемосорбционных материалов с заданными свойствами.

ПЭДОТ:ПСС И КОМПОЗИЦИИ НА ЕГО ОСНОВЕ

Плетнев М. А., Шарина А. Н., Морозов А. В., Бесогонов В.В., Поторочин М.А.,
Троегубова А.А.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,

Ижевск

pletnevm@list.ru

К полимерам с электронной проводимостью относят различные типы сопряженных систем: полиацетилен, полифенилен, полипиррол, политиофен, полианилин и другие.

Перевод нерастворимого гидрофобного поли(3,4-этилендиокситиофена) (далее – ПЭДОТ) в диспергируемую в воде форму путем образования комплекса с полистиролсульфоновой кислотой (ПСС) привел к созданию комплекса ПЭДОТ:ПСС, выпускаемого в больших объемах для различных отраслей индустрии.

Полимерные электролиты на основе ПЭДОТ:ПСС являются композициями из обладающих электронной проводимостью макрокатионов ПЭДОТ^{n+} и макроанионов ПСС^{n-} . Коммерческие продукты, поставляемые производителями, это водные или неводные дисперсии, которые используют для формирования пленок проводящего полимера на различных носителях с требуемыми потребительскими качествами. Поэтому важно установить факторы, определяющие величину проводимости слоя полимера после его формирования. Для этого в работе проведены исследования строения водной дисперсии полимера и влияние на полимерные слои, нанесенные на инертную подложку, различных факторов: температуры, концентрации различных компонентов, способов нанесения и последующей обработки и т.д.

Авторами выполнены измерения вязкости и поверхностного натяжения водных дисперсий разного состава, отработана методика нанесения полимера на ситалловые или стеклянные подложки, измерена проводимость, а также изучено влияние температуры отжига и дополнительной обработки высококипящими растворителями на свойства полимерных покрытий.

Показано, что при использовании путем точного и контролируемого погружения и центрифугирования удастся сформировать воспроизводимые по толщине и электрическим параметрам пленки полимера.

Авторы АО «Элеконд» за финансовую поддержку проведенных исследований.

ОТ СИНТЕЗА ПОЛИИМИДОВ К ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Сапожников Д.А.¹, Забегаева О.Н.¹, Чучалов А.В.¹, Семенов С.Л.², Косолапов А.Ф.²,

Соломахин В.И.³, Борисов И.Л.³, Бурдуковский В.Ф.⁴, Холхоев Б.Ч.⁴

¹*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, Москва*

²*Научный центр волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН, Москва*

³*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва*

⁴*Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ*

ssddaa@ineos.ac.ru

Благодаря сочетанию высоких термических, механических и прочих свойств, а также их широкой вариативностью, полиимиды востребованы в изготовлении разнообразных высокотехнологичных устройств: гибких печатных плат, защитных покрытий, мембран и т.д. Из различных диангидридов тетракарбоновых кислот, диаминов и терефталойлхлорида (в случае полиамидоимидов) в *m*-крезоле, *N*-метил-2-пирролидоне и “зеленом” *N*-бутил-2-пирролидоне синтезированы поли(амидо)имиды, содержащие кардовые, карбоксильные, перфторалкильные и другие группы, изучены особенности их формирования и свойств [1-5]. Установлен каталитический эффект боковых COOH-групп при синтезе карбоксилсодержащих полиимидов, позволяющий получать высокомолекулярные продукты без катализатора и изготавливать материалы *insitu*, минуя стадии выделения и очистки полимера [5]. Разработаны термо- и фотоотверждаемые полиимидные лаки, формирующие защитные покрытия кварцевых световодов с рекордной термостабильностью [5, 6]. Показана перспективность применения некоторых поли(амидо)имидов в газоразделительных мембранах и материалах с эффектом памяти формы [7, 8].

ВЛИЯНИЕ ТРИБУТИЛФОСФАТА НА СТРУКТУРУ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИДИВИНИЛЭПОКСИУРЕТАНОВОГО КАУЧУКА

Хименко¹ Л.Л., Хадеева² Р.Р.

¹*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь*

²*Научно-исследовательский институт полимерных материалов, Пермь*

lhimenko@yandex.ru

Как известно, структура, строение полимера оказывает сильное воздействие на физико-механическое поведение полимерного композита (ПК) на его основе. Ранее нами были проведены исследования по влиянию радиуса надмолекулярных структур (НМС) полидивинилэпоксиретанового каучука (ПДЭУ) на деформационные характеристики полимерного композита и установлена линейная зависимость: с увеличением радиуса НМС каучука эластичность ПК возрастает. Введение пластификаторов в полимер, например, трибутилфосфата (ТБФ), также оказывает влияние на НМС полимеров.

Проведено измерение радиуса НМС ПДЭУ, пластифицированного ТБФ методом спектрофотометрии на спектрофотометре «ПромЭкоЛаб» ПЭ-5400УФ. Определены зависимости оптических плотностей от длины волны смеси каучука с ТБФ, на основании которой рассчитан радиус НМС данной смеси. Показано, что при вводе ТБФ происходит увеличение радиуса НМС от 4 до 6%.

Ввод ТБФ в ПК не просто пластифицирует ПДЭУ, но и помогает равномернее распределить другие добавки (наполнители, отвердители), что крайне важно для однородности ПК. Исследование микропористости ПК на основе ПДЭУ показывает ее снижение с вводом до 20% ТБФ более, чем на 30%. Это позволяет сохранить стабильность ФМХ ПК при эксплуатации.

Таким образом, ввод ТБФ в ПК на основе ПДЭУ позволяет решить многие проблемы: снизить температуру эксплуатации, за счет понижения температуры стеклования; повысить уровень ФМХ при отрицательных температурах, при увеличении числа физических связей; уменьшить микропористость, снизить вязкость, «живучесть» материала ПК для улучшения переработки массы ПК.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСНЫХ ИОНОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МУЛЛИТО-КРЕМНЕЗЕМИСТОГО КОМПОЗИТА

Четверикова А.Г., Каныгина О.Н., Макаров В.Н.

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

KR-727@mail.ru

Примесные ионы Fe^{3+} (1.84 мас.% Fe_2O_3) и K^+/Na^+ (7.04 мас.% K_2O) в природном каолините определяют формирование нанокристаллической структуры муллито-кремнеземистого композита. Образцы спекали при 1100 и 1400 °С. Фазовый состав исследовали РФА, ОКР– по Шерреру, индекс кристалличности– по отношению полуширин рефлексов муллита и α -кварца. Уточнение структуры выполнили в GSAS-II, координацию Fe^{3+} – ЭПР.

После обжига при 1100 °С система стала трёхфазной: α -кварц (40.8%), мусковит (54.2%), муллит (5.0%). В результате обжига при 1400 °С мусковит исчез, сформировался двухфазный композит: муллит (64.3%) и α -кварц (35.7%). Размеры ОКР муллита выросли с 85 до 125 нм, кварца уменьшились с ≈ 200 до 130 нм; индекс кристалличности муллита увеличился в 1.42 раза. С помощью приложения GSAS-II подтвердили орторомбическую симметрию муллита (Pbam).

Методом ИК-спектроскопии установили сдвиг полосы поглощения Si–O с 1085 до 1106 cm^{-1} (рост полимеризации каркаса); исчезновение полосы на 763 cm^{-1} (мусковит) и появление полосы на 988 cm^{-1} (Si–O–K/Na) подтвердили деструкцию мусковита с высвобождением ионов K^+/Na^+ . Методом ЭПР-спектроскопии показали, что доля низкоспинового Fe^{3+} ($g \approx 2.0$) уменьшилась в 2–2.5 раза; ионы Fe^{3+} после обжига при 1400 °С преимущественно находятся в высокоспиновом состоянии ($S=5/2$).

Установлен стадийный механизм формирования нанокристаллической структуры муллито-кремнеземистого композита под влиянием примесных ионов. Определяющий фактор кристаллохимической эволюции – взаимодействие продуктов дегидратации каолинита и мусковита при $T > 1200$ °С. Ионы Fe^{3+} изоморфно вошли в структуру муллита, замещая Al^{3+} в октаэдрических позициях. Щелочные ионы K^+/Na^+ , высвобождаясь при деструкции мусковита, выступили минерализаторами, ускорив диффузию и способствуя формированию высокоупорядоченной нанокристаллической структуры композита.

УСТНЫЕ И СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ВЛИЯНИЕ ТИПА МАТРИЦЫ НА ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛОВ AgI В СОСТАВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ

Аверкина А.С., Кондрашова Н.Б., Вальцифер В.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

averkina.a@itcras.ru

Одним из актуальных направлений оптимизации иодида серебра как облачного реагента является его перевод в ультрадисперсное состояние и стабилизация активной β -формы, что необходимо для обеспечения максимальной концентрации центров нуклеации льда[1-3].

В работе методом последовательной пропитки с последующим *in-situ* химическим осаждением синтезированы гибридные материалы AgI-C и AgI-SiO₂ (высокодисперсный аморфный диоксид кремния) с варьируемым содержанием активной фазы.

Результаты экспериментов показали, что:

- Макроскопическая геометрия гибридных частиц предопределяется исключительно архитектурой исходной матрицы и инвариантна к количественному содержанию фазы AgI.
- Характер локализации фазы иодида серебра имеет принципиальные различия в зависимости от типа носителя. На пористом углероде протекает изотропное, высокооднородное распределение нанокластеров AgI по всему объему носителя. Напротив, для матрицы SiO₂ характерен гетерогенный (очаговый) тип локализации, выраженность которого напрямую зависит от соотношения компонентов.
- Природа и физико-химические свойства матрицы оказывают определяющее влияние на полиморфизм и размер кристаллитов иодида серебра. Выбор носителя позволяет осуществлять направленное управление типом формирующейся кристаллической модификации и подавлять пространственный рост фазы AgI (size-confinement effect).

Разработанные композиты обладают высоким потенциалом для использования в технологиях активного воздействия на гидрометеорологические процессы.

Список литературы

- [1] A. Zipori, D. Rosenfeld, J. Shpund, D. Steinberg, Atmos. Res. 114-115 (2) (2012) 119. [2] M. Essien, Glob. J. Clim. Stud. 1 (2023) 53. [3] J. Chen, C. Rosch, M. Rosch, A. Shilin, A. Kanji, Geophys. Res. Lett. 51 (2024) 1.

**ЭКСТРАКЦИЯ НЕКОТОРЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В
РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ
АНТИПИРИН – САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА–ВОДА**

Аликина Е.Н., Мишкин В.Е., Некрасова С.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

alikina-en@yandex.ru

Экстракция является универсальным методом разделения, выделения и концентрирования, она применяется в лабораторных и промышленных условиях, позволяет разделять неорганические и органические вещества.

Нами изучена экстракционная система антипирин – салициловая кислота – вода, которая относится к классу расслаивающихся систем, единственным жидким компонентом которых является вода. Данная система предлагается нами в качестве лабораторной экстракционной системы. Расслаивание в ней происходит в процессе взаимодействия твердых компонентов (антипирина и салициловой кислоты) и воды. Наиболее вероятно образование жидкого вязкого сольвата, включающего соль антипирина и салициловой кислоты, воду, а также избыток какого-либо из реагентов. Расслаивание происходит в результате незначительного нагревания в течение 15 – 20 мин. Органическая (нижняя) фаза имеет бледно-желтый цвет.

Редкоземельные элементы наиболее часто образуют комплексные соединения в слабокислой среде. Исследуемая нами экстракционная система проявляет свойства буферного раствора: салициловая кислота, частично нейтрализуясь антипирином, образует салицилат-ион, что в итоге приводит к образованию буферного раствора, имеющего слабокислую реакцию среды.

Установлено, что при концентрациях антипирина и салициловой кислоты 0,25 моль/л лантан извлекается на 98 % при концентрации NaOH в системе 0,12 – 0,15 моль/л, празеодим извлекается на 96 % при C_{NaOH} 0,10 моль/л, иттрий и церий извлекаются количественно при C_{NaOH} 0,10 моль/л. Отметим, что экстракция нитратов РЗЭ в присутствии 0,10 моль/л азотной кислоты осуществляется не более, чем на 30 – 40 %. Введение неорганических высаливателей (нитратов и сульфатов щелочных металлов и аммония) в экстракционную систему оказывается неэффективным.

Расслаивающаяся система с салициловой кислотой демонстрирует максимальную эффективность в отношении изученных ионов металлов по сравнению с бензойной и сульфосалициловыми кислотами, что объясняется их определенной кислотностью и растворимостью.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОТРОПНОГО ПЕКА ТЕРМООБРАБОТКОЙ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА С ПОЛИВИНИЛХЛОРИДОМ

Альтер А.Д.^{1,2}, Андрейков Е.И.^{1,2}, Диковинкина Ю.А.^{1,2}

¹Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, Екатеринбург

²АО «ВУХИН», Екатеринбург

nalter2001@mail.ru

Поливинилхлорид (ПВХ) является одним из самых используемых синтетических полимеров в мире, однако до сих пор отсутствуют методы его безопасной утилизации. Совместный пиролиз ПВХ и каменноугольного пека может быть применен как способ получения новых углеродных материалов, а также метод утилизации отходов ПВХ.

Исследовано влияние совместной термообработки очищенного каменноугольного пека (ОКП) с ПВХ на свойства полученных модифицированных пеков. ОКП, полученный экстракцией каменноугольного пека марки А смесью ароматического и алифатического растворителей, имел температуру размягчения 65°C и не содержал нерастворимых в хиолине веществ. Совместная термообработка проводилась в интервале 300-400°C. Показано, что в среде ОКП основная масса хлора ПВХ удаляется в ходе термодеструкции полимера в виде HCl, а совместный пиролиз приводит к получению модифицированных пеков с повышенными значениями температуры размягчения (120-180°C), содержания высокомолекулярных фракций и коксового остатка. По данным ИК Фурье спектроскопии, в модифицированных пеках отсутствуют C-Cl связи. Образование мезофазных образований в количестве до 1% наблюдалось только при совместной термообработке при 400°C в течение двух часов. Сравнение полученных результатов с результатами совместного пиролиза каменноугольного пека и поливинилхлоридного пека (ПВХ-пека), полученного пиролизом одного ПВХ, показывает, что интенсивность реакций первичных продуктов термодеструкции ПВХ с соединениями, входящими в состав каменноугольного пека, значительно выше, чем химическое взаимодействие между ПВХ-пеками и каменноугольным пеком.

Варьирование условий совместного пиролиза позволяет управлять характеристиками получаемого изотропного пека, исходного материала для получения изотропного углеродного волокна и других углеродных материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания (тема № гос. рег. 124020500039-0).

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МОЛИБДЕНА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ АМИЛОПЕКТИНОМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аскерова А.С.¹, Блинов А.В.¹, Момот Е.В.¹.

¹*Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь*

vikalinka04@mail.ru

В этом исследовании были синтезированы наночастицы оксида молибдена (MoO_3), стабилизированные амилопектином, и систематически оценивалось их влияние на растительную культуру пшеницы (*Triticum aestivum*) в условиях воздействия засоленности (-5% NaCl) и температуры (от -10 °C до +50 °C).

Синтез наночастиц оксида молибдена осуществляли золь-гель методом. Морфологические характеристики наночастиц MoO_3 были дополнительно изучены с помощью СЭМ. Наночастицы оксида молибдена представлены однородными изолированными сферическими частицами диаметром от 50 до 200 нм, имеющих гладкую поверхность и не имеющие видимой агломерации. При диспергировании в водном растворе средний гидродинамический диаметр частиц составлял около 400 нм.

Обработка семян пшеницы наночастицами молибдена (1,0 мкг/мл) значительно улучшила всхожесть, длину стебля, биомассу и фотосинтетические пигменты (хлорофилл a,b, каротиноиды). В стрессовых условиях при 2,5% NaCl обработанные растения вырастили на 55% более длинные стебли и на 90% более высокую биомассу, чем в контроле; при температуре -10°C при температуре +50 °C длина стебля увеличивается на 125 и 83% соответственно. Корреляционные кластерные карты подтвердили тесную связь между сохранением способности к фотосинтезу и ростом. Наночастицы оксида молибдена могут представлять собой устойчивый нанобиологический стимулятора роста пшеницы, устойчивой к изменению климата.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда номер проекта 23-76-10046.

АНОДНЫЙ ОКСИД ТИТАНА И ЕГО ДОПИРОВАНИЕ ИОНАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Астафьев Е.В.¹, Богданов В.С.², Красилин А.А.², Лебедев Л.А.²

¹*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург*

²*Физико-технический институт имени А.И. Иоффе РАН*

egornits@gmail.com

На сегодняшний день диоксид титана является перспективным фотокаталитическим материалом, который используется для различных реакций, в том числе разложения органических красителей. С целью модификации и улучшения фотокаталитических свойств диоксид титана допируют катионами и анионами, благодаря которым уменьшается ширина запрещённой зоны. В данной работе допантами выбраны переходные металлы (медь, кобальт и никель). Фотокаталитическими факторами в данной работе выбраны концентрация допантов в структуре оксида титана и морфология оксида титана.

В рамках данной работы было проведено анодное окисление титана с целью получения нанотрубчатого TiO_2 . Была подтверждена зависимость диаметра трубок от напряжения, температуры синтеза и состава раствора. Далее проведена гидротермальная обработка диоксида титана растворами солей переходных металлов (1% мас.) в интервале температур 120-200 °С и в диапазоне 2-6 часов. После проводился отжиг при 600 °С в инертной среде в течение 3 часов. Снимки СЭМ показали наличие нанотрубчатой структуры. Элементный анализ методом EDS показал концентрацию допантов от 0,5 до 7% (мол.) и зависимость концентрации от продолжительности и температуры допирования. Оптические спектры показали наибольшее поглощение, достигаемое при температуре допирования 160°С, а также позволили определить ширину запрещённой зоны. Показана убывающая зависимость ширины запрещённой зоны от концентрации допантов. Максимальная фотокаталитическая активность достигнута при содержании допантов порядка 5% (мол.) и при диаметре трубок порядка 50 нм.

СОРБЦИЯ РЗМ ИМПРЕГНАТАМИ И ТВЕРДЫМИ ЭКСТРАГЕНТАМИ

Батуева Т.Д., Горбунова М.Н.,

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

tdbatueva@mail.ru

Решение актуальных проблем редкоземельных металлов тесно связано с разработкой и совершенствованием методов извлечения, концентрирования и разделения. В работах последних лет прослеживаются тенденции к использованию новых матриц и лигандов, совершенствованию методик синтеза и использования сорбционных материалов. Большое внимание уделяется разработке различных типов твердофазных экстрагентов.

Синтезированы импрегнат и твердый экстрагент на основе сополимера N,N-диаллил-N'-бензоилгидразина с акрилонитрилом (ДАБЕГ-АН), сшитого бисакриламидом сополимера N,N-диаллил-N'-бензоилгидразина с акрилонитрилом (ДАБЕГ-АН-БАА) и гидразидов (ГД1519) неокислот Versatic фракции C10-C19. В качестве реального раствора был выбран карбонатный концентрат редкоземельных металлов, полученный из фосфогипса.

Сорбция сополимерами идет примерно одинаково в сильноокислых, нейтральных и щелочных средах. Разделение Ce, Gd, La, Nd, Pr, Sm возможно при динамической сорбции в хроматографической колонке при концентрации серной кислоты от 2 и выше и при pH 5-6.

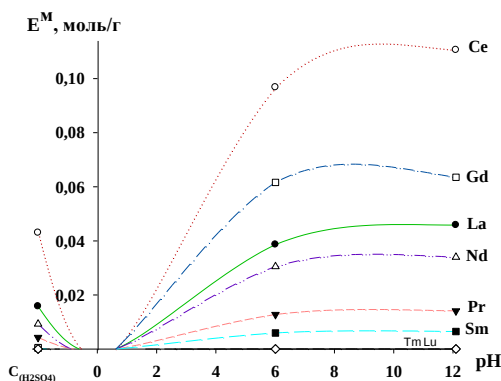


Рис. 1. Зависимости статической сорбционной емкости извлечения ионов РЗМ твердым экстрагентом ДАБЕГ-АН-БАА+ГД от pH среды. $m_c = 0,6$ г, $V_k = 100$ мл.

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику ИХТРЭМС КНЦ РАН Тареевой О.А. за предоставленные образцы.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8.

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА НИТРАТНЫХ ГРУПП В МОЛЕКУЛАХ НИТРАТОВ α - И β -ЦИКЛОДЕКСТРИНОВ НА ОБЪЕМ ИХ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ

Бороздин И.А., Даровских А.В., Михайлов Ю.М.

*Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской
химии РАН, Черноголовка*

BorozdinIA@icp.ac.ru

Нитраты циклодекстринов (НЦД) – производные циклодекстринов (ЦД), сохраняющие тороидальную структуру и способность к образованию комплексов включения (КВ) с различными соединениями, что позволяет изменять свойства включаемых соединений – повышать их растворимость, стабильность, снижать чувствительность к внешним воздействиям.

Разработанные методики нитрования позволяют тонко контролировать степень замещения, получая НЦД с разным содержанием нитратных групп. НЦД с остаточными гидроксильными группами представляют интерес для дальнейшего применения, в частности для повышения совместимости с полимерными матрицами и получения полимеров звездообразного строения на их основе. Наличие нитратных групп в составе молекул НЦД, а также их способность образовывать КВ указывает на перспективность исследования получаемых систем с точки зрения ЭКС.

Вместе с тем при нитровании происходит аморфизация образцов, что не позволяет прямо определить объём полости НЦД методом рентгеноструктурного анализа. Мы полагаем, что при нитровании также изменяются размеры внутренней полости за счёт отталкивания нитратных групп. Для первичной оценки этого изменения использован косвенный подход – образование КВ на основе НЦД с различными степенями замещения и сопоставление их с аналогичными КВ на основе нативных ЦД, что и являлось целью настоящей работы.

Установлено, что нитрование ЦД вызывает расширение полости за счёт отталкивания нитратных групп. Предположительный объём полости α -НЦД составляет $0,357 \text{ нм}^3$ при степени замещения гидроксильных групп на нитратные 66%, а для β -НЦД – $0,684 \text{ нм}^3$ при той же степени замещения.

Работа выполнена с использованием оборудования Аналитического центра коллективного пользования ФИЦ ПХФ и МХ РАН в рамках выполнения государственного задания ФИЦ ПХФ и МХ РАН № 124020100045-5.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРИЕНТИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ КОРОТКИХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН В АБС-КОМПОЗИТАХ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Ботин А.В.¹, Лебедева Е.А.¹, Иванова Е.В.¹, Трухинов Д.К.¹, Пантелеев И.А.²,
Астафьева С.А.¹

¹*«Институт технической химии УрО РАН» - филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь*

²*«Институт механики сплошных сред УрО РАН» - филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь*
raphunihhh@gmail.com

Ориентация коротких армирующих волокон, формирующаяся при литье под давлением, во многом определяет структуру и механические свойства полимерных композиционных материалов. Численное моделирование позволяет прогнозировать её ещё на этапе проектирования изделий.

В работе выполнено моделирование формирования ориентированной структуры коротких углеродных волокон в композиционном материале на основе АБС-пластика методом литья под давлением с использованием программного комплекса Autodesk Moldflow Insight. Расчеты проводились с применением различных моделей ориентации (в частности, Folgar–Tucker, Moldflow Rotational Diffusion) для определения наиболее адекватной описывающей исследуемый процесс литья под давлением.

В качестве исходных данных для моделирования использовались экспериментально определённые реологические свойства расплава композита и распределение длин углеродных волокон по данным микроскопии. В рамках реализованных расчетов ориентация волокон описывалась тензором второго ранга, а анализ результатов моделирования выполнялся по распределению компоненты a_{11} , характеризующей преимущественную ориентацию волокон вдоль направления течения расплава.

Установлено, что при литье под давлением в композициях формируется выраженная слоистая структура типа «оболочка–ядро», качественно согласующаяся с экспериментальными данными. Сравнение результатов моделирования показало, что модель ARD-RSC (анизотропная вращательная диффузия с редуцированным замыканием деформаций) при значении коэффициента замедления $RSCf = 0,1$ обеспечивает наиболее точное описание структуры исследуемого материала по толщине оболочки и ядра.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ВИСМУТА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ КОКАМИДОПРОПИЛБЕТАИНОМ

Блинов А.В., Зурхаев Д.С., Попова А.Ю., Бочаров Н.М., Тюппеева С.А.

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

bochamocha26@yandex.ru

Наночастицы оксида висмута представляют значительный интерес благодаря своим антибактериальным, фотокаталитическим и биосовместимым свойствам. Существенное влияние на свойства наноразмерного оксида висмута оказывают условия получения и природа используемого стабилизатора. Кокаמידопропилбетаин представляет собой амфотерное поверхностно-активное вещество, способное адсорбироваться на поверхности частиц и изменять кинетику их формирования. Использование данного стабилизатора позволяет регулировать морфологию синтезируемого оксида висмута и получать частицы с различными структурными характеристиками. В связи с этим исследование морфологии наночастиц оксида висмута, синтезированных кокаמידопропилбетаином, представляет интерес для разработки новых функциональных материалов.

Наночастицы оксида висмута получали химическим осаждением и исследовали их морфологию на сканирующем электронном микроскопе *MIRA-LMH*. Полученные микрофотографии представлены на рисунке 1.

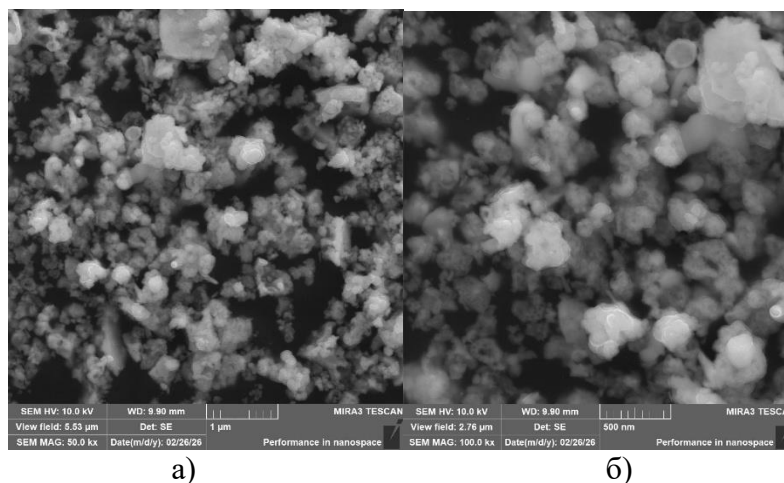


Рисунок 1 – СЭМ-микрофотографии наночастиц оксида висмута, стабилизированных кокаמידопропилбетаином: а) приближение в 20000 раз; б) приближение в 100000 раз

Анализ рисунков показал, что основную часть материала составляют агломераты субсферических наночастиц, среди которых встречаются единичные микрокристаллы неправильной формы.

НАНОТЕКСТИЛЬ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Алосманов Р.М.¹, Биниятова Н.М.², Бунят-заде И.А.¹

¹Бакинский государственный университет, Баку

²Азербайджанский университет архитектуры и строительства, Баку

AZ 1148, Азербайджан, Баку, ул. З. Халилова23

i_buniatzade@mail.ru

Текстильные изделия, обладающие антимикробными свойствами, становятся всё более востребованными в современном мире, и все большее число научных публикаций посвящено изучению их специфической отделки, применению различных реагентов и методов обработки, в том числе, и наночастицами. Модификация текстиля наночастицами металлов для придания ему антибактериальных свойств вызывает особый интерес, поскольку основным преимуществом наночастиц металлов является их способность действовать как биоциды. Целью нашей работы было получение образцов хлопчатобумажной ткани с наночастицами оксида цинка для придания ей антибактериальных свойств. Хлопчатобумажная ткань была предоставлена «ООО по производству текстиля» в г. Мингячевир (Азербайджан). В качестве матрицы была использована мерсеризованная ткань и ткань, модифицированная малеиновым ангидридом (МА). Мерсеризация хлопчатобумажной ткани была проведена в лабораторных условиях, с использованием 23% раствора NaOH. Полученный образец ткани погрузили в 0.2 М раствор ZnSO₄, нагрели до ~ 55⁰ С и прикапывали 4М раствор NaOH до достижения требуемого значения pH~ 12. Иммобилизация наночастиц оксида цинка на ткань осуществлялась в условиях эксперимента, “*insitu*”, в момент выпадения осадка. Полученный образец модифицированной ткани промыли дистиллированной водой и высушили на воздухе. Анализ антибактериальных свойств хлопчатобумажной ткани с наночастицами ZnO позволил сделать вывод о наличии выраженных антимикробных и антигрибковых свойств по отношению *C. Albicans* (сзонойзапрещения ~ 25 mm) и *MRSA-S. aureus*(~ 18mm), а также эффективность против *P. Aeruginosa* (~12 mm). Модифицированную МА хлопчатобумажную ткань получили с использованием ранее синтезированного сополимера МА-желатин, необходимое количество которого растворили в 25 мл 0,2 М раствора ZnCl₂ и погрузили в него ткань. Методом химического осаждения “*insitu*” наночастицы ZnO были имобилизованы в матрицу. Полученные образцы ткани с наночастицами ZnO продемонстрировали антибактериальную эффективность против *C. albicans* (зоназапрещения~15 мм) и *B. anthracides* (~10 мм).

КОММЕРЧЕСКИЙ ПЕРСУЛЬФАТНЫЙ ИНИЦИАТОР В СИНТЕЗЕ ГРАФТ-СОПОЛИМЕРОВ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТ - ТРЕСКОВЫЙ КОЛЛАГЕН

Валетова Н.Б., Семенычева Л.Л., Албуджамал Х.А., Румянцева В.О., Митин А.В.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,

Нижний Новгород

nata-bor-2005@mail.ru

Серьезной проблемой современной медицины является восстановление поврежденных тканей. Исследования многих ученых показали, что рыбный коллаген является хорошей основой материалов для раневых покрытий и скаффолдов, однако он требует модификации для создания устойчивой трехмерной структуры. Ранее [1] эффективные раневые покрытия в виде пластин-губок были получены в условиях гетерогенного фотокатализа, за счет радикальных превращений исходных компонентов под действием $\text{HO}\cdot$ -радикала. Такие процессы соответствуют стратегии «зеленой химии», однако пока не освоены на производствах. В этом плане проведение персульфатной активации радикальных процессов, также инициирующей гидроксильный радикал, при получении пластин-губок на основе коллагена является актуальной.

Целью работы является получение графт-сополимеров полиметилметакрилат (ПММА)- тресковый коллаген (ТК), основы пластин губок с включением коллагена [1], с использованием в качестве инициатора системы персульфат аммония – аскорбиновая кислота (ПА-АК) и анализ их важнейших характеристик: молекулярная масса (ММ), содержание коллагена, морфология. В работе использован метилметакрилат не только очищенный, но и без предварительной очистки. В процессе синтеза образовалась фракция с ММ, значительно превышающей ММ исходного ТК, содержание азота в выделенном полимере значительно уменьшилось в сравнении с исходным ТК, анализ СЭМ позволил установить морфологические различия исходного коллагена и привитого сополимера ПММА-коллаген, свидетельствующие о включении фрагментов синтетического полимера в фибриллярную организацию коллагена в сравнении с исходным коллагеном.

[1] Soloveva A., Semenycheva L. et. all. Polymers. 2025.V. 17.No 23. P. 3215.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕНСОДЕРЖАЩИХ НАНОКОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ РАДАХЛОРИНА И ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА МЕТОДАМИ УФ/ВИДИМОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Валуева С.В.*, Боровикова Л.Н., Чернова Л.М.

*Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт высокомолекулярных соединений,
Санкт-Петербург.*

**svalu67@mail.ru*

В качестве альтернативы химиотерапии и лучевой терапии для лечения и диагностики различных заболеваний активно используется фотодинамическая терапия (ФДТ), которая считается минимально инвазивной процедурой по сравнению с химиотерапией и лучевой терапией. В стандартном процессе ФДТ участвуют три ключевых момента: источник возбуждения (чаще всего используется лазерное излучение), молекулы фотосенсибилизатора и кислород. В настоящей работе методами УФ/видимой спектроскопии и люминесценции были изучены новые селенсодержащие комплексы (с варьируемым соотношением компонентов) на основе фотосенсибилизатора (ФС) – Радахлорина[®] (Rd)– многокомпонентного препарата хлоринового ряда (Российский препарат, который широко применяется в медицине в противоопухолевой терапии) и гидрофильного полимера – поли-N-винилпирролидона (ПВП). Анализ спектров поглощения/люминесценции тройных селенсодержащих наносистем ПВП/Se⁰/Rd, с варьируемым соотношением компонентов в комплексе (исследования проводили при фиксированной концентрации Радахлорина[®] и переменной концентрацией двойной системы – ПВП/Se⁰) выявил точку эквивалентности селенсодержащих комплексов. Для селенсодержащих комплексов были рассчитаны величины ширины запрещенной зоны E_g – минимальной энергии, необходимой для перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости; рассчитаны величины диаметра наночастиц селена и константы связывания. Оригинальные результаты по расчету величин ширины запрещенной зоны и диаметра наночастиц селена совпали с ранее полученными нами для двойных и тройных селенсодержащих наносистем с использованием других полимерных стабилизаторов. На основании данных люминесценции была оценена ширина на полувывсоте максимума полосы люминесценции до и после точки эквивалентности. Выводы, сделанные в работе, позволят в перспективе разработать метод управляемого синтеза эффективных многокомпонентных ФС нового поколения для ФДТ и прогнозировать их фотодинамическую активность.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ, УСТОЙЧИВЫЕ К УФ- И ТЕРМОСТАРЕНИЮ

Васенева И.Н., Белых А.Г., Ситников П.А., Кучин А.В., Чукичева И.Ю.,
Федорова И.В.

Институт химии ФИЦ Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар

ir_vaseneva@mail.ru

Новые классы модифицирующих добавок для полимеров основаны на комбинации терпенового фрагмента и фенольного или анилинового фрагмента с той же химической структурой, что и поглотитель свободных радикалов. В данной работе проведено сравнительное исследование влияния 2-изоборнил-4-метилфенола (oT), 2-изоборнил-4-диметиламинометил-6-метилфенола (oTpA), 2-диметиламинометил-6-изоборнил-4-метилфенол (oToA), 2-дибутиламинометил-6-изоборнил-4-метилфенол (oToAb), 2,6-диизоборнил-4-метилфенола (D), 2,6-диизоборнил-4-диметиламинометилфенола (DпA) на формирование эпоксиангидридного и эпоксиаминного полимеров и их физико-механические характеристики. При введении модификаторов с аминными фрагментами (oTpA, DпA, oToA, oToAb) механическая прочность при изгибе увеличивается на 7-11 %, а изоборнильные модификаторы (oT, D) повышают прочность эпоксидного полимера на 19-21 %. Оценка стабилизирующего действия проводилась по изменению физико-механических свойств полимеров в процессе термического старения. Определено, что при выдержке образцов 30 суток при температуре 130 °C наблюдается снижение прочности от 9 до 15 %, в то время как у немодифицированных полимеров прочность при изгибе снижается соответственно на 30 и 38 %.

Анализ ДСК-кривых методом Киссинджера-Акахиры-Сануза показал, что значения энергии активации на стадии выделения легколетучих соединений термоокислительной деструкции полимеров, полученных при введении модификаторов, выше на 10-25 %, а на стадии разрушения углеродного скелета – на 46-164 % с уменьшением скорости реакции до 56 % в сравнении с немодифицированными полимерами. При облучении эпоксиаминного полимера после 48 часов на ИК-спектрах появляются пики деструкции. Установлено, что при добавлении модификаторов в полимер устойчивость к воздействию УФ-облучения при длине волны 254 нм повышается; это связано с тем, что изоборнилфенольные соединения сохраняют эфирные связи полимера.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственные задания № 125020401305-5, 125020501549-2)

ТИОКАРБАЗАТЫ – РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ БЕДНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ РАСТВОРОВ

Ваулина В.Н., Чеканова Л.Г., Кононов Е.А., Гусев В.Ю.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

tveran79@mail.ru

Накопление техногенных отходов (хвосты, забалансовые руды, шлаки) – одна из ключевых проблем горнометаллургии. В результате естественных процессов окисления сульфидов и выщелачивания в этих объектах формируются кислые подотвальные воды с высоким содержанием металлов (Cu, Zn, Ni и др.). Эти растворы опасны для окружающей среды, но при этом представляют промышленную ценность. При переработке таких растворов для извлечения цветных металлов используют методы, направленные на селективное концентрирование ценных компонентов с последующим возвратом в производственный цикл. Ключевыми факторами при выборе оптимальной технологии являются концентрация целевых металлов, уровень pH, общая минерализация раствора, а также наличие сопутствующих компонентов, в первую очередь железа, способного осложнять процесс извлечения. Наиболее распространены три метода: экстракция, сорбция и цементация.

Ранее коллективом авторов были получены соединения общей формулы $\text{ROC}(=\text{S})\text{NHNHR}'$, где R = Alk, R' – H, Ph, Bz, Ac, Alk. Изучены их физико-химические и комплексообразующие свойства. Было показано, что данные соединения образуют труднорастворимые комплексы с ионами цветных металлов, что позволяет использовать их в процессах осаждения. Из ряда соединений для исследований были выбраны образцы на основе бутилового ксантогената калия – промышленно выпускаемого реагента.

Тестирование реагентов проводили на образце подотвальных стоков из отвалов медно-колчеданных руд Сибайского рудника состава, мг/л: Cu– 63; Zn– 386; Fe– 110; pH ≈ 2,6. Исследована зависимость степени извлечения ионов меди(II) от pH, количества реагента, времени осаждения. Показано, что все соединения селективно осаждают медь при исходном значении pH 2,6, при этом степень извлечения составляет 90-99 % (остаточная концентрация меди в растворе 0,01-0,02 мг/л).

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

Виноградов К.Ю., Шафигулин Р.В., Буланова А.В.

«Самарский национальный исследовательский университет им. академика

С.П. Королева» (Самарский университет), Самара

winyur@yandex.ru

Для изучения каталитических свойств полиметаллических электрокатализаторов, синтезируемых с использованием порфириноподобных материалов, проводили квантово-химические расчёты с использованием программного обеспечения Gaussian 09 и GaussView 6. Расчёт проводили с применением метода теории функционала плотности (DFT), функционала B3LYP и базисного набора 6-31G*. В качестве модельного центра катализатора выбрана структура, представленная на рисунке 1а.

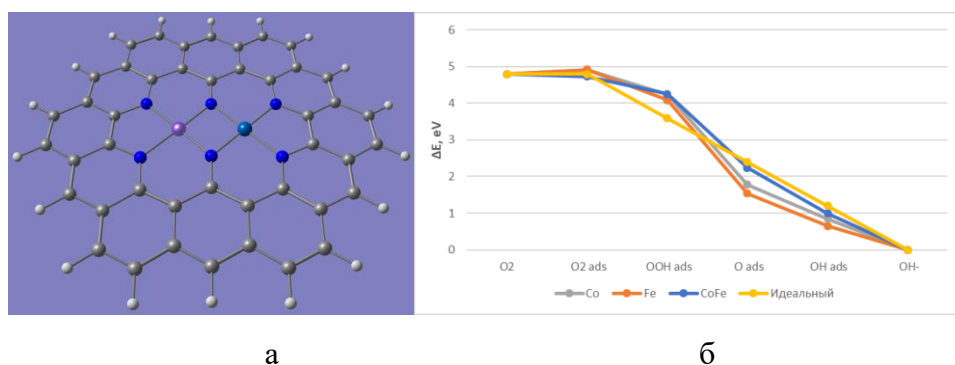


Рисунок 1 — а – модельная структура катализатора (серый – углерод, синий – азот, фиолетовый – железо, бирюзовый – кобальт),
б – энергетическая диаграмма реакции восстановления кислорода.

Полученный энергетический профиль реакции восстановления кислорода на кобальт-железном катализаторе, представленный на рисунке 1б, отличается от энергетических профилей монометаллических материалов. Модельный кобальт-железный катализатор в целом показывает характеристики, уступающие монометаллическим системам, однако некоторые элементарные стадии реакции протекают с выделением энергии, характеризующей оптимальный процесс; тем не менее, можно предположить, что применение полиметаллических катализаторов позволяет обеспечивать оптимальный энергетический путь.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-73-00063, <https://rscf.ru/project/23-73-00063/>

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИФЕНИЛХИНОКСАЛИНОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Волков И.О., Шульгин А.М., Булычева Е.Г., Иванова П.В., Клеменкова З.С.,

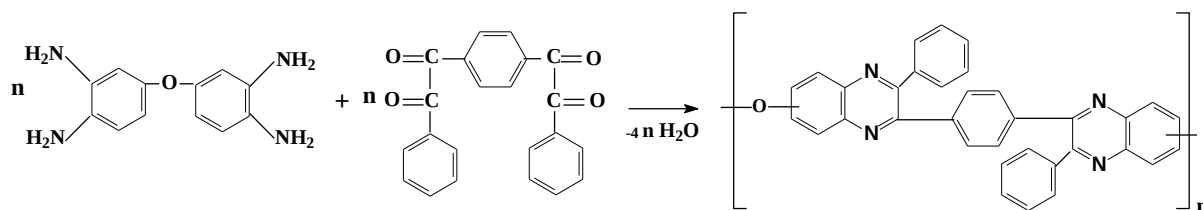
Беломоина Н.М., Бузин М.И.

Институт элементоорганических соединений РАН, Москва

whitewolf2@ineos.ac.ru

Полифенилхиноксалины (ПФХ) представляют значительный интерес благодаря таким ценным свойствам, как высокая термическая и термоокислительная стабильность, высокая температура стеклования, хорошие плёнообразующие, механические и прочностные свойства, отличная гидролитическая стойкость. Благодаря объёмным фенильным заместителям ПФХ обладают гидрофобностью и низкой диэлектрической проницаемостью. Модифицируя ПФХ можно получить новые материалы, обладающие заданным комплексом объёмных и поверхностных свойств.

Исходный ПФХ, получали по схеме:



В работе исследовали ПФХ, модифицированный сульфированием и обработкой перекисью водорода. Образцы исследовали методами ТГА, РФЭС, АСМ, оптической микроскопии, ИК спектроскопии, MALDI-TOFмасс-спектрометрии.

Изменения состава поверхности при модификации ПФХ подтверждали методами РФЭС и ИК спектроскопии в режиме НПВО.

Методом MALDI-TOFмасс-спектрометрии установлено уменьшение молекулярной массы ПФХ при его сульфировании смесью серной кислоты и олеума.

Методом АСМ обнаружено образование сферических частиц при обработке ПФХ перекисью водорода.

Методом измерения краевых углов смачивания показано увеличение гидрофильности ПФХ при его модификации.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 075-03-2026-024 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации с использованием научного оборудования ЦКП ИНЭОС РАН.

НОВЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ СВЕТОКОНВЕРСИОННЫХ ФОТОРЕЗИСТОВ

Гайков Д.К.¹, Гайкова Е.А.^{1,2*}, Борщев О.В.¹, Свидченко Е.А.¹, Сурин Н.М.¹,
Пономаренко С.А.¹

¹ *Институт синтетических полимерных материалов*

им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук (ИСПМ РАН), Москва

² *Московский физико-технический институт, Долгопрудный*

e.gaikova@ispm.ru

Синие диоды в сочетании со светоконверсионными полимерными слоями представляют собой перспективное направление для дисплейных приложений. Однако традиционное физическое смешение люминофоров с мономерной матрицей страдает от агрегации и концентрационного тушения, которые резко снижают эффективность излучения. В данной работе предложена стратегия ковалентной иммобилизации для решения этой проблемы. Симметричные люминофоры, содержащие две винильные группы, были синтезированы и химически внедрены в силоксановый олигомерный остов посредством УФ-инициируемой тиол-ен-фотополимеризации. Полученные УФ-отверждаемые композиции демонстрируют превосходную оптическую прозрачность и интенсивную флуоресценцию в широкую область спектра от зеленого до красного.

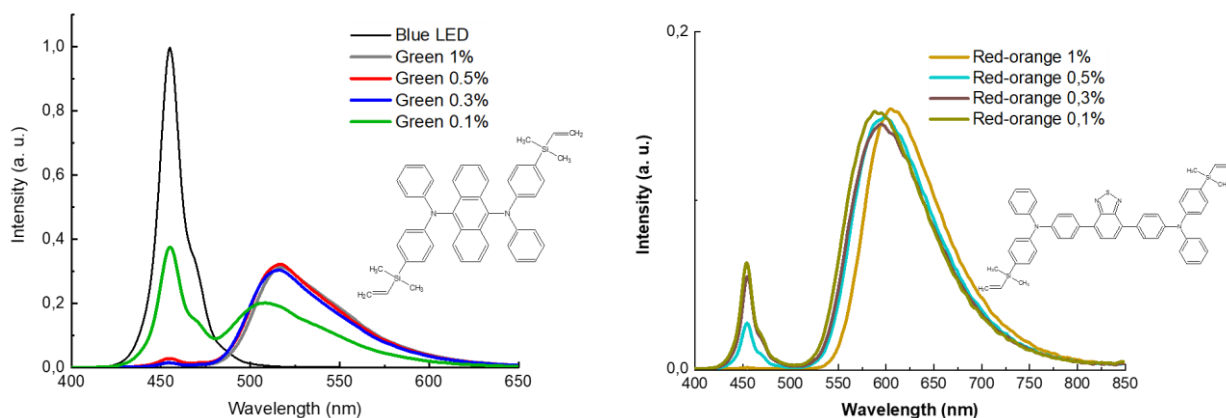


Рис. 1. Зависимость спектров флуоресценции от концентрации люминофора в светоконверсионном слое на синем диоде.

УФ-отверждаемая силоксановая система позволяет наносить и структурировать конверсионный слой за одну фотолитографическую стадию, минуя сложные многоступенчатые процессы инкапсуляции. Такой упрощённый подход сокращает количество технологических операций и обеспечивает более компактную и экономичную конструкцию диода.

Работа выполнена при поддержке при финансовой поддержке РНФ грант №22-13-00255-П.

ЛИГНИНСОДЕРЖАЩАЯ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗА СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гарынцева Н.В., Левданский В.А., Казаченко А.С., Лузина М.А.

Институт химии и химической технологии СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН,

Красноярск

garyntseva.nv@icct.krasn.ru

Лигнинсодержащая наноцеллюлоза (ЛНЦ) – новый материал, который привлекает все большее внимание исследователей благодаря меньшей себестоимости, по сравнению с наноцеллюлозой не содержащей остаточного лигнина, а также свойствам, которые приобретают материалы благодаря присутствию остаточного лигнина: гидрофобность, защита от ультрафиолетового воздействия, термическая стабильность. Целью исследования являлось получение ЛНЦ из соломы пшеницы и изучение влияния содержания остаточного лигнина на морфологию, размер частиц и термические характеристики образцов ЛНЦ. Получение ЛНЦ осуществляли, используя следующие стадии обработки соломы пшеницы: пероксидная делигнификация в среде «уксусная кислота – вода», кислотный гидролиз 60% H₂SO₄, ультразвуковая обработка 1% суспензий.

Согласно данным СЭМ, лиофильно высушенные образцы ЛНЦ соломы пшеницы с различным содержанием остаточного лигнина (1,6; 7,8 и 15,5 мас.%) имеют типичную для нанофибриллированной целлюлозы стержневидную структуру. Ширина фибрилл увеличивается с увеличением содержания остаточного лигнина. Средний гидродинамический размер частиц ЛНЦ по данным ДРС составляет 80-100 нм. Присутствие лигнина в образцах ЛНЦ соломы пшеницы увеличивает термическую устойчивость образцов. Температура начала термической деструкции увеличивается в ряду НЦ (1,6 мас.% лигнина) – ЛНЦ (7,0 мас.% лигнина) – ЛНЦ (15,5 мас.% лигнина): 190-210-220 °С. Направления использования ЛНЦ соломы пшеницы: биоразлагаемая/съедобная упаковка, системы адресной доставки лекарств, высокопористые углеродные материалы.

Благодарности:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 26-23-20154, <https://rscf.ru/project/26-23-20154/>, за счет целевого финансирования (гранта) Красноярского краевого фонда науки. В работе использовано оборудование Красноярского регионального центра коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН.

КАТАЛИЗАТОРЫ ЩЕЛОЧНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОМ, НИКЕЛЕМ И ПАЛЛАДИЕМ

Давыдов В.М., Виноградов К.Ю., Токранова Е.О., Шафигулин Р.В., Буланова А.В.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика

С.П. Королева(Самарский университет), Самара

vdavydov937@gmail.com

Разработка высокоэффективных катализаторов для щелочного электролиза воды является одной из ключевых задач водородной энергетики. Поиск новых катализаторов электролиза воды обусловлен проблемой снижения перенапряжения реакций выделения водорода (HER) и кислорода (OER), а также уменьшения расхода дорогостоящих металлов платиновой группы. В настоящей работе проведено сравнительное исследование электрокаталитических свойств монометаллического катализатора CNT_Pd(40) с массовой долей палладия 40% и полиметаллического катализатора CNT_FePc_NiPc_Pd, содержащего по 10% масс.каждого из металлов. Катализаторы были получены методом высокотемпературного пиролиза при 800 °C смеси углеродных нанотрубок, хлорида палладия (II) и фталоцианинов железа и никеля.

Электрохимические измерения выполнялись в трехэлектродной ячейке в растворе 0,1 М КОН, насыщенном азотом. Вольтамперные характеристики представлены на рис.1. По результатам эксперимента установлено, что катализатор CNT_FePc_NiPc_Pd является наиболее эффективным в реакции выделения кислорода. Эффективность катализаторов в реакции выделения водорода сопоставима. Таким образом, использование фталоцианинов позволяет получить перспективные катализаторы OER, снизив при этом содержание палладия без потери целевых характеристик системы.

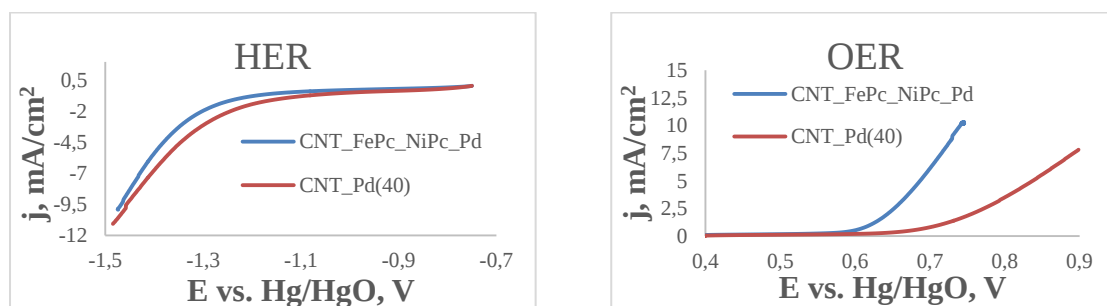


Рисунок 1. Линейные вольтамперограммы для синтезированных катализаторов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-73-00063, <https://rscf.ru/project/23-73-00063/>

КОГЕЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОСФОЛИПИДНЫМ КОНЦЕНТРАТОМ СИНТЕТИЧЕСКОГО ИЗОПРЕНОВОГО КАУЧУКА

Дауылбек А.А., Накып А.М., Рахматуллина А.П.

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,

Казань, ул. К. Маркса, д.68, Россия, 420015

aidadauylbek@gmail.com

Синтетический аналог натурального каучука (НК), выпускаемый отечественной промышленностью – синтетический изопреновый каучук (СКИ-3), значительно уступает НК по когезионной прочности. Улучшить этот показатель можно путем модификации СКИ-3 фосфолипидным концентратом (ФЛК), состоящим из фосфолипидов (60% мас.), на разных стадиях получения СКИ-3, например, на стадии дегазации [1]. В данной работе исследовалась модификация на стадии сушки каучука. Для модификации использовали полимеризат СКИ-3 (раствор каучука в изопентане). Дегазированный из полимеризата каучук (влажный) смешивали с модификатором в пластикордере «Брабендер» при температуре 60-70°C и времени смешения 7 мин, скорости вращения ротора 60 об/мин. Количество ФЛК варьировали от 3 до 7 мас.ч. на 100 мас.ч. «сухого» каучука. Затем модифицированный каучук сушили в червячной машине при температуре 180 °C в течение 5 мин.

На основе модифицированных каучуков были приготовлены резиновые смеси (РС) в пластикордере «Брабендер» по стандартной рецептуре и исследованы их физико-механические свойства. Было установлено, что при увеличении концентрации ФЛК от 0 до 5 мас.ч. когезионная прочность сырых саженатополненных РС возрастает с 0,6 до 0,8 МПа (на 33,3%); вязкость по Муни повышается с 36,1 до 39,0 усл. ед. (на 8,0%). Повышение дозировки ФЛК до 7 мас.ч. приводит к снижению обоих показателей. Это объясняется тем, что избыток ФЛК начинает проявлять пластифицирующее действие. Таким образом, оптимальная дозировка ФЛК, обеспечивающая максимальную когезионную прочность и высокую вязкость (как показатель развитой структурной сетки), составляет 5 мас.ч на 100 мас.ч. каучука.

Список литературы

1. Dauylbek A., Rakhmatullina A., Nakyp A. [et al.] // Modification of Synthetic Isoprene Rubber with Phospholipid Concentrate during the Stage of Rubber Extraction from Polymerizate / Chemical Methodologies// – 2026, – 10, – С. 49-62. DOI:10.48309/chemm.2026.540269.1999.

СОРБЦИЯ ИОНОВ La(III), Gd(III) И Er(III) НА ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Заболотных С.А.¹, Чеканова Л.Г.¹, Удоратина Е.В.², Казакова Е.Г.²

¹*«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь*

²*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар*

zabolotsveta@mail.ru

Извлечение ионов редкоземельных элементов (РЗЭ) сорбционным методом является перспективным направлением для их количественного и селективного выделения из технологических растворов различного состава. Для реализации данного процесса большой интерес представляют модифицированные биополимеры, например, целлюлозосодержащие материалы. Благодаря высокой химической активности данных материалов возможно введение в их структуру фосфорсодержащих функциональных групп ($-O-P(O)(OH)_2$ и $-O-P(OH)_2$), за счет которых происходит извлечение ионов РЗЭ.

В качестве сорбентов использовали фосфорилированные холоцеллюлозу (ХЦ), выделенную из древесной зелени ели, и порошковую целлюлозу (ПЦ), полученную кислотным гидролизом сульфатной небеленой целлюлозы. Оба материала предварительно выдерживали в 1.0 моль/л растворе HNO_3 для удаления слабозакрепленных функциональных групп (ХЦ-Р-к и ПЦ-Р-к). Сорбция ионов РЗЭ изучена на примере лантана, гадолиния и эрбия.

На ХЦ-Р-к количественная сорбция (>95%) ионов La(III), Gd(III) и Er(III) наблюдается в интервале pH 1.0–5.5; на ПЦ-Р-к – 2.0–5.5. При более низких pH степень извлечения снижается, а увеличение pH приводит к образованию гидроксидов РЗЭ. Сорбционное равновесие для всех металлов (C_M 0.01 и 0.001 моль/л) достигается в течение 3–5 мин контакта фаз для ХЦ-Р-к (pH 1.0) и в течение 1–5 мин для ПЦ-Р-к (pH 2.0). Предельная сорбционная емкость материала ХЦ-Р-к для ионов La(III) и Gd(III) составила 0.9–1.0 ммоль/г, для Er(III) – 1.0–1.1 ммоль/г. На ПЦ-Р-к максимальная сорбционная емкость ниже для всех ионов – 0.75–0.80 ммоль/г, что связано с меньшим количеством функциональных групп в составе сорбента.

При совместной сорбции выбранных ионов на ХЦ-Р-к или ПЦ-Р-к ионы Gd(III) и Er(III) извлекаются немного лучше, чем ионы La(III).

Исследования сорбции выполнены в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8. Фосфорсодержащий сорбент получен в рамках государственного задания по теме № 125020501549-2.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ КОНЦЕВОЙ ГРУППЫ ГРЕБНЕОБРАЗНОГО ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТА НА АКТИВНОСТЬ В МИЦЕЛЛЯРНОМ КАТАЛИЗЕ

Зефирова П.М., Фетин П.А., Кадников М.В., Зорин И.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

zef.p.m002@mail.ru

Мицеллярный катализ представляет собой явление изменения скорости химической реакции в водном растворе в присутствии мицелл, образованных поверхностно-активным веществом (ПАВ). По мнению многих ученых, такой способ проведения реакции хорошо соотносится со всеми 12 принципам «Зеленой» химии, в связи с чем разработка эффективных мицеллярных со-катализаторов является актуальной задачей. Среди них особый интерес представляют гребнеобразные полиэлектролиты. Установлено, что структура основной цепи полиэлектролита во многом определяет его каталитическую активность, однако влияние природы концевой группы полимера на его свойства как со-катализатора на данный момент не установлено. Поэтому целью данной работы является синтез и исследование свойств серии гребнеобразных полиэлектролитов для определения этой взаимосвязи.

В рамках настоящей работы методом свободно-радикальной полимеризации в воде и псевдо-живой полимеризации по механизму RAFT с использованием 2-(додецилтиокарбонотиоилтио)-2-метилпропановой кислотыв качестве RAFT-агентабыла синтезирована серия гребнеобразных полиэлектролитовс группами N-метилпиперидиния в структуре. Дляобразцов определена характеристическая вязкость, степень полимеризации, солюбилизационная емкость и каталитическая активность в мицеллярном катализе конструктивной реакции Сузуки-Мияуры. Показано, что включение в состав концевой группы полиэлектролита фрагмента, способного к связыванию истинного катализатора реакции в малолабильные комплексы приводит к значительному понижению его каталитической активности.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития «Полимеры для устойчивого развития» (грант № 075-15-2024-553). Авторы выражают благодарность ресурсным центрам СПбГУ «Магнитно-резонансные методы исследования», «Методы анализа состава вещества», «Криогенный отдел», «Оптические и лазерные методы исследования вещества».

ПОЛИМЕРИЗОВАННЫЕ МИЦЕЛЛЫ: КАК И ЗАЧЕМ

Зорин И.М.¹, Кадников М.В.², Фетин П.А.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

i.zorin@spbu.ru

Мицеллы ионогенных ПАВ являются уникальными молекулярными ассоциатами, для которых характерна воспроизводимость и стабильность формы, размеров и способность к солюбилизации различных веществ. Тем не менее, мицеллы являются динамическими структурами; несмотря на стабильность всей системы, каждая отдельная мицелла существует не дольше миллисекунд. Поэтому уже давно существовала идея получения «полимеризованных мицелл», в которых молекулы ПАВ соединены за хвосты дополнительными ковалентными связями. Для этого синтезируют специальные мономеры, имеющие и полимеризуемую группу, и структурные особенности ПАВ [1]. Полимеризация таких мономеров в мицеллярной фазе имеет свои кинетические особенности и по механизму близка к микроэмульсионной [2]. Продуктом мицеллярной полимеризации в зависимости от структуры мономера может быть гребнеобразный полиэлектролит или полиэлектролит-коллоидный комплекс, но никогда «полимеризованные мицеллы» не являются репликой исходных мицелл мономера [3].

Будут представлены результаты исследования полимеризации мицеллообразующих мономеров в мицеллярных растворах, а также возможности и перспективы применения «полимеризованных мицелл» в аналитической химии (хроматография, ПАВ-селективные электроды [4]), катализе [5], создании новых антисептиков [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития (грант № 075-15-2024-553)

Список литературы:

- [1] Zorin I.M., Zorina N.A., Fetin P.A. *Polymer Science - Series C* **64**, 123–134(2022)
- [2] Zorin I.M., Podolskaya E.P., Bilibin A.Yu. *European Polymer Journal*, **110** 355–363(2019)
- [3] Hamid S., Sherrington D. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 936-938 (1986)
- [4] Zorin I., Scherbinina T., Fetin P., Makarov I., Bilibin A. *Talanta*, **130**, 177-181. (2014)
- [5] Zorin I.M., Kadnikov M.V., Fetin P.A. *Russian J. of General Chem.*, **94**, S148–S156 (2024)
- [6] Fetin P.A., Fetina V.I., Kadnikov M.V., Orlova V.V., Ermolenko E.I., Lezov A.A., Zorin I.M. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* **690**, 133696

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО МЕТАЛЛА НА АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МЕЗОПОРИСТОГО СИЛИКАГЕЛЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО НИКЕЛЕМ И СЕРЕБРОМ, МЕТОДОМ ОБРАЩЕННОЙ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Зубкова Д.Н., Скирденко И.И., Токранова Е.О., Шафигулин Р.В., Буланова А.В.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика

С.П. Королева, Самара

fileona@mail.ru

Допирование мезопористых силикагелей (МС) редкоземельными элементами (РЗЭ) дает возможность дополнительно влиять на кислотно-основные характеристики поверхности, а также на распределение активных центров наночастиц переходных металлов на поверхности силикагеля. Целью работы являлся синтез мезопористых силикагелей, модифицированных никелем и серебром, с последующим допированием тербием и диспрозием, и изучение их адсорбционных свойств методом обращенной газовой хроматографии. Образцы МС, модифицированные никелем, серебром и РЗЭ (Tb, Dy), синтезированы темплатным методом. Адсорбционные свойства изучены методом обращенной газовой хроматографии в интервале температур 473–493 К, газ-носитель – гелий. Адсорбционные характеристики оценивали по теплотам адсорбции углеводородов. Установлено, что природа РЗЭ оказывает существенное влияние на энергию межмолекулярного взаимодействия (рис.1). Для всех образцов наблюдается закономерное увеличение теплот адсорбции линейных алканов с ростом числа атомов углерода.

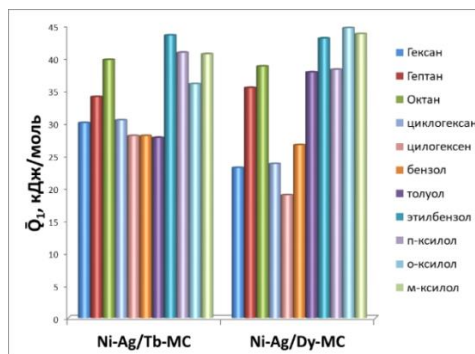


Рис. 1. Теплоты ($\bar{Q}_1$) адсорбции углеводородов на адсорбентах Ni-Ag/Tb-MC и Ni-Ag/Dy-MC

Для циклических углеводородов теплоты адсорбции увеличиваются в ряду: циклогексан > циклогексен > бензол, что указывает на преобладание дисперсионных взаимодействий. Наибольшие значения теплот адсорбции для всех тестовых адсорбатов наблюдаются для образца, допированного тербием. Таким образом, замена одного редкоземельного элемента на другой в составе биметаллического адсорбента позволяет заметно изменять его энергетические характеристики.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, шифр проекта FSSS-2026-0007.

ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТОГО И ДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА АКРИЛОНИТРИЛБУТАДИЕНСТИРОЛА

Иванова Е.В., Лебедева Е.А., Трухинов Д.К., Астафьева С.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

kornilicina.lena@mail.ru

В последнее время важным направлением в современном промышленном производстве является разработка и внедрение полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые позволяют создавать изделия с улучшенными эксплуатационными характеристиками и расширять возможности различных технологических процессов. Развитие этой области обусловлено стремлением к снижению веса конечных изделий, повышению их долговечности, а также необходимостью соответствовать современным экологическим и экономическим требованиям.

Одним из широко применяемых конструкционных термопластичных полимеров является акрилонитрилбутадиенстирол (АБС-пластик). Популярность этого материала обусловлена сочетанием ряда свойств: высокой ударопрочностью, хорошей обрабатываемостью, стабильностью размеров при эксплуатации и др. Кроме того, материал поддаётся вторичной переработке, что повышает его привлекательность в контексте развития циркулярной экономики и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

В данной работе было рассмотрено влияние длины волокнистого наполнителя в сочетании с магнитными частицами, на реологические, физико-механические и теплофизические свойства полимерных композиционных материалов на основе АБС-пластика, полученных методом литья под давлением.

Введение наполнителей способствует повышению прочности и жесткости полимерной матрицы и одновременно снижает ее способность к пластической деформации, таким образом, смещая механизм разрушения от вязкого к хрупкому. Также разработанные ПКМ сохраняют эксплуатационные свойства в сопоставимом температурном диапазоне и могут использоваться в тех же условиях, что и исходный АБС-пластик, но с улучшенной теплопроводностью.

ТЕРМИЧЕСКИЕ И ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИФОСФАЗЕНОВОЙ СМОЛОЙ

Истомина Т.С., Астафьева С.А., Морозов В.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

IstominaS@yandex.ru

Эпоксидные смолы широко используются в производстве полимерных композиционных материалов различного назначения, поскольку обладают химической, термической, масло- и бензостойкостью, а также высокой адгезией к различным поверхностям, отличными электроизоляционными свойствами и механической прочностью. Их основной недостаток – горючесть. Для придания огнестойкости эпоксидным смолам используют различные наполнители и модификаторы. Перспективным модификатором является эпоксифосфазеновая смола – равновесная смесь диглицидилового эфира дифенилолпропана и эпоксифосфазенового дианового олигомера. Синергетическое действие фосфора и азота в ее составе способствует повышению огнестойкости эпоксидной композиции.

Цель работы – исследование влияния ввода эпоксифосфазена на термические и огнезащитные свойства композиций на эпоксидной основе.

Были синтезированы и исследованы образцы полимерных композиций с концентрацией эпоксифосфазена от 0 до 50 мас. %. Установлено, что увеличение доли модификатора способствует росту количества коксового остатка, образующегося в процессе термодеструкции, но приводит к резкому увеличению вязкости системы, что затрудняет ее дальнейшее наполнение. Показано, что композиция, содержащая 10 % эпоксифосфазеновой смолы, обладает оптимальными термическими и огнезащитными свойствами.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования эпоксифосфазеновой смолы в качестве модифицирующей добавки для эпоксидных огнезащитных материалов и обосновывают целесообразность дальнейшей оптимизации рецептуры с целью повышения защитных свойств.

Работа выполнена в рамках государственного задания; номер государственной регистрации 124022100088-6.

ГРЕБНЕОБРАЗНЫЕ АМФИФИЛЬНЫЕ СОПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ КАТИОННЫХ И НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ МОНОМЕРОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕАКЦИИ СУЗУКИ В ВОДЕ

Кадников М.В., Фетин П.А., Зефинова П.М., Зорин И.М., Цветков Н.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

m.kadnikov@spbu.ru

Органические растворители широко применяются в органическом синтезе, однако являются основным источником органических отходов. Одним из подходов зелёной химии является проведение реакций в воде, однако ее использование ограничено низкой растворимостью большинства органических соединений. Для решения этой проблемы могут применяться поверхностно-активные вещества. В отличие от низкомолекулярных ПАВ, требующих достижения концентраций выше критической концентрации мицеллообразования, полимерные амфифилы способны формировать каталитически активные агрегаты даже при крайне низком содержании в растворе. Благодаря возможности регулирования состава и структуры гребнеобразные полимеры представляют интерес в качестве мицеллярных катализаторов.

Получены гомополимеры и сополимеры с различным соотношением катионных и неионогенных звеньев. По данным динамического светорассеяния и скоростной седиментации рассчитаны их средние молекулярные массы. Все исследованные полимеры проявили каталитическую активность в реакции Сузуки. При концентрации 5×10^{-3} М полимеры, содержащие катионные звенья, обеспечивали конверсию свыше 90%. При снижении концентрации в 100 раз наиболее эффективным оказался сополимер с соотношением катионных и неионогенных звеньев 10:1, что, вероятно, обусловлено оптимальным сочетанием солюбилизационной емкости и микрополярности агрегатов. В исследованном диапазоне молекулярная масса полимеров не оказывала заметного влияния на степень превращения субстрата.

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).

Авторы выражают благодарность Центру магнитно-резонансных методов исследования вещества, Криогенному отделу, РЦ Методы анализа состава вещества Санкт-Петербургского государственного университета.

СИНТЕЗ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ СОРБЕНТОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Казакова Е.Г.¹, Удоратина Е.В.¹, Заболотных С.А.², Чеканова Л.Г.²

¹Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

²«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

egkazakova@mail.ru

Среди широкого перечня сорбентов, используемых для извлечения ионов редкоземельных элементов (РЗЭ) из растворов, перспективными являются лигно- и целлюлозосодержащие материалы. Однако исходные биополимеры обладают недостаточно высокой сорбционной емкостью, что обусловлено низким содержанием в их составе активных функциональных групп. Для увеличения количества адсорбционных центров и повышения адсорбционной способности по отношению к ионам РЗЭ нативные биополимеры необходимо химически модифицировать различными методами: карбоксиметилирование, сульфирование, фосфорилирование или ацетилирование.

На основе сульфатной небеленой целлюлозы (содержание остаточного лигнина ~6%) в волокнистой и порошковой форме (степень полимеризации 1100 и 270, соответственно) синтезированы сорбенты, содержащие карбоксиметильные, сульфоновые или фосфатные группы. Полученную карбоксиметилцеллюлозу в форме свободной поликислоты применяли для получения гидразидов целлюлозы. Фосфорсодержащие сорбенты получены путем пропитки в растворах, содержащих мочевины и фосфатную соль – пирофосфат или гидрофосфат аммония – с последующей термообработкой пропитанного материала. Сульфопроизводные материалы получены на основе предварительно синтезированного тозилата целлюлозы с последующей обработкой водными растворами сульфита натрия/гидросульфита натрия. Функционализация материалов подтверждена инструментальными методами исследования (ИК-спектроскопией, термогравиметрией, элементным анализом, сканирующей электронной микроскопией с энергодисперсионным анализом). Исследована устойчивость функциональных групп фосфорсодержащих сорбентов при выдерживании их в различных средах, а также сорбция ионов La(III) из водных растворов с различным pH.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 125020501549-2. Исследования сорбции выполнены в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8.

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ

ИОНОВ Gd(III) С АРСЕНАЗО III

Капустина М.Д., Ельчищева Ю.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

analitik1973@mail.ru

Органические реагенты трифенилметанового ряда образуют прочные и устойчивые комплексные соединения с редкоземельными элементами (РЗЭ) в нейтральных средах. Реагент Арсеназо III (ArIII) выгодно отличается от реагентов этого класса, так как реагируют с РЗЭ в кислых средах, что существенно повышает избирательность реакций в присутствии других элементов.

Для изучения реакции комплексообразования Gd(III) с ArIII спектрофотометрическим методом проведен визуальный скрининг, который показал, что контрастность окраски реагента и его комплексов с Gd(III) наблюдается в диапазоне pH от 2,50 до 9,40. В исследуемой области pH зарегистрированы спектры поглощения растворов ArIII и его комплексов с Gd(III). Наибольшая контрастность спектрофотометрической реакции (116 нм) и максимальная чувствительность зафиксированы при pH = 2,50 и длине волны 653 нм. Комплекс образуется мгновенно и устойчив в течение часа. Методами насыщения и изомолярных серий установлено, что в исследуемой системе присутствуют комплексы с молярными соотношениями $[Gd(III)]:[ArIII] = 1:1$ и $1:2$.

В оптимальных условиях построен градуировочный график. Закон Бугера-Ламберта-Бера выполняется в достаточно широком интервале концентраций – от 15,70 до 236,0 мкг в 25 мл раствора. Средний молярный коэффициент поглощения составляет $6,12 \cdot 10^4$ см²/моль. Правильность и сходимость спектрофотометрического определения Gd(III) с ArIII рассчитаны методом «введено-найдено». Удовлетворительные систематическая (0,54 %) и случайная (1,17 %) погрешности говорят о возможности использования данной спектрофотометрической реакции для определения ионов Gd(III). Условная константа устойчивости комплекса, определенная по методу разбавления Бабко, составляет – $\beta = 3,8 \cdot 10^{14}$.

Методом добавок изучено мешающее влияние сопутствующих РЗЭ – в меньшей степени влияют ионы Eu(III) и Ce(III) (при соотношении $[Gd(III)]:[Eu(III)] = 1:1$ ошибка составляет 4,0 %; при соотношении $[Gd(III)]:[Ce(III)] = 1:2$ – 5,8 %).

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА СИНТЕЗА МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СИСТЕМ $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{ZrO}_2$ НА ИХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Кондрашова Н.Б., Савастьянова М.А., Саенко Е.В., Удалова А.И.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

Kondrashova_n_b@mail.ru

Диоксид циркония и материалы на его основе, благодаря их широкому практическому применению, вызывают интерес за счёт своих уникальных свойств – низкой теплопроводности и устойчивости к высоким температурам, химической стойкости и механической стабильности. Медь-цинковые системы активно исследуются в реакциях синтеза метанола, паровой конверсии монооксида углерода и других процессах. В работе методом температурно-программируемого восстановления водородом (H_2 -TPR) исследовали окислительно-восстановительные свойства систем $\text{CuO}/\text{ZnO}-\text{ZrO}_2$. Синтез образцов сравнения $\text{CuO}/\text{ZnO}-\text{ZrO}_2$ осуществляли соконденсацией оксидов (образец 1C-600) и пропиткой гидратированного ZrO_2 растворами солей металлов (образец 1P-600).

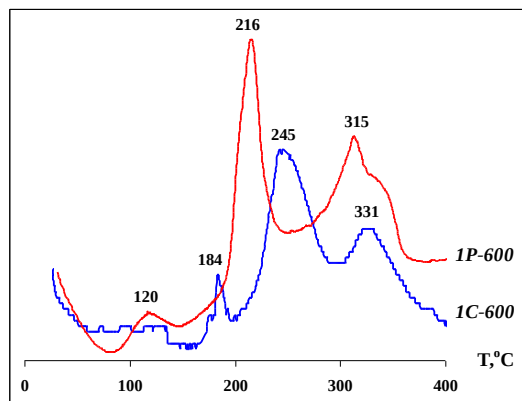


Рисунок – H_2 -TPR профили образцов $\text{CuO}/\text{ZnO}-\text{ZrO}_2$

Данные H_2 -TPR показали, что способ введения Cu- и Zn-содержащих компонентов влияет на восстанавливаемость CuO_x -форм в $\text{CuO}/\text{ZnO}-\text{ZrO}_2$ системах. Образец, полученный методом пропитки, характеризуется более низкотемпературным восстановлением, тогда как для образца, полученного соконденсацией, наблюдается смещение пиков потребления H_2 в более высокотемпературную область, что указывает на формирование менее легко восстанавливаемых CuO_x -форм, более тесно связанных с циркониевой матрицей.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124022200039-7.

1-АЛКОКСИТИОКАРБОНИЛ-2-БЕНЗОИЛГИДРАЗИНЫ – НОВЫЕ СОБИРАТЕЛИ В ПРОЦЕССЕ ИОННОЙ ФЛОТАЦИИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

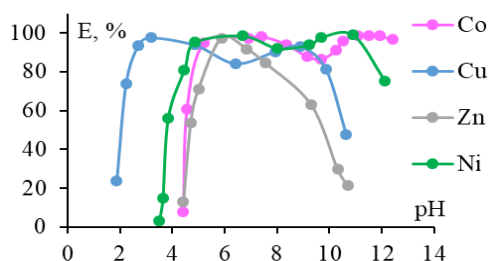
Кононов Е.А., Чеканова Л.Г., Гусев В.Ю.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

kononov_e.a@mail.ru

Ионная флотация является перспективным методом селективного извлечения и разделения ионов цветных металлов, присутствующих в технологических растворах и сточных водах. Одним из способов повышения эффективности процесса является разработка новых органических реагентов, способных образовывать с ионами цветных металлов прочные комплексы. Современные тенденции в разработке новых собирателей основываются на синтезе соединений с различными функционально-активными группами с несколькими гетероатомами, такими как азот, кислород и сера. Нами был синтезирован ряд 1-алкокситиокарбонил-2-бензоилгидразинов общей формулы $\text{ROC}(=\text{S})\text{NHNHC}(=\text{O})\text{Ph}$, где $\text{R} = \text{C}_3\text{H}_7-, \text{C}_4\text{H}_9-, \text{C}_5\text{H}_{11}-, \text{C}_6\text{H}_{13}-, \text{C}_7\text{H}_{15}-, \text{C}_8\text{H}_{17}-$.

Нашими предыдущими исследованиями было установлено, что реагенты плохо растворимы в воде, умеренно – в щелочных растворах, хорошо – в этаноле; обладают поверхностно-активными свойствами; в растворах в зависимости от значения pH могут существовать в различных формах, а с ионами цветных металлов образуют флотоактивные осадки комплексов различного строения и состава. Полученные результаты позволяют предполагать эффективность данного ряда соединений в процессе ионной флотации. В подобранных оптимальных условиях для извлечения каждого металла была проведена ионная флотация. Из данных рисунка следует, что реагент эффективно извлекает из раствора ионы меди, кобальта, никеля и цинка в широком диапазоне значений pH раствора. При $\text{pH} = 3$ возможно селективное извлечение ионов меди из раствора, содержащего смесь ионов цветных металлов.



Зависимость степени извлечения ионов металла от равновесного значения pH раствора на примере 1-амилокситиокарбонил-2-бензоилгидразина ($C_{\text{M(II)}} = 4 \cdot 10^{-4}$ моль/л)

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ИХ ОРИЕНТАЦИЮ И СТРУКТУРУ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТА СЭБС

Лебедева Е.А., Трухинов Д.К., Иванова Е.В., Астафьева С.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

itch.elena@mail.ru

Термоэластопласты (ТЭП) представляют собой уникальный класс полимерных материалов, сочетающий способность к большим обратимым деформациям с возможностью переработки классическими методами (компрессионное формование, литье под давлением, экструзия). Актуальным направлением является создание многофункциональных полимерных композитов (ПКМ) на их основе путем введения углеродных и магнитных наполнителей. Изменение содержания наполнителей позволяет направленно регулировать функциональные свойства материала: электро- и теплопроводящие, магнитные и др. Основная научная задача заключается в управлении анизотропной структурой, поскольку для частиц с высоким аспектным отношением их ориентация является определяющим фактором, влияющим не только на функциональные свойства, но и на физико-механические свойства композита. Увеличение концентрации наполнителей оказывает выраженное влияние на реологическое поведение ПКМ и их ориентацию в готовом изделии, а также определяет переход структуры от изолированных включений к перколяционной сетке.

В ходе исследования были получены ПКМ на основе стирол-этилен-бутилен-стирола (СЭБС), наполненного короткими углеродными волокнами и частицами магнетита с разными концентрациями. Результаты физико-механических исследований показали, что увеличение массового содержания наполнителей приводит к росту жесткости и резкому снижению пластичности композитов, что связано с ограничением подвижности полимерных цепей и появлением структурных дефектов. Обработка данных, полученных методом динамического механического анализа, позволила установить усиление ориентации дисперсной фазы вдоль направления течения расплава по мере роста концентрации.

Работа выполнена в рамках государственного задания; номер государственной регистрации темы 124022100088-6.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА О-ИЗОПРОПИЛ-2-(ФЕНИЛСУЛЬФОНИЛ)ГИДРАЗИНКАРБОТИОАТА

Липина А.К.¹, Ельчищева Ю.Б.¹, Чеканова Л.Г.², Гусев В.Ю.²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

²«Институт технической химии УрО РАН» -филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

arisha.lipina31@gmail.com

В качестве нового потенциального собирателя для выделения и концентрирования цветных металлов (ЦМ) впервые синтезирован реагент о-изопропил-2-(фенилсульфонил)гидразинкарботиоат (ИФСГ), который содержит тиогидразидную группу в качестве функционально-аналитической группы по отношению к ионам ЦМ и аналитико-активную – фенилсульфонильную, увеличивающую кислотные свойства реагента. Целенаправленный синтез органического реагента осуществлен на основании успешно апробированного на сульфидной медно-никелевой руде N-(бензоил)-N'-(фенилсульфонил)гидразина (БФСГ), а также использования в отечественной практике сульфгидрильных собирателей на примере ксантогенатов, содержащих тиокарбонильную группу.

Для обоснования использования реагента в процессах концентрирования проведено изучение растворимости ИФСГ. Методами гравиметрии и спектрофотометрии исследована растворимость реагента. ИФСГ хорошо растворим в хлороформе, толуоле, низших спиртах и 0,1моль/л растворе КОН, ограниченно – в гексане, нерастворим в воде. Полученные результаты исследования говорят о возможном применении реагента в экстракции и флотации.

Протолитические равновесия в растворах ИФСГ исследованы спектрофотометрическим методом. При оптимальных длинах волн 200 и 225 нм построены зависимости оптической плотности реагента от pH раствора, на которых наблюдаются два перегиба, соответствующие депротонизации ИФСГ по двум ступеням. Значения констант кислотной диссоциации рассчитаны и составили: $pK_{a1} = 10,92 \pm 0,23$, $pK_{a2} = 13,69 \pm 0,12$.

Гидролитическую устойчивость ИФСГ изучали спектрофотометрическим методом в 0,1 моль/л растворе КОН. По истечении одного часа качественный состав изучаемого раствора реагента был постоянен, степень гидролиза составляет 1,20 %.

ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД ОТ Cs^+ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОСФОРСОДЕРЖАЩЕГО ПРОДУКТА ИЗ РИСОВОЙ МУЧКИ

Макаренко Н.В.¹, Ярусова С.Б.¹, Арефьева О.Д.², Егоркин В.С.¹, Паротькина Ю.А.¹

¹Институт химии ДВО РАН, Владивосток

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

makarenko@ich.dvo.ru

Загрязнение водных сред ^{137}Cs - острая экологическая проблема, обусловленная развитием ядерного топливного цикла и радиационными авариями. Поиск эффективных и безопасных материалов для извлечения Cs^+ из водных растворов остаётся актуальной задачей. Перспективно использование отходов агропромышленного комплекса, что позволяет одновременно решить проблему их утилизации и создать новые средства водоочистки.

Цель работы - исследование закономерностей извлечения ионов Cs^+ из водных растворов фосфорсодержащим продуктом, выделенным из рисовой муки, и определение оптимальных условий процесса.

Фосфорсодержащий продукт идентифицирован как инозитгексафосфорная кислота (элементный анализ, ЯМР). Извлечение Cs^+ из модельных водных растворов CsCl изучали при комнатной температуре, контролируя концентрацию металла атомно-абсорбционной спектрометрией и рН потенциометрически. Варьировали Т:Ж, время контакта, начальную концентрацию Cs^+ и кислотность среды. Кинетику обрабатывали по моделям псевдопервого и псевдовторого порядка.

Установлено, что степень извлечения Cs^+ возрастает с увеличением массы продукта: при Т:Ж от 1:1500 до 1:50 - с 38 до 72 %. Оптимальное Т:Ж = 1:100 обеспечивает 65 %-ное извлечение. Кинетика описывается моделью псевдовторого порядка ($R^2 = 0,9998$), что указывает на химическое взаимодействие катионов с функциональными группами продукта; равновесие достигается за 30 мин. Максимальная эффективность (~69 %) наблюдается при концентрации Cs^+ ~10 мг/дм³; при повышении до 47,60 мг/дм³ степень извлечения снижается до 63 %. Зафиксирован сдвиг рН в щелочную область ($\Delta\text{pH} = 2,10\text{--}3,31$), подтверждающий участие фосфатных групп в связывании Cs^+ .

Таким образом, продукт из рисовой муки - перспективный экологически безопасный материал для извлечения Cs^+ , позволяющий утилизировать отходы рисового производства и создавать доступные средства очистки водных сред от радиоактивного загрязнения.

Работа выполнена при поддержке ИХ ДВО РАН (госзадание FWFN-2025-0002).

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ БОР-СОДЕРЖАЩИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НА ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЕ СТАРЕНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Макарова М.А., Сеничев В.Ю., Перепада М.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

makmara65@mail.ru

С момента начала использования полиуретанов в промышленности проблема повышения их термостойкости неизменно привлекает внимание исследователей. На термостойкость полиуретанов в первую очередь влияет химическое строение их полимерных цепей, структурные особенности, а также использование тех или иных стабилизаторов. В последние десятилетия активно развивается направление по введению в полимерные матрицы объемных борсодержащих кластеров, таких как карбораны и *клозо*-додекаборатные анионы, с целью придания материалам улучшенных эксплуатационных характеристик. Интерес к этим соединениям обусловлен их уникальной трехмерной электронодефицитной структурой, высокой термической и химической стабильностью, а также высоким содержанием атомов бора. Однако данные о влиянии этих соединений на долговременную стойкость полиуретанов в условиях мягкого термического старения в литературе практически отсутствуют.

Целью настоящей работы являлось проведение ускоренного термоокислительного старения полиуретановых эластомеров на основе сложных полиэфиров с использованием трех типов безводных тетрабутиламмониевых солей ди-, три- и смеси полигидроксозамещенных производных *клозо*-додекаборатного аниона, определение эффективности их действия на процесс старения полиуретанов в диапазоне температур от 90 до 120 °С в условиях воздействия кислородной атмосферы.

Экспериментальные результаты подтвердили перспективность применения указанных соединений в качестве термостабилизаторов полиуретанов. Установлено, что 1,7-дигидроксо-*клозо*-додекаборат тетрабутиламмония позволяет практически вдвое увеличить расчетный срок службы исследованных материалов при эксплуатации в диапазоне температур 60-90 °С.

Бор-содержащие соединения синтезированы сотрудниками Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124022200003-8).

АКРИЛОВЫЕ ЭФИРЫ НИТРОСПИРТОВ: РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Максимова Д.В., Шереметев А.Б.

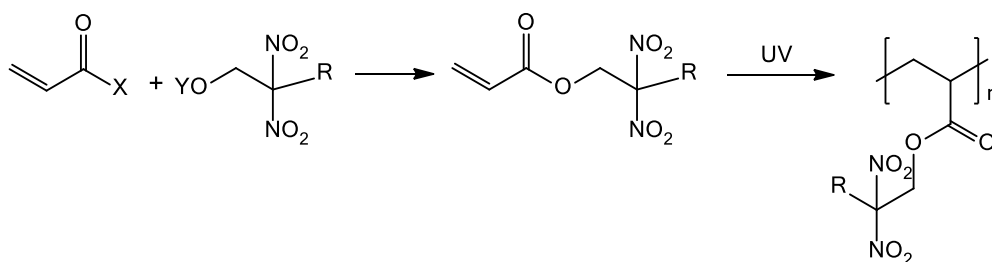
Институт органической химии имени Н. Д. Зелинского РАН, Москва

dvm2002@ioc.ac.ru

Акриловые эфиры нитроспиртов представляют потенциальный интерес в качестве мономеров для создания энергоемких полимеров. Однако, в настоящий момент данные об энергоемких полимерах весьма ограничены. В этой связи, разработка методов синтеза как нитромономеров, так и полимеров на их основе весьма актуальны.

Несмотря на то, что исследования реакции этерификации акриловой кислоты нитроспиртами ведутся более полувека, детальное описание получаемых соединений и их свойства авторами практически не приводятся.

Нами разработан ряд альтернативных методов для получения акриловых эфиров нитроспиртов и изучены их спектральные, физико-химические и химические свойства.



R: Me, NO₂; **X:** OH, Cl, OK; **Y:** H, SO₃H

Впервые проведена УФ-инициируемая полимеризация акрилатов нитроспиртов, а также изучена возможность их сополимеризации с промышленными акриловыми олигомерами. Проведен анализ влияния заместителя **R** на полимеризацию. Все полимеры охарактеризованы совокупностью спектральных и физико-химических методов.

НИТРАМИНОПОЛИМЕРЫ С 1,2,3-ТРИАЗОЛЬНЫМИ И ФУАЗАНОВЫМИ ЦИКЛАМИ. ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ РЕАКЦИИ АЗИД-АЛКИНОВОГО ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ

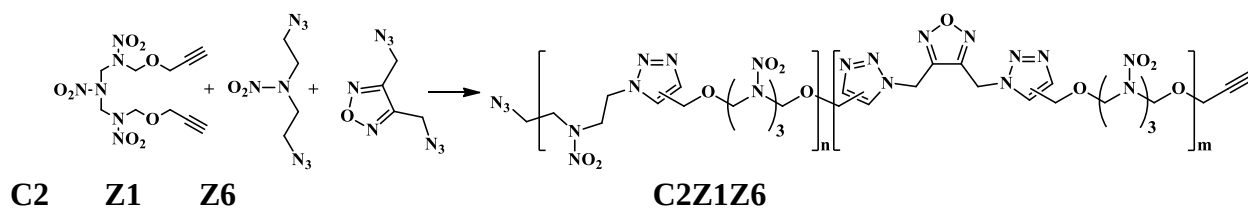
Малкина Д.А., Аюпов Р.Р., Виноградова И.Д., Шереметев А.Б.

Институт органической химии им Н.Д. Зелинского РАН, 119991, Россия, Москва,

Ленинский проспект, 47

mda@ioc.ac.ru

Полимеры, в составе которых много азота и кислорода, рассматриваются как перспективные компоненты активных связующих для энергоёмких материалов. Ранее нами синтезирован ряд полимеров, характеризующихся как положительной энтальпией образования, так и приемлемым кислородным балансом. Разработанный метод основан на реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения, обеспечивающей формирование полимерной цепи при взаимодействии двух энергоёмких сомономеров — диацетиленов и диазидов [1, 2]. В развитие предыдущих работ исследована возможность изменения структуры и свойств полимера частичной заменой одного из мономеров аналогом с теми же реакционными группами. Здесь представлены результаты использования бинарной диазидной компоненты, что иллюстрирует схема.



Показано, что реакционная способность диазидов **Z1** и **Z6** по отношению к модельному моноацетиленовому реагенту идентична. Это дает основания предполагать, что полученный трехкомпонентный полимер **C2Z1Z6** имеет статистическое строение. Синтезирован ряд полимеров, включающих разное соотношение азидных сомономеров **Z1** и **Z6**. Строение всех продуктов доказано элементным анализом, ИКС, ^1H , ^{13}C и ^{14}N ЯМР и ГПХ. Проведено комплексное исследование свойств синтезированных полимеров.

1. Gribov P.S. et al. / Int. J. Mol. Sci. – 2023. – V. 24. – P. 9645. DOI: 10.3390/ijms24119645
2. Gribov P.S. et al. // FirePhysChem. – 2025. – V. 5. – №. 1. – P. 15-27. DOI: 10.1016/j.fpc.2024.05.002

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА НА РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕКСАЦИАНОФЕРРАТА СЕРЕБРА

Маруф Х.Ф., Блинов А.В., Татов А.В., Пирогов М.А.

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия

maroufhananefatima@gmail.com

Исследовано влияние поверхностно-активных веществ на процесс синтеза и размерные характеристики наночастиц гексацианоферрата серебра (AgHCF). Наноразмерные материалы склонны к агрегации, что может значительно снизить их функциональные свойства, поэтому в процессе синтеза обычно вводят стабилизирующие вещества. Использование поверхностно-активных веществ является одним из наиболее эффективных подходов к контролю образования зародышей, росту кристаллов и предотвращению агрегации наночастиц. В качестве анионного поверхностно-активного вещества использовали лаурилсульфат натрия (SLS), а в качестве катионного поверхностно-активного вещества – катамин АВ. Наночастицы AgHCF были синтезированы путем химического осаждения в контролируемых условиях с использованием нитрата серебра в качестве прекурсора. Синтезированные наночастицы были охарактеризованы с помощью динамического рассеяния света (DLS) и сканирующей электронной микроскопии (SEM). DLS-анализ показал, что гидродинамический диаметр наночастиц AgHCF составил 82,57 нм для образца, стабилизированного SLS, и 115,86 нм для образца, стабилизированного катамином АВ. Наблюдения с помощью СЭМ репрезентативных частиц показали, что их диаметр составляет приблизительно 50 нм для образца SLS и 120 нм для образца KatamineAB. Результаты показывают, что тип поверхностно-активного вещества существенно влияет на размер и морфологию синтезированных наночастиц, причем SLS способствует образованию частиц меньшего размера, чем катамин АВ. Эти результаты подчеркивают важную роль поверхностно-активных веществ в контроле структурных характеристик наночастиц AgHCF и обеспечивают основу для дальнейшей оптимизации условий синтеза для получения стабильных наноматериалов для будущих сенсорных применений.

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ПОЛИМЕРОВ

Морозов И.А., Беляев А.Ю., Изюмов Р.И., Фагалов А.Р.

Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь

imorozov@icmm.ru

Методы атомно-силовой микроскопии (АСМ) нашли широкое применение в исследовании свойств материалов: совместно с трехмерным рельефом поверхности регистрируются и силовые взаимодействия зондового датчика с материалом. Обработка этих данных дает информацию о локальных структурных и физико-механических свойствах материала. Машинное обучение (МО) – класс методов, отличительной чертой которых является не прямое решение задачи, а предсказание результата на основе предварительно проведенного обучения.

Контактному взаимодействию зонда АСМ с поверхностью в эксперименте по индентированию предшествует бесконтактное ускоренное притяжение острия к поверхности. Этот неравновесный процесс не может быть описан статическими моделями. В настоящей работе предлагается расшифровка физико-механического взаимодействия острия с материалом на бесконтактном и контактном участках с использованием МО-алгоритмов. В обучении использовали результаты вычислений по модели гармонического осциллятора, варьируя параметры зонда, эксперимента и поверхности. Вязкоупругие свойства поверхности описывали моделью Кельвина-Фойгта. МО-алгоритмы тренировали на решение обратных задач – по определенным параметрам силовой кривой требовалось предсказать свойства поверхности.

В результате, из начального участка экспериментальной кривой силового взаимодействия зонда АСМ с поверхностью были последовательно определены параметр бесконтактного взаимодействия (константа Гамакера), точка начала контакта острия с поверхностью (позволяет оценить изменения рельефа в результате вдавливания острия в поверхность) и механические свойства поверхности (модуль упругости, работа адгезии и коэффициент вязкости). В качестве иллюстраций рассмотрена обработка АСМ-экспериментов по наномеханическому картированию полиэтилена, полиуретана, эпоксидной смолы и наполненной резины.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №25-21-20086) и Министерства образования и науки Пермского края (соглашение №С-26/1693 от 19.06.26).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИ(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ) ДИГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА КАК РЕАГЕНТА ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ АЛЬБУМИНОВЫХ НАНОЧАСТИЦ

Морозова М.А.^{1,2}, Храмцов П.В.^{1,2}

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет

²Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

masha.school2@gmail.com

Альбуминовые наночастицы являются перспективной платформой для синтеза диагностических реагентов для иммуноанализа. На поверхности наночастиц находятся карбоксильные, гидроксильные, тиоловые группы, аминокгруппы, которые можно использовать для ковалентного присоединения распознающих молекул [1]. Для успешного применения наночастиц, функционализированных распознающими молекулами, требуется дополнительная модификация их поверхности, чтобы предотвращать неспецифические взаимодействия в ходе иммуноанализа.

В качестве такого модификатора мы использовали диглицидилловый эфир поли(этиленгликоля) (ПЭГДЭ). Фрагмент ПЭГ в его составе способен обеспечить стерическую стабилизацию и отталкивающий гидратационный слой вокруг частиц [2], а наличие у ПЭГДЭ двух эпокси-групп позволяет применять его в качестве гомобифункционального сшивающего агента.

Нашей целью было продемонстрировать перспективность ПЭГДЭ для модификации поверхности наночастиц. Анализ белковой короны наночастиц методом гель-электрофореза после инкубации в 95%-ной сыворотке кролика и человека выявил значительно меньшую адсорбцию белков на частицах, предварительно обработанных ПЭГДЭ по сравнению с наночастицами, обработанных глутаровым альдегидом. Наночастицы, обработанные ПЭГДЭ, не агрегируют при pH от 3 до 10. Флуоресцентные альбуминовые частицы, конъюгированные со стрептавидином при помощи ПЭГДЭ, были успешно применены в качестве диагностикумов в твердофазном флуоресцентном анализе.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 25-73-10226.

1. Galisteo-González F., Molina-Bolívar J. A. Systematic study on the preparation of BSA nanoparticles //Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2014. Т. 123. Р. 286-292.
2. Guerrini L., Alvarez-Puebla R. A., Pazos-Perez N. Surface modifications of nanoparticles for stability in biological fluids //Materials. 2018. Т. 11. №. 7. Р. 1154.

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ХРОМА (VI) СИЛИКАГЕЛЕМ, МОДИФИЦИРОВАННОМ МОНОЭТАНОЛАМИНОМ

Нужина Е.К.¹, Заболотных С.А.^{1,2}, Горохов В.Ю.²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

²«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

lizga33@yandex.ru

Силикагель является одним из наиболее широко применяемых сорбентов благодаря своей высокой удельной поверхности, химической стойкости и возможности функционализации поверхности. Модификация силикагеля различными органическими соединениями позволяет существенно улучшить его сорбционные свойства: повысить емкость и избирательность. В частности, использование моноэтаноламина в качестве модифицирующего агента представляет интерес с точки зрения получения новых эффективных материалов. В результате взаимодействия аминоспирта с силанольными группами силикагеля, на поверхности материала закрепляются аминогруппы-NH₂, которые в кислой среде способны к протонизации. В связи с этим возможна сорбция ионов металлов, существующих в данных условиях виде анионов, например, хроматов.

В качестве сорбента применяли технический силикагель марки АСК (СТО 61182334-031-2015) с закрепленным на поверхности моноэтаноламином (материал АСК-ЭА). Определение ионов хрома (VI) в исходных растворах и в образцах после сорбции осуществляли фотометрическим методом в виде дифенилкарбазидного комплекса по градуировочному графику. Сорбцию ионов Cr(VI) (0.001 моль/л) проводили из сульфатных, нитратных или хлоридных растворов с различными pH.

В сульфатной среде степень извлечения ионов хрома (VI) составила 25% в интервале pH 3.0-5.0. В нитратной среде максимальная сорбция ионов Cr(VI) составила 21% при pH 2.6. В хлоридной среде извлечения ионов шестивалентного хрома практически не наблюдалось (R<2%). На исходном силикагеле АСК сорбция ионов Cr(VI) из сульфатной среды не превышает 11%, максимум наблюдается при pH 3.3-5.4.

Полученные зависимости показывают, что эффективность извлечения ионов хрома (VI) зависит не только от pH, но и от природы фонового электролита.

Изученный сорбент показал низкую сорбционную емкость по отношению к ионам хрома (VI), поэтому в дальнейших исследованиях планируется рассмотреть возможность сорбционного отделения его от других ионов металлов.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8.

КОЛОРИСТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ ТОНКОЙ КЕРАМИКИ

Папулова¹Г.Н., Томшин²В.О., Петропавловская³В.Б.

¹Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва

²Московский политехнический университет, Москва

³Тверской государственный технический университет, Тверь

Тонкая керамика – это категория гончарных изделий высокой степени белизны и прозрачности, например, фарфор, фаянс, отличающаяся высокой твердостью и яркими декоративными свойствами. Такие изделия востребованы, как в быту (элитная посуда, художественные объекты) для создания изысканной эстетики, так и в высокотехнологичных отраслях промышленности (авиастроение, электроника, медицина) благодаря своим эксплуатационным характеристикам. Современные потребности рынка диктуют все более строгие требования к качеству и дизайну тонкокерамических изделий, стимулируя внедрение новых методов их производства и оформления. Керамические материалы (в т.ч., санитарно-технические изделия, облицовочные плитки, фаянс, фарфор) характеризуются следующими эксплуатационными свойствами: форма, высокая степень белизны и прозрачность, блеск глазури, высокая твердость и яркие декоративные свойства. Требования к красочной композиции: достаточная цветовая гамма для обеспечения конкурентоспособности на потребительском рынке, экологичность и экономическая целесообразность. В колористике также выделяют следующие характеристики цвета: насыщенность, светлота, яркость, цветовой тон, интенсивность. Положили научную теорию: с учетом известных видов фаянса «сливочный» фаянс (добавка в белые глиняные смеси $[M=2,0 - 2,28]$ Со-пигмента для компенсации слишком теплого тона. «жемчужный» веджвудский фаянс (особая технология с распływом кобальтового декора Британского керамиста Веджвуд, 1730–1785 г.) «терракота» – неглазурованная керамика из красной глины. Подглазурные печатные мотивы (Британский керамист Веджвуд и Генри Доултон) – «каменная керамика» исследовать цвета и оттенки красок, выявить роль оксидных красителей и температуры обжига для придания цвета эмалям, глазури и глиняному тесту.

Объектами исследования являлись: пигменты и пигменты-наполнители Минеральные компоненты, влияющие на оттенок красителя. Керамические подглазурные краски для фаянса Надглазурные краски для фаянса Красочные материалы для тонкокерамических изделий

Цель работы: изучить влияние степени кристалличности/аморфизации поверхностного слоя керамического материала (пористый обожженный негидратированный фаянс, необожженный гидратированный фаянс) на колористические свойства ЛКМ с различными наполнителями и выбор наполнителя ЛКМ соответственно цвету, тону основного красящего оксида и технологические свойства красочного материала

Методы исследования: рентгено-структурный микроанализ, рентгено-фазовый анализ негидратированного фаянса, фронтальная жидкостная хроматография, шелкография, дифференциально-термического анализ

Введение наполнителей в красочную композицию увеличивает адсорбционную емкость пигментированной части перераспределением на ней поверхностных силанольных групп Si—ОН в связи с колебанием величины отрицательного заряда поверхности O²⁻ (возрастание льюисовской кислотности и снижение вклада в общую кислотность бренстедовской кислотности).

РЕГУЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИ-L-ЛАКТИДА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ С РАСКРЫТИЕМ ЦИКЛА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНИЦИАТОРОВ

Пикурова Е.В., Бояндин А.Н., Суханова А.А., Тюлькина Е.Н., Хохлова А. А.

Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева,

Красноярск

vitaelen@gmail.ru

Технологический прогресс и ожидания потребителей в отношении экологически безопасных продуктов приводят к разработке стратегических мер, направленных на замену нефтехимического сырья другими источниками. В настоящее время мировые производственные мощности полилактида демонстрируют быстрый рост, он входит в тройку лучших среди всех биопластиков, наряду с полибутиленадипаттерефталатом и полибутиленсукцинатом.

Методика получения исходного мономера включала выделение L-молочной кислоты из культуральной жидкости штамма *R. oryzae F-814* путем осаждения серной кислотой с последующей очисткой методами ультра- и нанофильтрации, а также ионного обмена. Полученную L-молочную кислоту упаривали до 80%-й концентрации и использовали для синтеза L-лактида. Процесс включал стадию получения олигомера методом поликонденсации с последующей каталитической деполимеризацией до циклического димера. На заключительном этапе проводили объемную полимеризацию с раскрытием кольца L-лактида в присутствии 0,1 масс.% катализатора 2-этилгексаноат олова (II) без использования инициатора с помощью роторного испарителя в вакууме (10 мбар, 50 об/мин). Данный подход позволил эффективно преодолеть ограничения, связанные с вязкостью расплава и массопереносом, в результате чего был получен поли-L-лактид со средневесовой молекулярной массой до 150 кДа и почти количественной конверсией мономера до 99,4%. Полученные методом полива из раствора образцы пленок L-PLA обладали степенью кристалличности от 10% до 29,8% (в зависимости от длины молекулярной цепи) и демонстрировали различный характер механического разрушения.

Исследование выполнено в рамках гос. задания Минобрнауки России, номер темы FEFE-2024-0027.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГИДРОАБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ И ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Погорельцев Э.В., Сеничев В.Ю.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

e.v.pogoreltsev@yandex.ru

В горно-перерабатывающих отраслях промышленности России парк мощного и крупногабаритного оборудования составляет десятки тысяч единиц. Достаточно остро стоит вопрос повышения его долговечности, что во многом связано с износостойкостью материалов, применяемых в рабочих деталях горных машин, работающих в условиях гидроабразивного износа: гидроциклонах, сепараторах, флотационных машинах и пр.

Цель работы – исследование в сопоставимых условиях образцов серии литевых полиуретановых (ПУ) композиций на лабораторной установке гидроабразивного износа.

В работе представлены результаты исследования зависимости гидроабразивного износа серии полиуретановых эластомеров от их физико-механических характеристик. Исследовали серию полиэфируретанмочевинных эластомеров на основе простого олигоэфира типа олигоокситетраметилендиол (полифурит) с одинаковой рецептурой за исключением переменного содержания пластификатора, в качестве которого был использован диоктилфталат. Гидроабразивный износ оценивали на лабораторной установке в водной суспензии абразивного порошка с характерным размером частиц 0,5–1,0 мм. Физико-механические свойства эластомеров определяли как для сухих образцов, так и для образцов, равновесно набухших в воде.

Полученные результаты показали, что зависимость интенсивности износа от твёрдости по Шору А изученных материалов представляет собой экстремальную функцию, минимум которой наблюдался для образца с твёрдостью 58 ед., при этом повышенная интенсивность износа была отмечена как для наиболее твёрдых, так и наиболее мягких образцов. Анализ характера разрушения поверхностного слоя указанных материалов и данные по их деформационно-прочностным свойствам позволили сделать вывод, что режим изнашивания более мягких образцов отличается за счёт реализации как пластической деформации образцов, так и дополнительного образования очагов разрушения, что может быть обусловлено пониженным уровнем когезионных характеристик указанных материалов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (номер государственной регистрации темы 124022200003-8) с использованием оборудования ЦКП «Исследования материалов и вещества» ПФИЦ УрО РАН.

ПОЛИСТИРОЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ СОПОЛИМЕРОМ N,N-ДИМЕТИЛАМИНОЭТИЛМЕТАКРИЛАТА, ДЛЯ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ И ХРОМА

Пономарева Д.А.¹, Исмаилов Д.А.¹, Серхачева Н.С.¹, Прокопов Н.И.¹, Черникова Е.В.²

¹*МИРЭА-Российский технологический университет, Москва*

²*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва*

d89169750510@yandex.ru

Загрязнение окружающей среды ионами металлов давно является приоритетной задачей в сфере экологии. Для решения этой проблемы широко используют полимеры. Применение полимера в виде частиц с морфологией «ядро-оболочка» дает возможность сочетать свойства матрицы с комплексообразующей способностью лигандов и открывает новые перспективы создания «умных» сорбентов. Оболочка частицы на основе поли(N,N-диметиламиноэтилметакрилата) позволяет решить эту задачу.

Для изучения способности полимерных частиц сорбировать ионы меди (Cu) и хрома (Cr) были выбраны полистирольные частицы, полученные безэмульгаторной полимеризацией стирола в воде, в присутствии статистического сополимера N,N-диметиламиноэтилметакрилата с метилакрилатом (П(ДМАЭМА-со-МА)), со средним диаметром ~ 130 нм [1]. К водной полимерной суспензии (1 % масс.) добавляли водный раствор соли ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ или $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (0,2 % масс.). Смесь перемешивали при 25 °С в течение 1 часа. На дне полимерные частицы образовывали окрашенный осадок, который отделяли, сушили и анализировали методом ИК-спектроскопии. Зарегистрированы валентные колебания и область деформационных колебаний метильных групп, колебания ароматического кольца. Для образца с Cu были зарегистрированы - полосы $\nu(\text{Cu-N})$ и $\nu(\text{Cu-O})$ в области 600–400 см^{-1} . В этой же области наблюдали полосы $\nu(\text{Cr-N})$ и $\nu(\text{Cr-O})$ для образца с Cr. Полоса при ~ 1710 см^{-1} не была смещена, что подтверждает связывание ионов в направлении азота, а не кислорода. По изучению электропроводимости отделенного фильтрата было установлено, что проводимость уменьшается с 2,4 и 2,5 мСм/см до 1,5 и 1,7 мСм/см для Cu и Cr, соответственно. Таким образом, было установлено, что полимерные частицы через звенья ПДМАЭМА способны участвовать в реакциях комплексообразования с ионами Cu и Cr.

Список литературы:

1. Serkhacheva N.S., Ponomareva D.A., Silant'eva E.V. et al. // Polym. Sci. Ser. B. – 2025. V. 67, P. 12.

ИССЛЕДОВАНИЕ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОКСИДА МАРГАНЦА, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО БЕТА-ГЛЮКАНОМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ *pH* СРЕДЫ

Блинов А. В., Попова А. Ю., Бочаров Н. М., Горчаков Э. В.

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

anasstasiapopova@mail.ru

Наночастицы оксида марганца (MnO_2), находят практическое применение при создании новых функциональных материалов, полу проводниковых термисторов и терморезисторов, в качестве основы кластерселективных сенсоров. Для повышения агрегативной устойчивости наночастиц используют β -глюкан в качестве стабилизатора, благодаря его способности взаимодействовать с их поверхностью. Такие частицы склонны к агрегации, интенсивность которой зависит от различных факторов, в том числе и кислотности среды (*pH*). Именно поэтому исследования влияния *pH* среды на агрегативную устойчивость частиц оксида марганца, стабилизированного бета-глюканом, является актуальной задачей.

Наночастицы оксида марганца синтезировали золь-гель методом. У полученных образцов исследовали размер и ζ -потенциал при различных значениях *pH* наанализаторе наночастиц *BeNano 180 Zeta Pro*.

Таблица 1 – Зависимость размера частиц и ζ -потенциала от *pH*

<i>pH</i>	Диаметр, нм	ζ -потенциал, мВ
2,21	312,20	-2,05
3,29	112,57	-3,54
4,56	76,12	-4,88
5,72	46,78	-7,85
6,86	65,52	-1,69
7,96	37,93	-8,84
9,18	83,98	-1,73
10,38	100,01	-10,37

Наименьший размер частиц (37,93 нм) был получен при *pH* 7,96. При отклонении *pH* в кислую и щелочную области наблюдается увеличение размера, что указывает на агрегацию частиц. Значения ζ -потенциала во всем исследованном диапазоне *pH* находятся в пределах от –1,69 до –10,37 мВ. В результате визуальной оценки образцы с *pH* 1,68, 11,58 и 11,98 коагулировали и их показатели не измерялись.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-44-20032, <https://rscf.ru/project/25-44-20032/>.

СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СШИТОЙ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К КОМПОНЕНТАМ ПРЕПАРАТА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ САНГВИРИТРИН

Попова Д.С., Енова Ю.А., Коноводова Е.А., Шаров А.В.

Курганский государственный университет, Курган

nikitina.dar@mail.ru

В работе осуществлен синтез сшитой карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и исследованы сорбционные характеристики полимера по отношению к антимикробному препарату растительного происхождения сангвиритрину. Синтез сорбента осуществляли из хлопковой целлюлозы. Сшивку проводили с применением раствора формальдегида, карбоксиметилирование с применением монохлорацетата натрия в щелочной среде.

Наличие в ИК-спектре пика 1610 см^{-1} , соответствующего колебаниям $\text{C}=\text{O}$, подтверждает наличие карбоксильных групп в структуре полученной сшитой КМЦ [1]. Удельная поверхность равна $1\text{ м}^2/\text{г}$, а концентрация поверхностных карбоксильных групп (статическая обменная емкость) 4 ммоль/г .

Аппроксимация кинетических кривых показала преимущество модели псевдотортого порядка ($R^2 = 0,9941$ против $0,8642$ для модели псевдопервого) с константой скорости $14,21\text{ г}/(\text{ммоль}\cdot\text{ч})$. В связи с переменной мольной долей алкалоидов в растворе в состоянии равновесия изотермы сорбции описывали бинарными моделями Ленгмюра, Никольского и моделью Сипса [2]. Параметры модели: предельная сорбция – $0,13\text{ ммоль/г}$, константа сорбционного равновесия для сангвинарина равна 104 , для хелеритрина – 98 , показатель гетерогенности $n = 0,38$. Несмотря на то, что в области низких равновесных концентраций преимущественно сорбируется хелеритрин, рассчитанные константы сорбционного равновесия для обоих алкалоидов оказались практически идентичными. Полная десорбция сангвиритрина из сшитой КМЦ в физиологическом растворе достигается за 24 ч , тогда как в дистиллированной воде не более $0,5\%$ от начального количества сангвиритрина за 5 ч . Данное различие обусловлено, главным образом, фактором ионообменного вытеснения.

1. Della Sala F. et al. A covalently cross-linked hyaluronic acid/carboxymethyl cellulose composite hydrogel as a potential filler for soft tissue augmentation //Gels. – 2024. – Т. 10. – №. 1. – С. 67.

2. Chilver C., Langlois P., Lamari F. Multi-compound H_2 , CH_4 , and N_2 adsorption analysis //Metals. – 2022. – Т. 12. – №. 11. – С. 1895.

ИНВАРИАНТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНООСНОГО РАСТЯЖЕНИЯ ЭЛАСТОМЕРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ИСПЫТАНИЙ

Попок В.Н.

МИРЭА – Российский технологический университет

vnpopok@mail.ru

Представлены результаты применения двухэтапного метода линеаризации и обобщения нелинейных и немонотонных зависимостей для критических, в том числе предельных, характеристик одноосного растяжения образцов группы эластомеров в разных температурных и скоростных условиях с получением инвариантных уравнений регрессии с высоким значением коэффициента корреляции. В качестве критических параметров используются напряжение и деформация, соответствующие разрушению образца или максимуму напряжения. Построение обобщенных зависимостей проводится до настоящего времени с использованием большого перечня обобщенных переменных, а также коэффициентов трансформации к базовой зависимости. При этом зависимости в исходных и обобщенных переменных являются, как правило, нелинейными и немонотонными, что вызывает определенные трудности в оценке корректности операций трансформации зависимостей. Группы данных полученных, например, при фиксированной температуре и наборе скоростей растяжения имеют разные знаки коэффициентов корреляции с обобщенной кривой в области изменения переменных. Метод двухэтапной линеаризации, предложенный нами ранее, нелинейных и немонотонных зависимостей, показал эффективность при решении задач линеаризации и получения обобщенных инвариантных эмпирических зависимостей, связанных с эксплуатационными свойствами разных классов эластомеров. Обобщенные (инвариантные) зависимости получают непосредственно в процессе двухэтапной линеаризации исходных зависимостей, как следствие их общих геометрических характеристик, или при совмещении прямых линий корректными операциями трансляции и поворота. В работе с использованием двухэтапного метода линеаризации широкой группы типовых эмпирических зависимостей получены инвариантные линейные соотношения для критических характеристик одноосного растяжения в разных условиях образцов эластомеров: натурального каучука, бутилкаучука, фторсодержащего полимера Витон В, бутадиенстирольного каучука и отвержденных композиций на основе азидного полимера. Показано, что использование в качестве одной из переменных, частных или комплексных параметров, характеризующих условия нагружения, приводит к нескольким областям линейности, обусловленным неоднородностью данных.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ, НАПОЛНЕННОЙ ТАЛЬКОМ

Псянчин А.А., Захарова Е.М., Захаров В.П.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа

artps96@yandex.ru

В настоящее время полимерные композиционные материалы занимают важное место среди конструкционных и функциональных материалов благодаря возможности направленного регулирования их свойств за счёт изменения состава.

Целью данной работы являлось определение влияния талька на отверждение ортофталевой полиэфирной смолы, а также на физико-механические и теплофизические характеристики композитов.

Композиции получали введением талька марки ТРПН в полиэфирную смолу в количестве 5–25 % масс.; для отверждения применяли метилэтилкетонпероксид и 6%-й раствор октоата кобальта. Пластины 150×150×4 мм выдерживали при комнатной температуре, затем изготавливали образцы. Отверждение исследовали методом ДСК на Netzsch DSC 214 при 10 °С/мин; свойства определяли при растяжении и ударе.

По данным ДСК тальк смещал экзотермический пик отверждения в область более высоких температур: с 93,8 °С для исходной смолы до 107,0 °С при 20 % масс. наполнителя. Температура начала сшивки возрастала с 52,6 до 59,3 °С при 15 % масс. талька, тогда как начальная скорость отверждения снижалась с 0,0608 до 0,0341 мВт/(мг·°С) при 25 % масс. Вероятно, это связано с повышением вязкости системы и ограничением подвижности макромолекул.

Введение талька повышало жесткость композитов: модуль упругости при растяжении увеличился с 1389,98 МПа для исходной смолы до 2199,08 МПа при 25 % масс. наполнителя. Наибольшая прочность при растяжении отмечена при 5 % масс. талька и составила 43,89 МПа против 35,33 МПа у ненаполненной смолы; дальнейшее увеличение содержания наполнителя снижало прочность до 21,43 МПа при 25 % масс. Одновременно уменьшались относительная деформация при разрыве (с 9,02 до 1,47 %) и ударная вязкость (с 5184,49 до 2789,18 Дж/м²).

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FRRR-2026-0007).

ОБ ЭКСТРАКЦИИ ИОНОВ ГАДОЛИНИЯ (III) В РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ АМИДОПИРИН – САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – ВОДА

Путилова Ю.А., Аликина Е.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

julia.putilova04@mail.ru

Экстракционные методы широко применяют в аналитической химии и химической технологии для концентрирования, разделения и выделения веществ. В последнее время всё чаще отказываются от органических растворителей в пользу водных расслаивающихся систем. Образование двух фаз в таких системах происходит за счёт кислотно-основного взаимодействия компонентов. Особый интерес представляют системы на основе производных пиразолона и органических кислот, обладающие низкой токсичностью и соответствующие принципам «зелёной химии».

Нами была исследована система амидопирин (АмП) – салициловая кислота (СК) – вода. При концентрациях органических компонентов 0,5 моль/л и нагревании при 80–85°C система расслаивается на водную и органическую фазы.

Исследовано влияние концентраций минеральной кислоты и щёлочи на извлечение ионов гадолиния. В присутствии гидроксида натрия степень извлечения составляет 73%, а в присутствии азотной кислоты достигает 99,7% при концентрации HNO_3 0,12 моль/л. Дальнейшее увеличение концентрации кислоты приводит к снижению степени извлечения.

Исследовано влияние концентрации амидопирина и салициловой кислоты на эффективность экстракции. Оптимальные концентрации реагентов составляют 0,5 моль/л. Отклонение от этих значений приводит к снижению степени извлечения.

В оптимальных условиях извлечения гадолиния в системе АмП – СК – HNO_3 – вода была построена изотерма экстракции. Рассчитана экстракционная ёмкость органической фазы: 119 мг Gd /г АмП и 199 мг Gd /г СК. Угол наклона изотермы близок к 1, это косвенным образом указывает на то, что в состав извлекаемого комплекса входит один ион гадолиния.

Таким образом, максимальная экстракция ионов гадолиния в системе АмП – СК – вода составляет 99,7 %. При этом образуется органическая фаза молочного цвета. Данная экстракционная система является перспективной для лабораторного выделения и концентрирования ионов гадолиния.

АЦИЛГИДРАЗОНЫ АЦЕТОНА – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ФЛОТАЦИИ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Чеканова Л.Г., Рубцов И.М., Ваулина В.Н., Заболотных С.А., Чернова Г.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

larchek.07@mail.ru

Повышение эффективности флотации – основного метода обогащения руд цветных металлов, достигается выбором селективного реагента-собирающего, обеспечивающего образование необходимого адсорбционного слоя на поверхности извлекаемого минерала. В данной работе представлены результаты исследования закономерностей адсорбции гептаноилгидразона ацетона (ГГА)(представителя гомологического ряда ацилгидразонов ацетона – потенциальных реагентов-собирающих) на поверхности халькопирита и пирита при pH 9.0 и 11.0 и температурах 293, 303 и 313 К. Выбор данных значений pH обусловлен их соответствием диапазону pH флотации сульфидных руд и условиям существования различных форм реагента.

Установлено, что модель псевдовторого порядка наиболее корректно описывает кинетику адсорбции на халькопирите. Для пирита выбор кинетической модели зависит от pH, а отрицательная температурная зависимость констант скорости предполагает отсутствие химического контроля и возможное влияние диффузионных или десорбционных процессов. Равновесное состояние адсорбции ГГА на обоих минералах с высокой степенью достоверности описывается моделью Лэнгмюра. Рассчитанные значения изостерической теплоты адсорбции на халькопирите (90.0 кДж/моль (pH 9) и 108.4 кДж/моль (pH 11)) находятся в диапазоне, соответствующем хемосорбции, тогда как её значения на пирите (57.4 и 50.1 кДж/моль соответственно) характерны для физической адсорбции. Сделано предположение о механизме адсорбции на халькопирите: при pH 9.0 – взаимодействие нейтральной формы реагента с поверхностными центрами за счёт донорно-акцепторных связей; при pH 11.0 – образование хелатов с участием депротонированной формы реагента. На основе результатов флотационных опытов, проведенных на сульфидной медной руде Томинского месторождения, установлена селективность гептаноилгидразона ацетона к халькопириту при pH 10,8, которая может быть объяснена различиями в механизмах адсорбции реагента на различных сульфидных минералах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 24-11-00269)

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ СИНТЕЗА НАНОРАЗМЕРНОГО СЕЛЕНА, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОМ

Русев Н. А., Блинов А. В., Бочаров Н. М., Андиралов А.Ю., Маруф Х.Ф.

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

rusevscience@gmail.com

Существует большое количество научных работ, в которых описывается широкий спектр различных методов стабилизации наночастиц селена, однако наиболее оптимальным является стерический. В этом случае в качестве стабилизаторов используются такие добавки, как белки, биополимеры и другие высокомолекулярные соединения. Это обусловлено необходимостью сохранить возможность потребления селена в пищу, не вызывая никаких негативных реакций организма.

В данной работе в качестве стабилизатор была выбрана пищевая добавка Е1201 – поливинилпирролидон (ПВП). Синтез проводили методом химического восстановления в водной среде с использованием селенистой кислоты. Все навески и полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения характеристик наночастиц селена, стабилизированного поливинилпирролидоном К13.

№	H ₂ SeO ₃ , г	Аск. Кислота, г	ПВП, г	Диаметр, нм	Дзета-потенциал, мВ
1	0,0015	0,015	0,0075	630,55	-12,59
2	0,0015	0,030	0,0075	70,54	-9,25
3	0,0015	0,045	0,0075	53,90	-6,27
4	0,0045	0,015	0,0150	292,57	-16,35
5	0,0045	0,030	0,0150	111,23	-9,57
6	0,0045	0,045	0,0150	62,10	-11,67
7	0,0075	0,015	0,0225	205,70	-10,64
8	0,0075	0,030	0,0225	132,70	-10,41
9	0,0075	0,045	0,0225	72,60	-3,40

Анализ результатов эксперимента показал наглядную зависимость размера от концентрации исходных компонентов. При увеличении концентрации аскорбиновой кислоты или ПВП средний гидродинамический диаметр уменьшается. Модуль дзета-потенциала также уменьшается, что связано с уменьшением числа свободных молекул H₂SeO₃, обладающих отрицательным зарядом. Наилучшим образцом был выбран образец №6.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 26-76-31002, <https://rscf.ru/project/26-76-31002/>.

СИНТЕЗ СУПРАЧАСТИЦ ГИДРОКСИДА МАГНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПОРОШКОВЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ

Сабурова А.И., Шамсутдинов А.Ш., Вальцифер И.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

saburova.a@itcras.ru

Целью работы являлась разработка способа получения сферических супрачастиц $\text{Mg}(\text{OH})_2$ с контролируемыми морфологическими характеристиками. Данный материал является перспективным компонентом огнетушащих порошковых составов благодаря способности эффективного разбавления зоны горения водяным паром.

Частицы $\text{Mg}(\text{OH})_2$ были получены методом осаждения в присутствии поверхностно-активных веществ и ультразвукового воздействия с последующей гидротермальной обработкой. Использование SDS (анионный ПАВ – додецилсульфат натрия) обеспечило получение частиц размером около 150 нм, тогда как применение СТАВ (катионный ПАВ – цетилтриметиламмония бромид) – до 300 нм.

Супрачастицы были синтезированы из водной суспензии частиц $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (1% масс.) методом распылительной сушки при температуре 200 °С. Установлено, что при использовании частиц размером ~300 нм формируются супрачастицы близкие к сферической форме (рис.1а), тогда как частицы размером ~150 нм формируют деформированные структуры (рис. 1б).

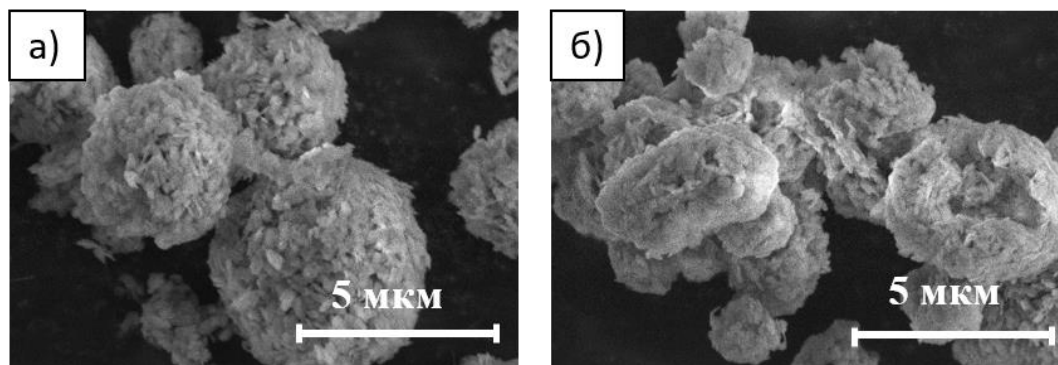


Рисунок 1. СЭМ изображения супрачастиц, в которых частицы $\text{Mg}(\text{OH})_2$ имеют размер (а) ~300 нм и (б) ~150 нм

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124022200039-7.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СИСТЕМ $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{ZrO}_2$

Савастьянова М.А., Кондрашова Н.Б., Вальцифер В.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

mariysav75@gmail.com

С целью изучения влияния способа введения двух оксидов переходных металлов (меди и цинка) в состав металлоксидных систем $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{ZrO}_2$ на их текстурно-структурные свойства осуществляли введение соединений переходных металлов в состав образцов $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{ZrO}_2$ либо в процессе соконденсации оксидов, либо пропиткой соответствующей основы ZrO_2 растворами солей меди и цинка. Исследовано влияние использования в процессе синтеза образцов $\text{CuO}/\text{ZnO}-\text{ZrO}_2$ дополнительных факторов физико-химического воздействия, таких как применение ПАВ (СТАВ), гидротермальной выдержки и ультразвуковой обработки.

Показано, что ультразвуковая обработка суспензии продуктов соосаждения нитратов меди и цинка с оксихлоридом циркония приводит к формированию кристаллических структур диоксида циркония при температуре 250 °С. В этом случае диоксид циркония формируется моноклинной и тетрагональной модификациях со значениями удельной поверхности 60-80 м²/г и размером кристаллитов ~16 нм даже после прокаливания при 600 °С.

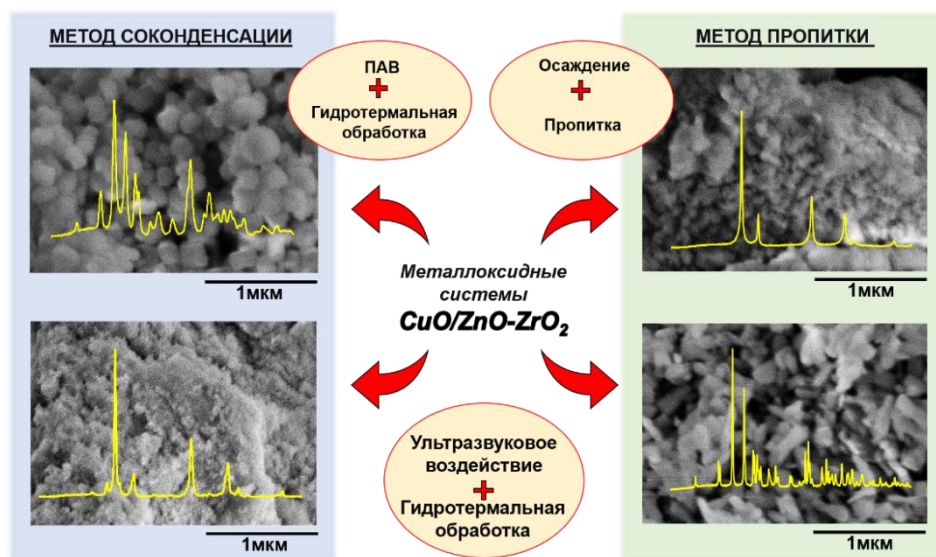


Рисунок – Сравнительная характеристика морфологии и кристаллических структур металлоксидных систем $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{ZrO}_2$

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124022200039-7.

МЕЖФАЗНАЯ ДОСТУПНОСТЬ И ПРОТОННЫЙ ОБМЕН КАК ФАКТОРЫ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Саенко Е.В., Савастьянова М.А., Вальцифер В.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

saenko.e@itcras.ru

Коллоидные оксиды марганца являются редокс-активными материалами для хромогенных реакций окисления. Однако их кажущийся каталитический отклик трудно рационализировать с использованием отдельных дескрипторов сухого состояния, таких как удельная поверхность BET или формальная степень окисления Mn. В работе коллоиды на основе MnO_2 темплатированные ионами Li^+ и Sr^{2+} , включая Fe-содержащие аналоги, были сопоставлены в идентичных условиях H_2O_2 -независимого окисления 3,3',5,5'-тетраметилбензидина (ТМБ). Как в Li-, так и в Sr-серии наибольшие отклики были получены для прокаленных образцов в H-форме. Для Li-серии усиление активности было связано с реорганизацией Mn-O-каркаса и увеличением объема мезопор. При этом Fe-содержащий аналог показал наиболее высокий общий каталитический выход. В Sr-серии протонный обмен активировал материалы за счет раскрытия пор и повышения низкотемпературной восстанавливаемости. Fe сохранялось в ходе постсинтетической обработки, но не выступало в качестве независимо доминирующего каталитического центра. Его влияние зависело от синтетического маршрута. Конъюгат наиболее активного образца со стрептавидином сохранил способность к колориметрическому окислению ТМБ. Модельный иммуноанализ IgG подтвердил успешную апробацию. Предел обнаружения составил 336 нг/мл, что также подтверждает принципиальную возможность применения разработанного материала в биоспецифическом анализе. Полученные результаты показывают, что при разработке MnO_2 -нанозимов необходимо совместно учитывать перестройку Mn-O-каркаса, удаление межслоевых катионов, доступность мезопор и восстановимость оксида.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 25-23-00268.

ЭПОКСИДНО-КАУЧУКОВАЯ МАСТИКА, СОДЕРЖАЩАЯ НАНОПОРОШОК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ДЛЯ РЕМОНТА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кочергин Ю.С.¹, Самойлова Е.Э.²

¹*Донецкий национальный университет экономики и торговли, Донецк, ДНР*

²*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры–*

филиал НИУ МГСУ, Макеевка, ДНР

plastik_don@mail.ru

Вследствие гидроабразивного, коррозионного и кавитационно-эрозионного износа время работы горнорудного, горнодобывающего и строительного гидротехнического оборудования, осуществляющего транспортировку сыпучих материалов, к которым относятся куски породы, уголь, песок, другие твёрдые вещества и частицы, не превышает 3–5 тыс. ч. Для минимизации общего износа проточной части под воздействием внешних факторов используются механотермически упрочнённые рабочие поверхности с применением современных покрытий, в том числе полимерных.

На основе систематического изучения влияния жидких карбоксилатных каучуков и других модифицирующих добавок, мелкодисперсных наполнителей и нанопорошков на трибологические и физико-механические свойства эпоксидных полимеров была разработана мастика для защиты металлических поверхностей от гидроабразивного износа. Она представляет собой смесь эпоксидной смолы и жидкогоолигобутадиенового каучука, подвергнутую предварительной реакции этерификации. Благодаря наличию каучуковой фазы состав характеризуется повышенными значениями адгезионной прочности, стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам и истиранию. С целью улучшения технологических и эксплуатационных характеристик в мастику были введены наполнители: карбид кремния, диоксид титана и дисульфид молибдена. Для повышения стойкости наружного слоя покрытия проточной части гидромашин к эрозии, гидроабразивной коррозии, кавитационному износу и снижения коэффициента трения в него дополнительно был введён нанопорошок оксида алюминия. Установлено, что введение нанопорошка способствует повышению твёрдости в 1,2 – 1,8 раза, снижению коэффициента трения и износа. Это приводит к повышению КПД насоса на 3–6%, что отражается в увеличении давления насоса при постоянной производительности. Это, в свою очередь, снижает энергопотребление и срок окупаемости ремонта насоса.

КОНДЕНСИРОВАННЫЕ ФОСФАТЫ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ КАК ПРЕКУРСОРЫ ПОРОШКОВ ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Самофалов П.С.¹, Радышевская А.А.¹, Голубчиков Д.О.^{1,2}, Ларионов Д.С.,

Евдокимов П.В.^{1,2}, Путьяев В.И.^{1,2}

¹*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва*

²*Факультет наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва*

samofalovpavel638@gmail.com

Для успешной полной регенерации поврежденного участка костной ткани к фосфатным биоматериалам нового поколения применяются ряд требований к их свойствам, ключевыми из которых являются биосовместимость, остеокондуктивность и резорбируемость материала. Последнее свойство позволяет охарактеризовать растворимость материала в процессе восстановления поврежденного участка после имплантации и зависит от множества факторов. Так, композиты, включающие в свою структуру субмикронные частицы фосфатов, показывают наилучшую растворимость в физиологической среде. Поэтому в данной работе был предложен синтез порошков фосфатов из растворов методом криохимической гомогенизации, который обеспечивает требуемый субмикронный размер частиц и способствует обеспечению заданного соотношения Са/Р (0,5; 1; 1,5).

В качестве прекурсоров для синтеза криохимических порошков были выбраны соль триметафосфата аммония как источник фосфора и различные соли кальция и магния (ацетаты и нитриты). Так, триметафосфат аммония был получен двумя различными методами: через ионообменную колонку и с помощью конверсии соответствующей соли меламина. Все этапы синтеза были охарактеризованы методами рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии. Были уточнены истинные размеры полученных после обжига криохимических порошков методом растровой электронной микроскопии и размеры агрегатов в водном растворе методом лазерного светорассеяния.

Таким образом, в данной работе была показана возможность получения порошков фосфатов кальция и магния с различной стехиометрией и субмикронным размером частиц. Полученные порошки отвечают требованиям для стереолитографической печати, а также подходят для создания сложных композитных биоматериалов нового поколения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ-26-29-20164.

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Санникова А.Д., Вальцифер В.А., Вальцифер И.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

sannikova.a@itcras.ru

В современных условиях развитие горнодобывающей промышленности сопровождается увеличением глубины добычи полезных ископаемых. Так, глубина добычи медно-никелевых руд в настоящее время достигает 2000 м, температура воздуха в шахтах на данной глубине составляет порядка 50 °С, что не соответствует требованиям СанПиН к условиям труда на рабочих местах. В связи с этим возникает необходимость разработки и внедрения технических решений, обеспечивающих безопасные условия работы персонала при температуре воздуха не выше 25 °С. Одним из основных способов решения данной задачи является использование систем кондиционирования и охлаждения шахтного воздуха. Для эффективной работы системы кондиционирования требуется применение теплоизоляционных материалов, сокращающих приток тепла из массива горных пород в шахту.

В рамках данной работы установлены физико-химические закономерности формирования неорганических теплозащитных систем с необходимым уровнем реологических свойств материала для его эффективного нанесения на поверхности горных выработок. Проведены исследования по созданию негорючих композиций, обладающих неньютоновскими реологическими свойствами, что позволяет разработать технологию нанесения пастообразной теплоизолирующей композиции на вертикальную поверхность шахты толщиной до 30 мм. Для достижения требуемых характеристик исследовано влияние высокодисперсных марок оксида кремния на реологические свойства системы в диапазоне скорости сдвига от 0 до 20 с⁻¹. Полученные результаты показывают принципиальную возможность создания композиции с пределом текучести 400 Па, что обеспечивает нанесение необходимого слоя на вертикальные поверхности.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124022200039-7.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИЛОХРОМА С-120, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СОРБЕНТА ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

Санникова Ю.А.¹, Заболотных С.А.^{1,2}, Горохов В.Ю.²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

²«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

sannikova040@mail.ru

Природные и синтетические силикагели широко применяются для извлечения органических соединений при анализе различных объектов (хроматографическое разделение), а также для сорбции и конденсации инертных газов (азот, аргон, криптон). Это обусловлено целым рядом причин: во-первых, структурные характеристики этих носителей (величина удельной поверхности, диаметр и объем пор, размер частиц) можно изменять в широких пределах; во-вторых, эти носители доступны, относительно дешевы и достаточно хорошо изучены; в-третьих, очень высоко содержание поверхностных силанольных групп, с помощью которых возможно закрепление на поверхности материала различных функциональных групп. Перечисленные достоинства также позволяют рассматривать силикагели как сорбенты для ионов металлов. Однако прежде чем применять материал для данной цели следует изучить его физико-химические свойства: устойчивость в различных средах, статичную обменную емкость (СОЕ), рН изоэлектрической точки.

Изучен технический силикагель марки Силохром С-120 (СХ-120, ТУ 6-09-17-48-82). Структурные характеристики материала составили: $S_{уд} = 86.89 \text{ м}^2/\text{г}$, $V_{пор} = 0.83 \text{ см}^3/\text{г}$, $d_{пор} = 38.35 \text{ нм}$. Силохром С-120 устойчив в воде: изменение массы сорбента при выдерживании в воде 24 ч не превышало 4%. Также материал устойчив в растворах HCl до концентрации 0.1 моль/л и NaOH до 0.02 моль/л. При увеличении концентрации кислоты или щелочи наблюдается значительный прирост массы сорбента до 15-25%. С ростом содержания HCl или NaOH также увеличивается СОЕ материала по ионам водорода и гидроксид-ионам; при этом максимальное значение достигается в течение часа контакта материала с раствором. Изоэлектрическая точка СХ-120 ($\text{pH}_{изт}$) составляет 6.25.

Согласно полученным результатам Силохром С-120 может являться перспективным сорбентом для извлечения ионов металлов из растворов с различным рН. Также планируется рассмотреть возможность его дальнейшей функционализации.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8.

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА НАНОДИСПЕРСНЫХ ОКСИДОВ

Ситников П.А.¹, Кучин А.В.¹, Броварова Д.А.¹, Вавринчук К.С.^{1,2}, Мартаков И.С.¹,
Михайлов В.И.¹

¹*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар*

²*Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск*

sitnikov-pa@mail.ru

Потенциометрическое титрование является удобным методом для исследования кислотно-основных свойств наночастиц в водно-солевых системах. Активные центры на поверхности оксидов за счет взаимодействий с молекулами воды и ионами фонового электролита формируют двойной электрический слой на границе раздела фаз. При этом баланс поверхностных кислотных (акцепторных) и основных (донорных) центров будет определять способность поверхности наночастиц вступать в кислотно-основные взаимодействия с другими молекулами, ионами, частицами.

В работе показано, что по сравнению с микросостоянием, наноуровень ставит новые задачи перед исследователем, связанные с изменением или появлением поверхностных характеристик, зависящих как от предыстории образца, так и параметров окружающей среды. Поэтому контроль за свойствами поверхности наночастиц — один из важнейших инструментов в получении материалов с воспроизводимыми параметрами.

Для индивидуальных соединений расчет кислотно-основных свойств соединений имеет устоявшиеся алгоритмы, базирующиеся на теории двойного электрического слоя в случае оксидов и теории электролитической диссоциации слабых электролитов в случае органических водорастворимых молекул. В то же время, для гибридных систем, например оксид/органическая молекула, оксид/полисахарид, кислотно-основные параметры частицы *insitu* можно оценить лишь косвенно, по изменению ее дзета-потенциала.

Экспериментально обосновано, что метод расчета констант диссоциации кислотно-основных центров на поверхности оксидов, основанный на установленной зависимости гиббсовской адсорбции протонов от pH, позволяет проводить изучение кислотно-основных свойств не только водных дисперсий оксидов и водорастворимых органических слабых электролитов, но и гибридных систем на их основе.

Работа выполнялась в рамках темы НИР 125020401305-5 и гранта РНФ 24-73-10091

КИНЕТИЧЕСКИЙ И ДИФфуЗИОННЫЙ РЕЖИМЫ ОКИСЛЕНИЯ ПОРОШКА СОСНОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ВАНИЛИН, ЦЕЛЛЮЛОЗУ И ЛИГНОКИСЛОТЫ

Тарабанько В.Е., Корсаков А.В., Кайгородов К.Л., Смирнова М.А., Челбина Ю.В.

Институт химии и химической технологии СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН,

660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 24.

veta@icct.ru

Количественное исследование влияния интенсивности массопереноса на скорости поглощения кислорода и накопления ванилина в процессе окисления костры льна в ванилин показало, что при невысоких плотностях мощности перемешивания процесс лимитируется диффузией кислорода через жидкий диффузионный слой у поверхности раздела фаз газ-жидкость. Обсуждена связь скорости процесса с плотностью мощности перемешивания реакционной массы.

Многократное повышение плотности мощности перемешивания приводит к смене лимитирующей стадии от внешнедиффузионного переноса кислорода у границы раздела фаз газ-жидкость к внутريدиффузионному торможению массопереноса реагентов и продуктов внутри твердых частиц лигноцеллюлозы и далее – к кинетическому режиму при низких, 120-140 °С, температурах. Этот вывод основан на систематическом снижении наблюдаемой энергии активации процесса окисления с ростом температуры окисления (Табл. 1).

Таблица 1. Наблюдаемая энергия активации процесса окисления.

Диапазон температур, °С	120-140	140-160	160-180
E_a , кДж/моль (с катализатором)	144	48	20
E_a , кДж/моль (без катализатора)	170	80	11

Показано, что максимальные выходы ванилина не зависят от плотности мощности перемешивания в широком изученном диапазоне, т.е. они могут быть получены в условиях лимитирования как внешнедиффузионным, так и внутريدиффузионным массопереносом. Полученные результаты показывают, что для получения высоких выходов ванилина глубокое измельчение древесины не требуется, достаточно использовать опилки фракции менее 2 мм.

Показано, что рост редиса в открытом грунте и его проращивание на бумаге ускоряются побочным продуктом окисления, лигнокислотами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-20104, <https://rscf.ru/project/25-26-20104> и Красноярского краевого фонда науки.

СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕЛЕНА ЯБЛОЧНЫМ И ЦИТРУСОВЫМ ПЕКТИНОМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОЛОЧНОГО ПРОДУКТА ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Татов А.В., Серов А.М., Голик А.Б., Русев Н.А.

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

kih-vul@mail.ru

Селен является незаменимым микроэлементом, участвующим в функционировании антиоксидантной системы, иммунной защите и регуляции обменных процессов. Недостаточное поступление селена с пищей остается актуальной проблемой, что определяет необходимость разработки новых форм его доставки в организм. Перспективным решением является использование наночастиц элементарного селена, обладающих высокой биодоступностью и меньшей токсичностью по сравнению с неорганическими соединениями селена.

Одной из основных задач при получении наночастиц является обеспечение их агрегативной устойчивости. В качестве природных стабилизаторов представляют интерес яблочный и цитрусовый пектины, которые благодаря своей биосовместимости, нетоксичности и способности образовывать защитный слой на поверхности частиц предотвращают их агрегацию и повышают стабильность коллоидных систем.

Перспективным направлением применения стабилизированных наночастиц селена является создание функционального продукта на основе козьего молока. Благодаря высокой пищевой ценности и хорошей усвояемости козье молоко может служить эффективной матрицей для доставки биодоступного селена и использоваться для профилактики селенодефицитных состояний.

В ходе предварительных исследований уже получены стабильные образцы наночастиц селена, синтезированных с использованием яблочного и цитрусового пектинов. Дальнейшая работа будет направлена на исследование их устойчивости при изменении pH, температуры, времени хранения и ионной силы среды, а также на оценку возможности введения наночастиц в козье молоко без потери их физико-химических свойств.

Полученные результаты могут стать основой для разработки новых функциональных молочных продуктов, предназначенных для профилактики дефицита селена и повышения пищевой ценности рациона.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00466? <https://rscf.ru/project/25-26-00466/>.

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТОВ АДсорбЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
МЕЗОПОРИСТЫХ СИЛИКАГЕЛЕЙ, ДОПИРОВАННЫХ РЗЭ И
МОДИФИЦИРОВАННЫХ Ag, Ni, Cu**

Токранов Д.А., Токранов А.А., Токранова Е.О., Шафигулин Р.В., Буланова А.В.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика

С.П. Королева

alex.tokranov96@mail.ru

Подбор сорбента для конкретного химического процесса представляет собой многофакторную задачу, требующую сопоставления данных о составе образца, текстурных свойствах носителя и его адсорбционных характеристиках. Отсутствие унификации форматов хранения затрудняет поиск и повторное использование результатов. Цель работы — создание программной платформы для централизованного накопления, структурирования и автоматической обработки данных о мезопористых сорбентах.

Объектами исследования выступили образцы мезопористых силикагелей, синтезированные темплатным золь-гель методом, модифицированные соединениями редкоземельных элементов (La, Dy, Tb, Ce) и переходными металлами (Ag, Ni, Cu).

Спроектирована реляционная модель данных: центральная таблица содержит паспортные сведения об образце и связана по внешним ключам с таблицами текстурных характеристик (удельная площадь поверхности, размер и объём пор), условий адсорбционных экспериментов и точек изотерм.

Вычислительный блок создан на основе библиотек NumPy и SciPy. В систему загружен массив из 23 сорбентов с полным набором текстурных характеристик; для каждого вычислены K_H , Q_{st} и энтропия адсорбции. Реализован модуль подбора: пользователь задаёт целевые диапазоны параметров, система выводит соответствующие образцы, ранжированные по близости к запросу.

Точность автоматических расчётов сопоставима с ручными вычислениями в коммерческих пакетах при существенном сокращении времени обработки. Архитектура допускает дальнейшее расширение системы — включение блока каталитических характеристик (энергия активации, конверсия, селективность) и сопоставления с литературными данными — без перестройки ядра.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, шифр проекта FSSS-2026-0007.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРИЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Трухинов Д.К.¹, Лебедева Е.А.¹, Иванова Е.В.¹, Балашою М.^{2,3,4}, Астафьева С.А.¹

1. *«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь*
2. *Объединенный институт ядерных исследований, Дубна*
3. *Западный университет Тимишоары, Тимишоара, Румыния*
4. *Национальный институт физики и ядерной инженерии имени ХорииХулубея, Бухарест — Мэгуреле, Румыния*

dtruhinov@gmail.com

Эффективность применения углеродных волокон (УВ) во многом определяется качеством их поверхностной структуры, поскольку именно поверхность наполнителя в значительной степени контролирует межфазное взаимодействие с полимерными матрицами. Неправильно подобранные условия рециклинга УВ могут приводить к ухудшению износостойкости и физико-механических свойств полимерных композитов на их основе. Таким образом, понимание процессов, происходящих при химической обработке, позволяет оптимизировать температурные режимы, снизить деградацию волокна и сохранить его эксплуатационные характеристики. Особый интерес представляет исследование селективности сольволиза по отношению к углепластикам на основе различных марок углеродных волокон и типов связующего.

В ходе настоящего исследования было проведено комплексное сравнение структурных и химических характеристик вторичного углеродного волокна (рУВ) с исходными углеродными волокнами той же марки, прошедшими химическое травление азотной кислотой. Методами рентгенофазового анализа и спектроскопии комбинационного рассеяния света показано, что низкотемпературный сольволиз привел к росту турбостратного углерода на поверхности рУВ, что позитивно повлияло на его смачиваемость (угол смачиваемости рУВ ~ 21% ниже, чем для исходных УВ). Исследование структуры волокон на мезо-уровне методом малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) в высокоугловой области показало, что низкотемпературный сольволиз не нарушает первичную топологию углеродного каркаса, который обеспечивает высокие физико-механические характеристики УВ.

Работа выполнена в рамках государственного задания; номер государственной регистрации темы 124022100088-6.

ПОТЕНЦИАЛ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФОРМ ХИТИНА В СОЗДАНИИ РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Торлопов М.А.¹, Удоратина Е.В.¹, Марков П.А.²

¹*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар*

²*ФГБУ «НМИЦ РК» центр реабилитации и курортологии, Москва*

tanlan799@gmail.com

Хитин и хитозан широко используются для создания раневых покрытий и плёнок. Следующее поколение таких материалов разрабатывается с учётом необходимости управления жизненным циклом фибробластов – основных клеток соединительной ткани. Основные научные и технические проблемы связаны с приданием им функции подавления «цитокинового шторма» при лечении хронических ран или фиброза – патологического разрастания соединительной ткани. «Цитокиновый шторм» формирует окислительный стресс, подавляет пролиферацию фибробластов и нормальный ангиогенез, создавая блокирующий регенерацию порочный круг. В то же время избыточный фиброз приводит к формированию грубых рубцов, необратимо нарушающих анатомическую структуру и функции тканей.

Нами синтезированы и исследованы перспективные материалы на основе хитина для создания раневых покрытий нового поколения: SH-производные хитозана, способные участвовать в ингибировании последствий «цитокинового шторма» и нанокристаллы хитина (НКХ) [1, 2]. Хитозан тиолирован путем введения фрагментов N-ацетилцистеина (Хит-АЦЦ) и тиогликолевой кислоты (Хит-ТГК) посредством образования амидной связи. Полученные стабильные плёнки на основе Хит-АЦЦ и Хит-ТГК гемосовместимы. НКХ – стержневидные частицы длиной около 200 нм и толщиной до 6 нм с высокоупорядоченным надмолекулярным строением, поверхность которых обогащена аминогруппами, выделены из панцирей краба. Показано, что введение таких нанокристаллов в структуру плёнок в качестве дисперсного наполнителя представляет собой эффективный способ управления их физико-химическими и биологическими свойствами, а полученные нами новые данные указывают, что НКХ в концентрации $\leq 1,5$ мг/мл ингибирует клеточный рост фибробластов, что представляет интерес для лечения фиброза.

[1] Torlopov M. A. et al. // Int. J. Biol. Macromol. – 2026. – V. 351. – P. 151077.

[2] Торлопов М. А. и др. // Rus. J. Gen. Chem. – 2026. – Т. 96, № 3-4. – С. 348-366.

Работа выполнена в рамках госзадания института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН №125020501549-2.

ПРЕОДОЛЕВАЯ ГИДРОФОБНОСТЬ - ГРЕБНЕОБРАЗНЫЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ МИЦЕЛЛЯРНОГО КАТАЛИЗА

Фетин П.А., Зефинова П.М., Кадников М.В., Сеньчукова А.С., Лезов А.А., Зорин И.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

p.fetin@spbu.ru

Разработки подходов по снижению нагрузки на окружающую среду при реализации химических процессов остается актуальным в 21 веке. Одним из перспективных направлений в этой области является использование мицеллярного катализа при создании новых веществ с использованием воды как единственного растворителя. В этой работе были получены новые гребнеобразные полиэлектролиты на основе кватернизованных эфиров 11-бромундеканола и акриловой кислоты. Эти соединения обладают низкими критическими концентрациями ассоциации (менее 0.0001 М) и способны растворять в воде гидрофобные вещества даже при сильном разбавлении. Гребнеобразные полиэлектролиты были протестированы в качестве мицеллярных катализаторов для реакций гидролиза органических и фосфорных эфиров (для некоторых катализаторов наблюдалось ускорение реакции в 10-100 раз по сравнению с реакцией гидролиза в воде в отсутствие катализатора). Гребнеобразные полиэлектролиты оказались эффективными не только в реакциях, направленных на разрушение молекул, ускорение которых достигается главным образом за счет локальной концентрации субстрата и реагента по механизму солубилизации и ионного притяжения, но и в конструктивных органических реакциях, где важна возможность стабилизации переходных состояний, а также стерические эффекты в мицеллярной псевдофазе. Основное внимание в этой работе уделено изучению особенностей реакции Сузуки, катализируемой хлоридом палладия в воде, где гребнеобразный полиэлектролит выступает в качестве сокатализатора. Варьируя тип ионной группы и длину гидрофобного спейсера между полярной группой и полимерной цепью, а также вводя функциональные сомономеры на стадии синтеза полиэлектролита, можно контролировать каталитическую активность этих соединений и оптимизировать структуру катализатора для выбранных органических реакций в воде.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития «Полимеры для устойчивого развития» (грант № 075-15-2024-553). Авторы выражают благодарность ресурсным центрам СПбГУ.

НОВЫЕ ПОЛИ(ДИМЕТИЛСИЛОКСАН-СИЛСЕСКВИОКСАНЫ) И ЦИРКОНИЙСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Филимонова Л.В.¹, Сергиенко Н.В.¹, Тухватшин Р.Ш.²,

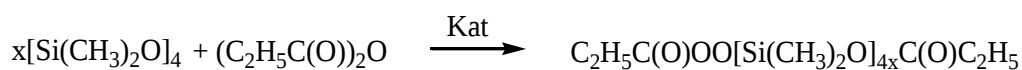
Волков И.О.¹, Никифорова Г.Г.¹, Бузин М.И.¹

¹Институт элементоорганических соединений РАН, Москва

²Институт синтетических полимерных материалов РАН, Москва

*lufilia@ineos.ac.ru

Полиорганосилоксаны представляют значительный интерес благодаря таким своим свойствам, как низкая поверхностная энергия, гидрофобность, газопроницаемость, термостойкость, низкий коэффициент трения, биологическая инертность и находят широкое применение. Основным их недостатком являются плохие механические свойства. Механические свойства можно улучшить введением в полимерную цепь жёстких силсесквиоксанных блоков. В представленной работе синтезированы и исследованы новые поли(диметилсилоксан-силсесквиоксаны) и цирконийсодержащие композиты на их основе. На первом этапе каталитическим расщеплением октаметилциклотетрасилоксана пропионовым ангидридом получали гибкий блок – бис-ацилоксиолигодиметилсилоксан.



Затем, взаимодействием с раствором органодиалкоксисиланолята натрия в соответствующем органотриалкоксисилане, синтезировали олигодиметилтетраалкоксисилоксан с последующим формированием жесткого блока.



R = Me, Et, Ph ; R' = Me, Et

На основе линейных поли(диметилсилоксан-силсесквиоксанов) были синтезированы и исследованы сетчатые сополимеры и цирконийсодержащие композиты. Установлено, что максимальной прочностью обладают блок-сополимеры с фенилсилсесквиоксанными блоками, причем прочность возрастает по мере увеличения молекулярной массы фенилсилсесквиоксанового блока.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 075-03-2026-024 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ НА СТРУКТУРУ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Целищев Ю.Г., Вальцифер В.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

tselishchev.y@itcras.ru

Дисперсные композиции на основе твердофазных частиц и частиц с жидкой и газовой дисперсионными средами широко применяются в разнообразных материалах перспективны при разработке новых функциональных материалов. Распространённость их применения объясняется как суммированием и комбинированием свойств частиц, жидкой и газовой сред, так и появлением в композиционных специфических свойств, зависящих от размеров и взаимодействия частиц, режимов течения композиций.

Целью исследований являлось определение основных сил взаимодействия частиц, свойств частиц и дисперсионной среды, режимов течения на формирование и эволюцию структуры и свойств дисперсных композиций.

В качестве дисперсных частиц использовался диоксид кремния, различающийся размерами, формой и свойствами частиц. В качестве жидкой дисперсионной среды и жидкостей дисперсной композиции применялись олигодивинилизопрени вода.

Методом расчётного моделирования определены основные параметры дисперсных частиц и свойства жидкой среды, оказывающие значительное влияние на капиллярные силы, как одни из значительных сил взаимодействия частиц. Оценено, с использованием расчётного метода и экспериментальных исследований, включающими адсорбционные и микроскопические, влияние сил на закономерности формирования частицами объёмной структуры микропористого материала.

Получено, что с уменьшением размеров частиц диоксида кремния до 20 нм и менее течение дисперсной олигомерной композиции характеризуется качественным изменением её реологических свойств. Определено, что минимальное содержание диоксида кремния, приводящее к таким изменениям, небольшое и составляет 0,25 % об.

Показано, что реологические и вязкоупругие свойства олигомерной композиции зависят от природы высокодисперсного компонента, его количества и размеров частиц, от текстурных свойств - площади поверхности, размеров и объема пор, и от температуры дисперсионной среды.

ИНТЕРПОЛИМЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ – АЛЬГИНАТ НАТРИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОМПОЗИТНЫХ ГИДРОГЕЛЕВЫХ СТРУКТУР

Ившина В.М., Стрекалова В.В., Черепанов И.С.

Удмуртский государственный университет, Ижевск

cherchem@mail.ru

Гидрогелевые структуры на основе поливинилового спирта (ПВС) получили широкое распространение благодаря представительному спектру функциональности, вводимый в реакционную систему биосовместимый полисахарид - альгинат натрия (АН) обеспечивает в ходе реакции дополнительную стабилизацию гидрогелевой ПВС-матрицы посредством интерполимерных взаимодействий [1]. Одной из основных особенностей формирования структуры ПВС-альгинатных гидрогелей является направленное образование контактов уже на начальных этапах синтеза. Сопоставление ИК-спектров образцов пленок в нативной форме [2] из смеси ПВС-АН со спектрами исходных компонентов (Рис., А) показывает существенное уширение полос в области валентных колебаний ОН-групп ($3500\text{--}3200\text{ см}^{-1}$), а также высокочастотное смещение сигнала $\nu^{\text{as}}_{\text{COO}^-}$ альгината $1616\rightarrow 1645\text{ см}^{-1}$ (перекрывается с $\delta_{\text{ОН}}$) и усиление полосы 1087 см^{-1} (ν_{COC} , $\alpha\text{-L-G}$) [1,3], указывая на $\text{ОН}\cdots\text{OOC}$ связывание компонентов (Рис., В).

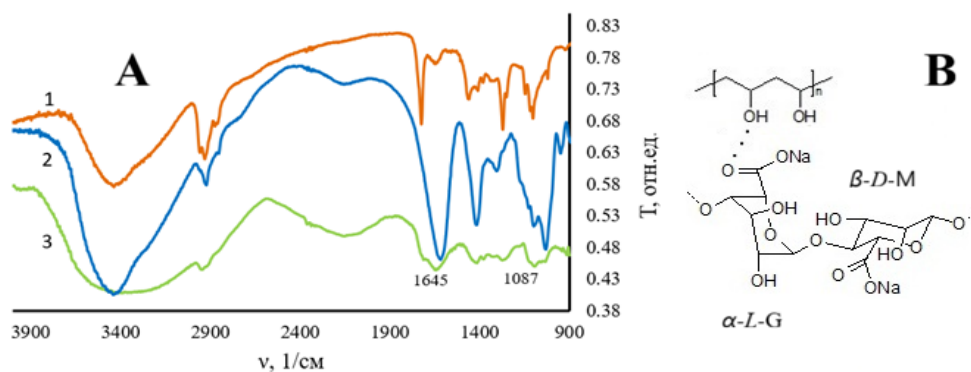


Рис. ИК-спектры ПВС (1), АН (2), ПВС-АН (3) (позиция А) и предполагаемая схема интерполимерных взаимодействий в системах ПВС-АН (позиция В)

Описанные спектральные эффекты устойчиво проявляются для ПВС-АН-систем варьируемого состава, что было использовано нами при контроле за ходом начальных стадий в процессах получения двухэтапно сшитых ПВС-АН-композигов.

Литература

1. Caykara T., Demirci S. // J. Macromol. Sci. Technol. 2006. Vol. 43. P. 1113–1121.
2. Cherepanov I., Sidorov A., Beduleva L. *et al.* // Protein J. 2025. Vol. 44. P. 68–78.
3. Sakugawa K., Ikeda A. // J. Appl. Polym. Sci. 2004. Vol. 93. P. 1372–1377.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ Eu(III) С ХРОМАЗУРОЛОМ S В ПРИСУТСТВИИ ЦЕТИЛПИРИДИНИЯ БРОМИДА

Чурсина К.В., Ельчищева Ю.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

analitik1973@mail.ru

Изучена реакция комплексообразования ионов Eu(III) с хромазуолом S (ХАЗ) в присутствии КПАВ цетилпиридиния бромид (ЦПБ) в качестве модификатора органического реагента спектрофотометрическим методом. Зарегистрированы и интерпретированы спектры поглощения растворов ХАЗ и его комплексов с ионами Eu(III) в двойной системе и в присутствии ЦПБ (тройная система) в зависимости от pH раствора. Анализ спектров показал, что наибольшая контрастность ($\Delta\lambda = 62$ нм) и чувствительность спектрофотометрической реакции в системе Eu(III)-ХАЗ наблюдаются при длине волны 548 нм и pH раствора 3,68. При введении ЦПБ контрастность реакции увеличивается до 219 нм, наблюдаются батохромный сдвиг и гиперхромный эффект. Установлено, что максимальное светопоглощение анализируемого комплекса и оптимальная кислотность раствора достигаются при длине волны 661 нм и pH раствора 5,60.

Определены оптимальные условия реакции ионов Eu(III) с ХАЗ в двойной системе и в присутствии ЦПБ. Комплекс Eu(III)-ХАЗ-ЦПБ образуется мгновенно и устойчив в течение часа. В двойной системе комплекс образуется в течение 20 минут. Интервал pH комплексообразования в тройной системе сдвигается в менее кислую область (2,94-5,60) относительно двойной системы (2,00-5,33). Методами насыщения, сдвига равновесий и изомолярных серий изучено влияние количества ХАЗ на реакцию с ионами европия (III) в двойной и тройной системах. Молярные соотношения [Eu(III)]:[ХАЗ] составляют 1:2. Для предположения механизма взаимодействия ХАЗ с ЦПБ по аналитико-активным группам в растворах реагента и его комплекса с ионами Eu(III) изучено влияние количества ЦПБ на равновесие в растворах. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что молярные соотношения [Eu(III)]:[ХАЗ]:[ЦПБ]=1:2:4. В оптимальных условиях комплексообразования построены градуировочные графики. Диапазон концентраций двойной системы составляет 6,08-60,8 мкг, тройной системы – 1,50-76,0 мкг в 10 мл раствора. Методом Бабко определены истинные молярные коэффициенты светопоглощения, которые для систем Eu(III)-ХАЗ и Eu(III)-ХАЗ-ЦПБ составляют $1,0 \cdot 10^5$ и $3,2 \cdot 10^5$ соответственно.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДАВЛЕНИЯ ПЛАМЕНИ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ СУПРАЧАСТИЦ С КОМБИНИРОВАННЫМ МЕХАНИЗМОМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шамсутдинов А.Ш., Сабурова А.И., Вальцифер И.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

shamsutdinov.a@itcras.ru

Настоящее исследование посвящено изучению ингибирующего действия дисперсных частиц различного химического состава на ламинарную скорость горения углеводородно-воздушной смеси с целью выявления синергетических эффектов в композитных системах.

В работе использованы модельные сферические частицы дигидрофосфата аммония ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), гидроксидов магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) и алюминия ($\text{Al}(\text{OH})_3$), а также композитные супрачастицы $\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{KH}_2\text{PO}_4$ с массовыми соотношениями 1:2, 1:1 и 2:1, полученные методом распылительной сушки.

Экспериментально установлено, что частицы $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, реализующие химический механизм ингибирования через рекомбинацию радикалов, обеспечивают снижение скорости распространения пламени до 25% по сравнению с гидроксидами, несмотря на вдвое меньший эндотермический эффект. Гидроксиды магния и алюминия, в свою очередь, действуют преимущественно за счёт физического охлаждения и разбавления реакционной зоны водяным паром.

Показано, что комбинирование механизмов тушения в рамках супрачастицы $\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{KH}_2\text{PO}_4$ является перспективным подходом для создания высокоэффективных огнетушащих порошков. В таком композите сочетаются тепловое, физическое и химическое подавление горения, при этом один компонент компенсирует ограничения другого. Однако преобладание доли $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и уменьшение количества более химически активного фосфатного компонента (например, при соотношении 2:1) нивелирует указанные преимущества.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124022200039-7.

ВЛИЯНИЕ ПАРА-ТОЛУОЛСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА КОРРОЗИЮ АЛЮМИНИЯ

Шарина А.Н., Плетнев М.А.

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашикова,

Ижевск

sharina.sharina.an@gmail.com

В современных алюминиевых конденсаторах в качестве альтернативы традиционному жидкому электролиту используется перспективный проводящий композит PEDOT:PSS и альтернативные системы, например PEDOT:PTSA, где в качестве допанта выступает п-толуолсульфоновая кислота (p-TsOH). В процессе длительной эксплуатации в системе неизбежно создаются условия для протекания коррозии. В качестве потенциального агрессивного агента могут выступать низкомолекулярные сульфокислоты, источником которых служат деструкция полимерной матрицы PSS, сопровождающаяся высвобождением p-TsOH, и избыток не связанной p-TsOH в композициях PEDOT:PTSA. В связи с этим исследовано влияние p-TsOH на коррозионное поведение алюминия. Поляризационные кривые в H_2SO_4 и H_2SO_4 с добавкой p-TsOH в линейных координатах практически идентичны. $E_{\text{кор}}$ определяется равным -900 мВ, ток равномерно меняется в диапазоне $\pm 0,01$ мкА, что свидетельствует о низких скоростях коррозии. Различаются тафелевские наклоны анодных ветвей - в чистой H_2SO_4 $b_a = 1,202$ В/дек, в смеси H_2SO_4 и p-TsOH $b_a = 1,648$ В/дек ($R^2 > 0,998$). Увеличение наклона на 0,446 В/дек указывает на усиление торможения анодного процесса при введении p-TsOH, что может быть связано с адсорбцией тозилат-ионов на оксидной пленке. В 0,01 М p-TsOH $E_{\text{кор}}$ сдвигается до -795 мВ, что указывает на изменение состояния поверхности при переходе от H_2SO_4 к p-TsOH, но не сопровождается замедлением коррозии. Ток возрастает на несколько порядков, до 70 мА. Наблюдается резкий рост тока при $E_{\text{пит}} = -600$ мВ, характеризующий локальную коррозию. Наклон $b_a = 0,166$ В/дек ($R^2 > 0,999$) значительно ниже, чем в фоне и в смеси, что указывает на более активное анодное растворение. В смеси с H_2SO_4 наблюдается небольшой ингибирующий эффект, согласующийся с данными о адсорбции p-TsOH на Al_2O_3 в виде ориентированных сульфонатных анионов, которые создают плотный стерический барьер. В чистой p-TsOH кислотная среда и отсутствие сульфат-ионов, стабилизирующих пленку, приводят к локальному разрушению оксида и активации растворения.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ТЕРБИЯ (III) С 1,2-ДИГИДРОКСИ-3-N,N-ДИЭТИЛАМИНОМЕТИЛАНТРАХИНОНОМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Швецова Е.А., Аликина Е.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

svecovaevgenia5@gmail.com

Анализ РЗМ сопряжён с трудностями из-за высокой схожести химических свойств элементов и сложности матриц реальных объектов. Основная проблема определения заключается в разделении близких по свойствам элементов и устранении матричных эффектов.

Среди методов анализа редкоземельных элементов спектрофотометрический метод выделяется своей доступностью, достаточной точностью и относительной простотой проведения измерений. Перспективными реагентами служат аминометилированные производные антрахинонов, обладающие хромофорными свойствами.

Экстракция является универсальным методом разделения, выделения и концентрирования веществ, в частности, редкоземельных металлов. Экстракционные методы позволяют проводить групповое концентрирование РЗМ, либо даже разделять их на группы. Использование после разделения спектрофотометрических реагентов позволяет повысить селективность определения.

Комплексообразование ионов тербия с органическим реагентом – 1,2-дигидрокси-3-N,N-диэтиламинометилантрахиноном (ДЭАА) изучали спектрофотометрически. Продукт реакции ионов тербия с ДЭАА представляет собой комплекс фиолетового цвета. Установлено, что максимальная оптическая плотность $\lambda_{\max}$ 600 нм была зафиксирована в растворе с pH 5,75. Оптимальная концентрация ДЭАА равна двукратной концентрации ионов тербия.

Молярный коэффициент светопоглощения $\epsilon = 5,8 \cdot 10^3$ см²/моль. Градуировочный график, построенный в оптимальных условиях, линейен в интервале 40–350 мкг Tb/25 мл.

Метод определения тербия с использованием ДЭАА позволяет определять Tb(III) с высокой чувствительностью. Реагент перспективен для анализа РЗМ после экстракционного выделения ионов тербия как методом жидкостной экстракции (хлороформ, тетрахлорметан, бутанол), так и методом экстракции в расслаивающихся системах на основе антипирина и его производных с единственным жидким компонентом - водой.

Секция «Органическая химия»

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

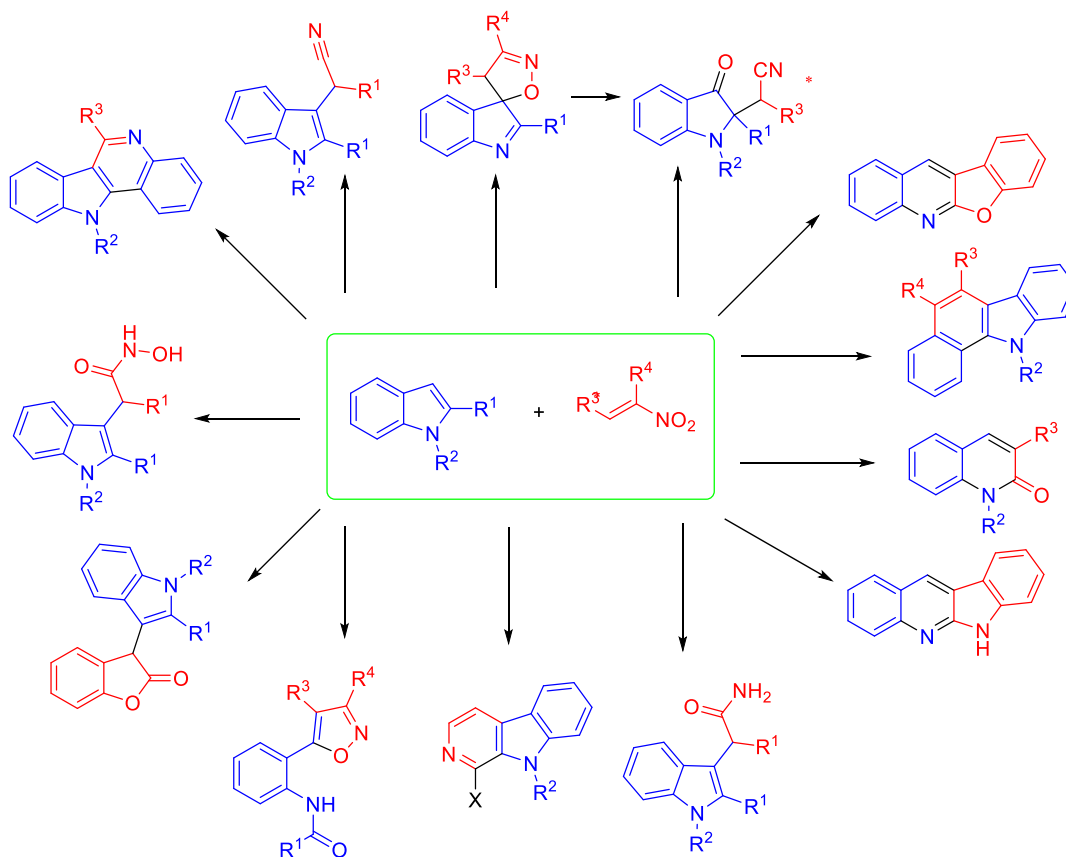
ЧТО МОЖНО ПОЛУЧИТЬ ИЗ ИНДОЛОВ И НИТРОСТИРОЛОВ?

Аксенов А.В., Аксенова И.В., Овчаров С.Н., Арутюнов Н.А.

Северо-Кавказский Федеральный университет, Ставрополь, Россия

aaksenov@ncfu.ru

На примере реакций индолов с неперелечными нитросоединениями продемонстрирована возможность получения различных полезных соединений.



Биологические испытания показали значительную биологическую активность большинства классов этих веществ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-73-20003, <https://rscf.ru/project/25-73-20003/>

ДИЗАЙН КОНЬЮГАТОВ ИПИДАКРИНА И ТАКРИНА КАК ПУТЬ БОРЬБЫ С БОЛЕЗНЬЮ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Бургарт Я.В.,¹ Грищенко М.В.,¹ Худина О.Г.,¹ Щегольков Е.В.,¹ Махаева Г.Ф.,²

Салоутин В.И.,¹ Чарушин В.Н.¹

¹Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН, 620137,
Россия, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской/Академическая, 20/22

²Институт физиологически активных веществ ФИЦ ПХФ и МХ РАН, 142432,
Россия, Черноголовка, Северный проезд, 1.

ya.burgart@yandex.ru

Рост нейродегенеративных заболеваний считают скрытой эпидемией 21 века. Наше исследование направлено на разработку средств для борьбы с самой распространенной формой деменции – болезнью Альцгеймера (БА). Мы развиваем стратегию синтеза мультитаргетных анти-БА агентов на основе конъюгатов *ипидакрина* и *такрина*, комбинированных со вторым фармакофором, придающим гибридным соединениям дополнительные свойства, полезные для терапии БА. В результате получены конъюгаты с повышенной по сравнению с базовым фармакофором антихолинэстеразной активностью, усиленным антиагрегационным действием в отношении β -амилоида, с антирадикальной и хелатирующей способностью. В качестве лидеров с оптимальным сочетанием биологических свойств выбраны конъюгаты ипидакрина, связанные октаметиленовым спейсером с салицил- или пиридоксаминным остатком (см. рис.).

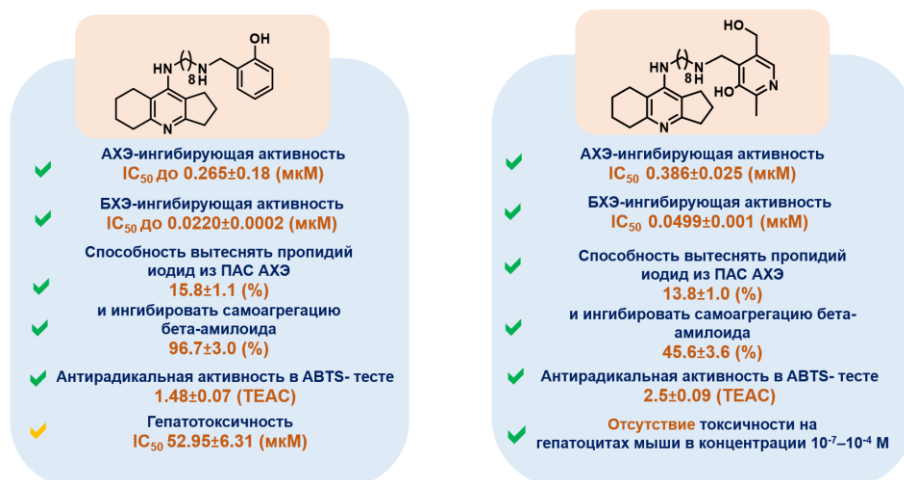


Рисунок. Соединения-лидеры и их биологические свойства

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-63-00016, <https://rscf.ru/project/24-63-00016>.

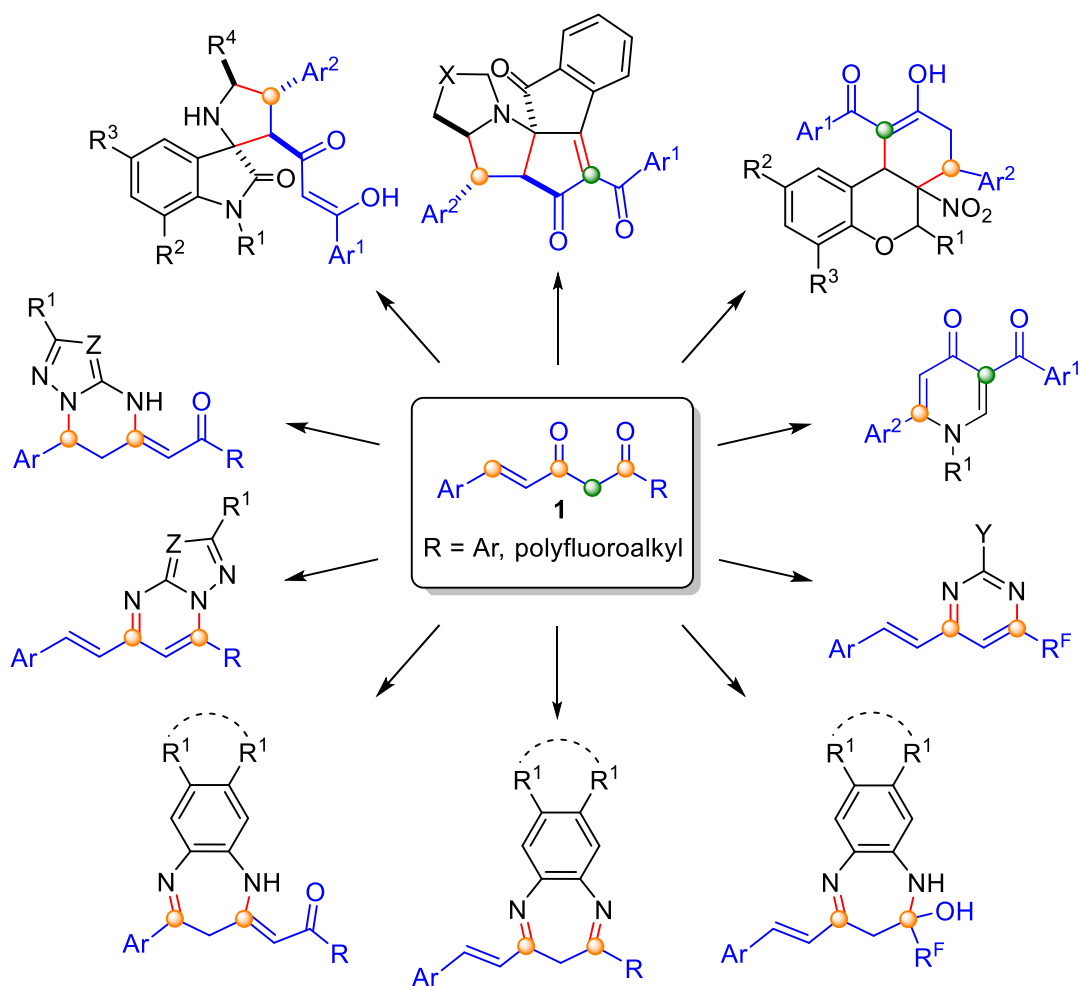
ХЕМО-, РЕГИО- И СТЕРЕОСЕЛЕКТИВНЫЕ СИНТЕЗЫ НА ОСНОВЕ 1-ПОЛИФТОРАЛКИЛ(АРИЛ)-3-СТИРИЛ-1,3-ДИКЕТОНОВ

Коротаев В.Ю., Зимницкий Н.С., Гомзикова Е.М., Кочнев И.А., Мищенко М.А.,
Мильченко А.Д., Петракович П.Д., Ельцов О.С., Барков А.Ю., Сосновских В.Я.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

korotaev.vladislav@urfu.ru

Обобщены результаты исследований коллектива в области хемо-, регио- и стереоселективного синтеза различных гетероциклических систем на основе 1-полифторалкил(арил)-3-стирил-1,3-дикетонов **1**, содержащих 1,3-дикарбонильный фрагмент и электрофильную двойную связь.



Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ(проект 25-23-00543).

АМИНОКИСЛОТЫ В ДИЗАЙНЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Краснов В.П., Левит Г.Л.

Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, Екатеринбург

ca@ios.uran.ru

Природные аминокислоты разнообразны по строению, коммерчески доступны, обладают высокой оптической чистотой. В последнее время доступным стало и большое количество неприродных аминокислот, в том числе с высокой степенью оптической чистоты. Поэтому аминокислоты представляют собой уникальное сырье как для синтеза на их основе обширных библиотек, предназначенных для тестирования биологической активности, так и создания стереоселективных методов синтеза энантиомерно чистых прекурсоров лекарственных веществ.

Для создания библиотек потенциальных биологически активных соединений широко используются омега-аминокислоты. На их основе нами синтезировано значительное количество конъюгатов пурина и его аналогов, обладающих разнообразными видами активности. Установлено, что конъюгаты обладают высокой активностью в отношении вируса простого герпеса тип 1 (ВПГ-1). Выявлено соединение-лидер, механизм действия которого связан с ингибированием терминазы ВПГ-1, в отличие от известных препаратов, ингибирующих ДНК-полимеразу.

Перспективным оказался подход к модификации аминокислот, содержащих дополнительную группу, например, диаминокарбоновых и аминодикарбоновых. Так, исходя из (S)-глутаминовой кислоты был получен ряд производных (2S,4S)-4-амино-5-оксопролина, обладающих психотропной, церебропротекторной, антиагрегантной и антитромботической активностью и представляющих интерес для разработки на их основе средств коррекции последствий нарушений мозгового кровообращения.

Проведенные исследования показали перспективность использования аминокислот для выявления связи структура-активность и целенаправленного поиска лекарственных средств.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 26-13-00232).

БЕРБЕРИН 2.0: НОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С ОПУХОЛЯМИ, ИНФЕКЦИЯМИ И МЕТАБОЛИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ

Лузина О. А.

Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН

luzina@nioch.nsc.ru

Основой для создания новых эффективных лекарственных средств могут служить алкалоиды – группа природных соединений со своеобразной сложной структурой, включающей азотистые гетероциклы. Все известные алкалоиды обладают широким спектром биологической активности. Берберин, родоначальник класса протобербериновых алкалоидов, относится к наиболее популярным у исследователей соединениям. Берберин обладает значительным терапевтическим потенциалом при различных патологиях, включая рак, бактериальные инфекции, метаболический синдром, сердечно-сосудистые заболевания и неврологические расстройства, главным образом за счет плеiotропных механизмов, однако оказывает низкое терапевтическое действие из-за своей низкой проницаемости и биодоступности. По этой причине до настоящего времени берберин используется в традиционной и альтернативной медицине только в виде поли травяных составов, а не в качестве монопрепарата. В настоящее время исследования развиваются по пути химической модификации берберина с целью получить такие его производные, которые проявляли бы основное физиологическое действие и лишались бы нежелательных побочных. Традиционные направления модификации берберина, включающие введение заместителей в положения 9, 12 и 13, являются востребованным подходом к изменению биологической активности и повышению эффективности при лечении заболеваний. В последнее время экстенсивное развитие подходов к синтетической модификации берберина, в том числе за счёт модификации берберина по иным положениям изохинолинового остова, привело к расширению границ применимости производных берберина за счёт создания веществ, таргетно взаимодействующих с новыми мишенями, а также за счёт улучшения фармакокинетических свойств и биодоступности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (075-00365-26-00, FWUE-2025-0006)

ANRORC РЕАКЦИИ (АЗА)ХИНОКСАЛИНОВ

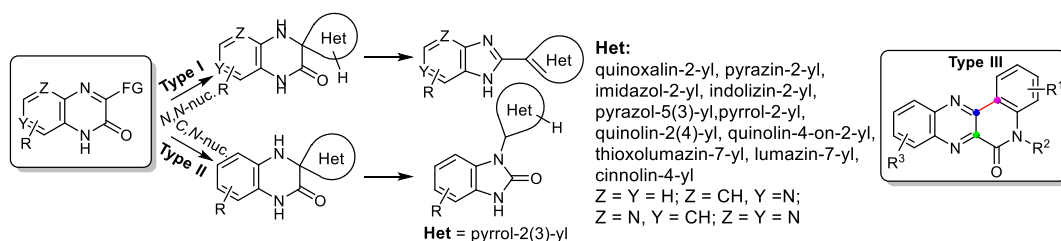
Мамедов В.А.

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ

Казанский научный центр РАН, Казань

mamedov@iopc.ru

В докладе рассматриваются перегруппировки производных хиноксалин-2(1*H*)-она (перегруппировки Мамедова типов I, II и III), протекающие через спиросоединения с и без подвижного(ых) атома(ов) водорода в спирообразующем фрагменте с образованием 2-гетарилбензимидазолов, 1-гетарилбензимидазолонов, хинолино[3,4-*b*]хиноксалин-6-онов, и перегруппировки производных пиразин-2(1*H*)-она (перегруппировки Мамедова типа I), протекающие через спиросоединения с подвижным атомом водорода в спирообразующем фрагменте с образованием 2-(пиразол-3-ил)имидазо[4,5-*d*]пиридазинов. Перегруппировки инициируются кислотами и осуществляются под действием различных *N,N*-¹⁻⁴ и *C,N*-¹⁻⁵ нуклеофильных реагентов. В отличие от известных перегруппировок, протекающих по механизму типа ANRORC, они позволяют формировать оба кольца бигетероциклической системы одновременно в реакционных условиях.



Предложенные простые способы синтеза разнообразных 3-функционально замещённых хиноксалин-2(1*H*)-онов и их азааналогов, а также 3-функционально замещённых пиразин-2(1*H*)-онов, и доступность нуклеофильных реагентов указывают на широкие перспективы этих трёх типов перегруппировок в синтезе «линейных» и конденсированных бигетероциклических структур.

Литература

1. Mamedov V.A., Zhukova N.A. *Synthesis*, 2021, **53**, 1849.
2. Mamedov V.A., Galimullina V.R., QuZh.-W., Zhu H., Syakaev V.V., Shamsutdinova L.R., Sergeev M.A., Rizvanov I.Kh., Gubaidullin A.T., Sinyashin O.G., Grimme S. *J. Org. Chem.*, 2024, **89**, 898.
3. Mamedov V.A., Galimullina V.R., QuZh.-W., Zhu H., Syakaev V.V., Nikolaeva D.V., Rizvanov I.Kh., Gubaidullin A.T., Sinyashin O.G., Grimme S. *Org. Biomol. Chem.*, 2025, **23**, 2180.
4. Mamedov V.A., Galimullina V.R., Nikolaeva D.V., Syakaev V.V., Babaeva O.B., Rizvanov I.Kh., Gubaidullin A.T., Sinyashin O.G. *Org. Biomol. Chem.*, 2025, **23**, 9388.
5. Mamedov V.A., Khafizova E.A., Algaeva N.E., Latypov Sh.K., Sinyashin O.G. *J. Org. Chem.*, 2020, **85**, 9887.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РНФ, проект 24-13-00098.

**100 ЛЕТ НАУЧНОЙ ШКОЛЕ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА, С.П.ВУКОЛОВА,
Л.И. БАГАЛА В СТЕНАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА**

Островский В.А., Трифонов Р.Е. Илюшин М.А., Павлюкова Ю.Н., Путис С.М.,

Козлов А.С., Скрыльникова М.А., Кирюшкин А.А.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический
университет), Санкт-Петербург*

va_ostrovskii@mail.ru

В 1891 году для изучения вопросов изготовления бездымных порохов для флота по инициативе Д.И. Менделеева была создана научно-техническая лаборатория морского военного ведомства. В эту лабораторию Дмитрий Иванович пригласил работать Семена Петровича Вуколова – талантливого студента Санкт-Петербургского университета, завершившего двухлетнюю стажировку в Сорбонне (*Université de Paris*). Позднее, в стенах Ленинградского технологического института с целью исследования высокоэнергетических веществ была создана кафедра химии и технологии органических соединений азота (ХТОСА), которую возглавил С.П. Вуколов. Датой основания кафедры ХТОСА принято считать 1926 год [1]. Учеником и сподвижником, а также продолжателем дела С.П. Вуколова являлся Лев Ильич Багал, почти три десятилетия возглавлявший кафедру ХТОСА. Сотрудниками кафедры ХТОСА были совершены важные научные открытия, выполнены масштабные технологические разработки, подготовлены тысячи квалифицированных научных кадров и инженеров-технологов, сотни кандидатов и докторов наук, десятки лауреатов государственных премий и правительственных наград.

В настоящее время кафедра ХТОСА является ядром одной из ведущих научных школ Санкт-Петербурга: «Научные основы химических технологий производства высокоазотистых соединений и материалов для медицины и техники».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ: грант № 25-43-02073.

1. Котомин А.А., Островский В.А., Трифонов Р.Е., Павлюкова Ю.Н., Илюшин М.А., Кирюшкин А.А. Кафедре химии и технологии органических соединений азота 100 лет. – СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2026. – 202 с.

АЗОЛОАННЕЛИРОВАННЫЕ НИТРОАЗИНЫ – НОВЫЙ КЛАСС БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

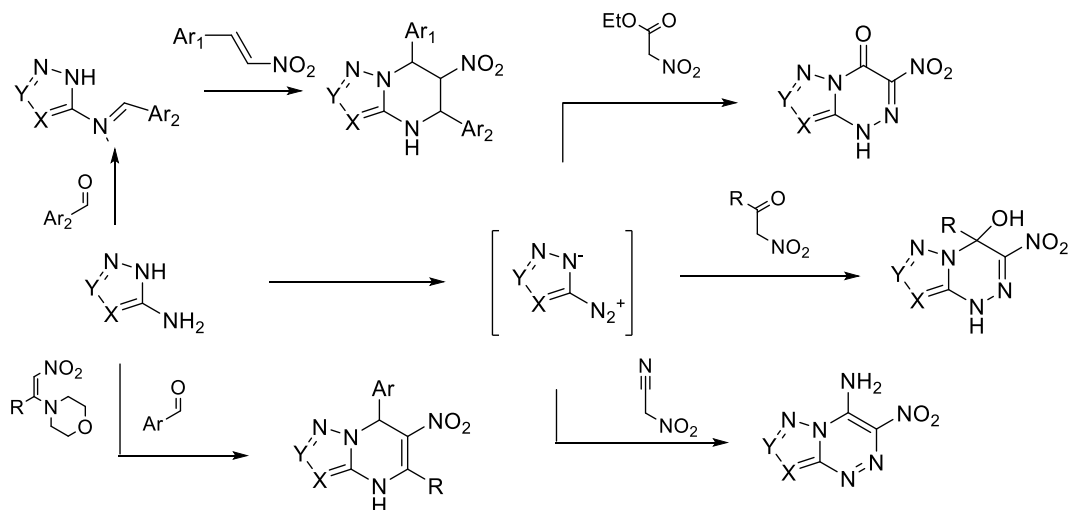
Русинов В.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина

v.l.rusinov@urfu.ru

Найден новый оригинальный класс биологически активных гетероциклических нитросоединений – нитроазоло[1,5-*a*]-пиримидины и нитроазоло[5,1-*c*]-1,2,4-триазины. Разработаны методы построения таких полиазотистых бициклических структур, включающие достройку азинового цикла к азольному, что позволяет использовать широкий круг аминокислот и доступных нитросинтонов.



Синтезированные соединения обладают противовирусным действием в отношении широкого ряда РНК-содержащих вирусов, в том числе вирусов гриппа, ОРВИ, клещевого энцефалита, COVID-19, лихорадки Денге. Первый препарат, созданный на базе этого класса соединений, Триазавирин (Риамиловир), включен в реестр лекарственных средств РФ и выпускается в промышленном масштабе.

Среди изучаемого класса нитроазолоазинов найдены соединения, ингибирующие неферментативное гликирование белков – причину поздних осложнений сахарного диабета, а также соединения, проявляющие антикоагулянтное и противосептическое действие. Рассматриваемые соединения являются близкими структурными аналогами эффекторов аденозиновых рецепторов – привлекательной мишени для терапии опухолевых заболеваний.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования
РФ, Государственный контракт № FEUZ-2026-0008 (Тема № Н687.42Б.423/26)

ДИЗАЙН НОВЫХ АГЕНТОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С РЕСПИРАТОРНО-СИНЦИТИАЛЬНЫМ ВИРУСОМ

Салахутдинов Н.Ф.

Новосибирский институт органической химии Сибирского Отделения РАН

anvar@nioch.nsc.ru

Доклад посвящен обзору работ по созданию новых агентов для борьбы с респираторно-синцитиальным вирусом – опасным инфекционным заболеванием для которого в настоящее время отсутствуют низкомолекулярные лекарственные препараты.

В Отделе медицинской химии Новосибирского института органической химии СО РАН были разработаны методики направленной трансформации природных соединений различных структурных типов, включая монотерпеноиды, кумарины, берберины и диффрактаевую кислоту. С использованием этих методик осуществлен направленный синтез библиотек соединений, перспективных для изучения их противовирусной активности в отношении респираторно-синцитиального вируса, смертельно опасного для младенцев и пожилых людей. Идентифицированы соединения, сочетающие высокую активность с низкой цитотоксичностью и обладающие высокими индексами селективности. С использованием различных подходов показано, что поверхностный белок F, ответственный за проникновение вируса в клетку, может рассматриваться в качестве потенциальной биологической мишени для производных кумаринов и борнеола. Показано, что производные кумарина и борнеола обладают противовирусной активностью в отношении респираторно-синцитиального вируса в экспериментах *in vivo*, наиболее выраженной в группах, получавших препарат интраназально.

НОВЫЕ МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫЕ ЦИКЛИЗАЦИИ ПОЛИФТОРАЛКИЛ-2/3-ОКСОЭФИРОВ

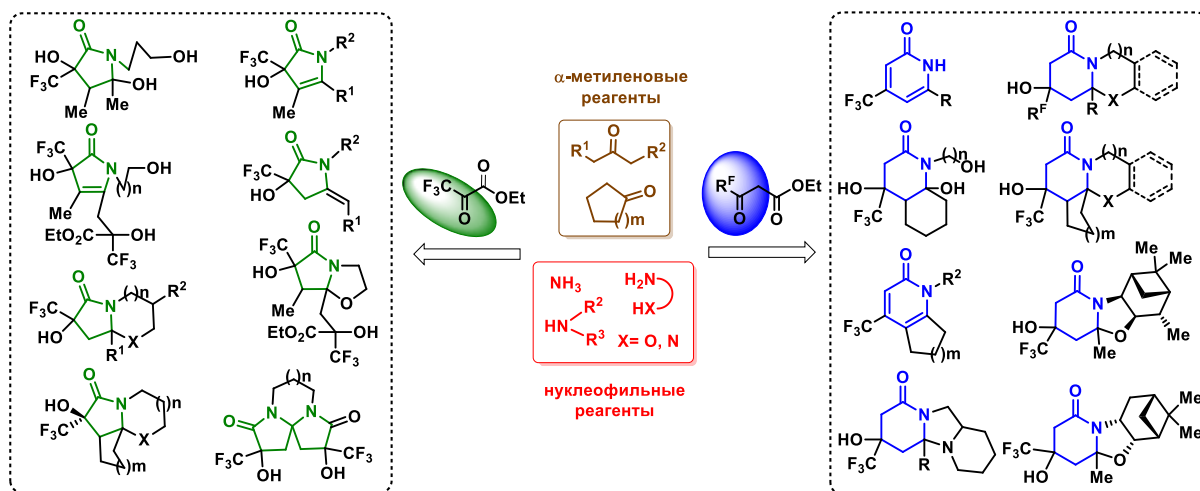
Салоутин В.И., Горяева М.В., Куц С.О., Иванова А.Е., Бургарт Я.В.

Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН

620137, Россия, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской/Академическая, 20/22

saloutin@ios.uran.ru

В докладе обсуждаются превращения полифторалкил-2-оксо- и 3-оксоэфиров в найденной нами мультикомпонентной домино циклизации с α -метиленкетонами и аминами. Показано, что в данную реакцию вовлекается широкий круг нуклеофильных и α -метиленовых реагентов. Проанализировано сравнительное поведение полифторалкил-2-оксо- и 3-оксоэфиров. В результате этих превращений синтезирован широкий ряд пирролидонов и пиридонов, в том числе перзамещенных, карбо- и гетероаннелированных производных. Рассматриваются механизмы этих реакций, а также результаты биологического исследования.



Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-13-00427, <https://rscf.ru/project/24-13-00427/>

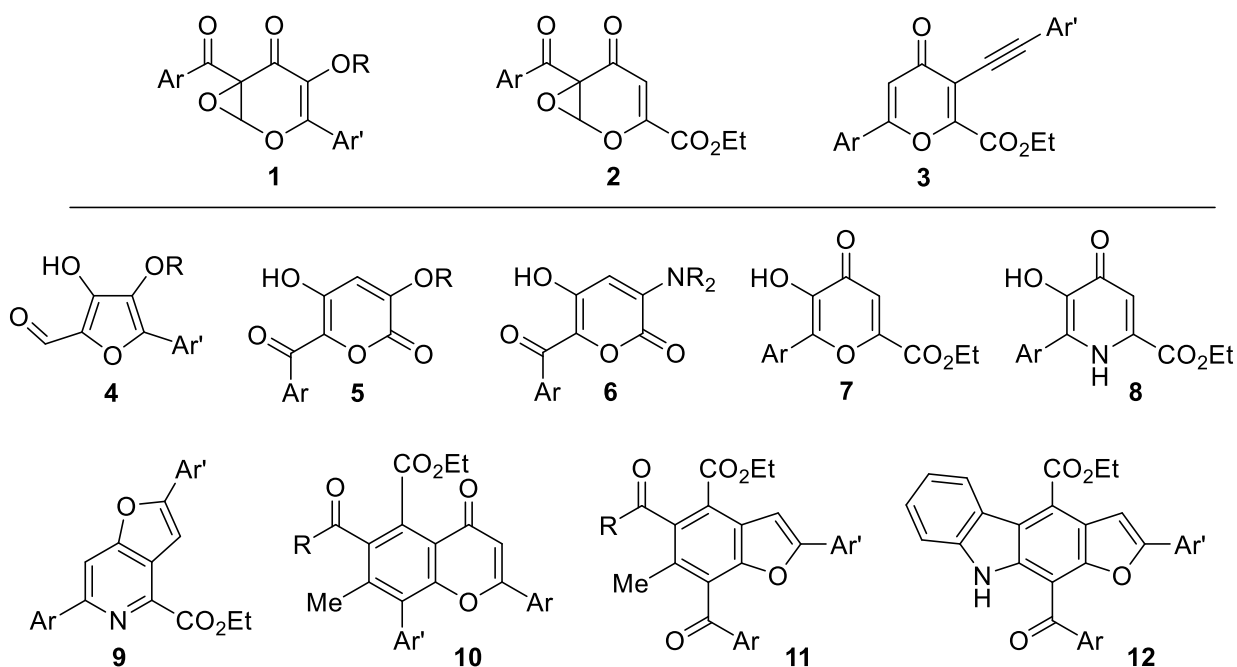
НОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ 4-ПИРОНОВ В СИНТЕЗЕ ГЕТЕРОЦИКЛОВ

Сосновских В.Я., Обыденнов Д.Л.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

vy.sosnovskikh@urfu.ru

Исследованы трансформации в ряду новых производных 4-пионов **1–3**. Показано, что из эпоксипионов **1** могут быть получены фурфуролы **4**, а из эпоксипионов **2–3** – 3-алкокси/алкиламино-2-пионы **5** и 5-гидрокси-4-пионы **7** и 5-гидрокси-4-пиридоны **8**. На основе 3-алкинил-4-пионов **3** разработаны методы синтеза фуру[3,2-с]пиридинов **9**, флавонов **10**, кумаронов **11** и фуру[2,3-*b*]карбазолов **12**. В докладе будут рассмотрены условия проведения реакций и механизмы изученных превращений [1–3].



Список литературы

1. Fedin V.V., Syrovsky D.V., Usachev S.A., Obydenov D.L., Sosnovskikh V.Y. *Org. Lett.*, 2025, **27**, 9657–9662.
2. Fedin V.V., Usachev S.A., Obydenov D.L., Sosnovskikh V.Y. *Asian J. Org. Chem.*, 2025, **14**, e202500149.
3. Titova P.K., Alikin N.A., Kaurova A.V., Viktorova V.V., Simbirtseva A.E., Steparuk E.V., Eltssov O.S., Obydenov D.L., Sosnovskikh V.Y. *Synthesis*, 2025, **57**, 2683–2694.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант 22-73-10236П).

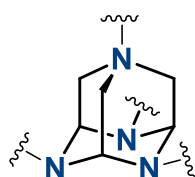
1,4,6,10-ТЕТРААЗААДАМАНТАН (ИЗОУРОТРОПИН) И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ: ОТ ОТКРЫТИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ

Сухоруков А. Ю.

ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН, 119991, Ленинский проспект 47, Москва

<mailto:sukhorukov@ioc.ac.ru>

Адамантаны активно используются в медицине, материаловедении, пищевой промышленности и полимерной химии благодаря своим особым физико-химическим свойствам. Замена атомов углерода на гетероатомы открывает широкие возможности для направленной модификации свойств адамантанов и, соответственно, получения веществ и материалов с заданными характеристиками. Одним из наиболее известных и применяемых гетероадамантанов является 1,3,5,7-тетраазаадамантан (уротропин), полученный еще в 1859 г. А. М. Бутлеровым. Данный доклад посвящен химии синтезированного в нашей лаборатории 1,4,6,10-тетраазаадамантана, являющегося структурным изомером уротропина. Производные “изоуротропина” отличаются высокой стабильностью, они доступны, не токсичны и могут быть легко функционализированы по всем атомам азота. За прошедшие 15 лет с момента открытия 1,4,6,10-тетраазаадамантана предложено несколько направлений их практического применения, включая координационную химию и катализ (новые лиганды для стабилизации высоких степеней окисления металлов), полимерную химию (рециклизуемые и адаптивные полимерные материалы), фотоэнергетику (повышение стабильности перовскитных солнечных батарей), медицинскую химию (синтез биоконъюгатов и повышение водорастворимости фармакологически активных молекул).



1,4,6,10-tetraazaadamantane

applications →

- ligands for 3d metals
- perovskite solar cells
- recyclable covalent networks
- click chemistry
- bioconjugates

Литература

- [1] I. S. Golovanov *et al.*, *J. Org. Chem.*, **2018**, 83, 9756.
- [2] V. V. Ozerova *et al.*, *Mater. Today Chem.*, **2023**, 30, 101590.
- [3] S. van Hurne *et al.*, *ACS Appl. Polym. Mater.*, **2024**, 6, 7918.

АНТРАПИРИДОНЫ. СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

Фисюк А.С., Черненко С. А., Костюченко А.С.

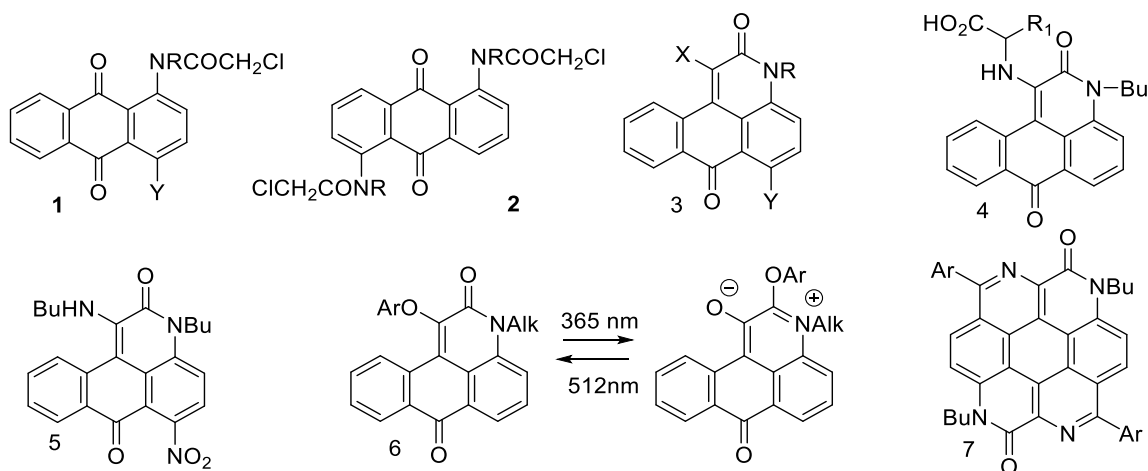
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта»,

Институт медицины и наук о жизни,

236041, Калининград, ул. А. Невского, д.14

asfisyuk@kantiana.ru

На основе доступных производных антрацена **1,2** разработаны способы получения замещенных производных антапиридона **3**¹. Изучены спектры фотофизические свойства синтезированных соединений.



$\text{X} = \text{NHAik}, \text{NHAr}, \text{OH}, \text{OAlk}, \text{OAr}, \text{NHCHR}^1\text{COOH}$; $\text{R} = \text{H}, \text{Alk}$; $\text{R}^1 = \text{Me}, \text{i-Pr}, \text{Bn}, \text{CH}_2\text{SH}$; $\text{Y} = \text{H}, \text{NO}_2$

В ряду синтезированных соединений найдены эффективные люминофоры, селективные аналитические реагенты для calorиметрического определения ионов Cu^{2+} на уровне ПДК в питьевой воде³ **4**, люминесцентные клеточные красители для липидных капель² **5**, новые фотохромные люминесцентные системы меняющие цвет при облучении различными длинами волн в результате арилтропии⁴ **6**. Синтезированы ранее неизвестное производное тетраазокоронена **7**, представляющее интерес для органической электроники.

Литература

1. Черненко С.А., Шацаускас А.Л., Костюченко А.С., Фисюк А.С. Доклады РАН. Химия, наука о материалах. 2022, 506, 20.
2. Chernenko S.A, Zheleznova T.Yu, Shatsauskas A.L, Kostyuchenko A.S, Stasyuk A.J, Yuo C, Fisyuk A.S. *Anal. Methods*, 2025, **17**, 8779.
3. Chernenko S.A, Shatsauskas A.L, Shatalin Y.V, Shubina V.S, Kobyakova M.I, Zheleznova T.Yu, Kostyuchenko A.S, Fisyuk A.S. *DyesPigm.* 2025, **233**, 112541.
4. Poltavtsev I.D, Chernenko S.A, Ushakov I.A, Anisimov A.A, Dorovatovskii P.V, Fisyuk A.S, Lvov A.G. *Org. Lett.* 2025, **27**, 48, 13235.

ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ФЕНОЛОВ: СТРУКТУРНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, СВОЙСТВА, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Чукичева И.Ю., Колегова И.Ю., Попова С.А., Федорова И.В.

Институт химии Коми научного центра Уральского отделения Российской

академии наук, Сыктывкар

chukichevaiy@mail.ru

Производные на основе фенолов и полифенолов могут выступать в качестве действующих веществ или синтетической платформы различных стабилизаторов и антиоксидантов, биологически активных соединений. Более 8000 химических веществ различной структуры относятся к фенольным соединениям. В их число входят простые фенолы и их производные, производные фенилпропана, кумарины и хромоны, ксантоны, стильбены, халконы и диарилалканоиды, флавоноиды и прочие. Структурная модификация фенольных соединений путем введения различных функциональных групп, таких как алкильные, арильные, азот-, галоген-, сера- и оксисодержащие, рассматривается как ключевой способ целенаправленного совершенствования свойств фенолов, в том числе расширяет спектр биологической активности, а также значительно увеличивает возможности их использования в органическом синтезе и в различных отраслях промышленности.

В последние годы наблюдается взрывной рост интереса к синтезу терпенофенолов, поскольку они проявляют разнообразную биологическую активность как на моделях *in vivo*, так и *in vitro*. Терпеноиды, в том числе бициклические монотерпеноиды, заслуживают особого внимания в качестве ключевого структурного блока или одного из фармакофорных компонентов биологически активных молекул. В Институте химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН предложены подходы, позволяющие селективно получать терпенофенолы с высокой степенью молекулярного разнообразия и практического применения. Синтезированы серии новых *O*-, *N*-, *S*- и *Hal*-содержащих производных терпенофенолов. Развивается направление по синтезу аналогов природных фенольных соединений (кумаринов, хроманов, халконов, флавоноидов) и их полифункциональных производных. С использованием различных биологических и химических модельных систем было показано, что терпенофенолы и полученные на их основе производные проявляют ярко выраженные антиоксидантные свойства, продемонстрирована их перспективность в качестве новых фармакологических субстанций.

Работа выполняется в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 125020301261-5).

β-(СЕМИКАРБАЗИДО)КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ: ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СИНТЕЗЕ НОВЫХ ПЕПТИДОМИМЕТИКОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ПОЛИАЗАГЕТЕРОЦИКЛОВ

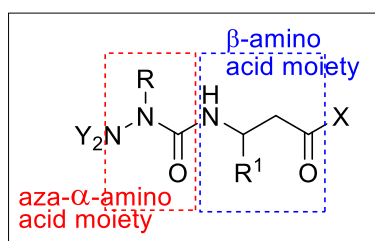
Шуталев А. Д.^{1,2}, Фесенко А. А.²

¹Институт органической химии РАН, Москва

²Институт физической химии электрохимии РАН, Москва

shad@ioc.ac.ru

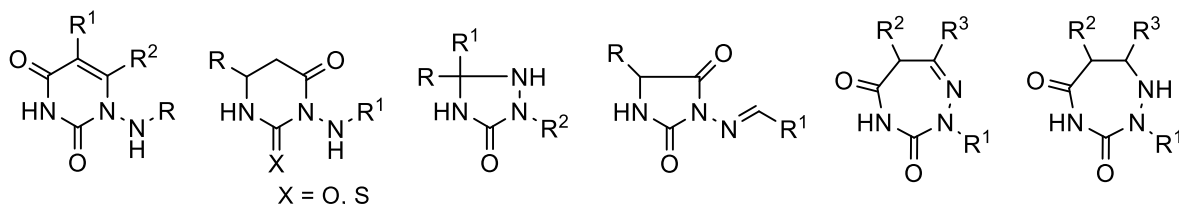
В настоящее время синтез пептидомиметиков является одним из перспективных методов создания новых лекарственных препаратов, основанных на пептидах. В своем докладе мы сообщаем о получении ранее труднодоступных пептидомиметиков,



включающих α-аза-аминокислотные и β-аминокислотные остатки, в частности, разнообразных β-(семикарбазидо)-карбоновых кислот и их производных. В качестве основного способах конструирования в качестве исходных были впервые использованы соединения,

содержащие готовый семикарбазидный фрагмент, а в качестве ключевой стадии синтеза - реакцию образования связи C-C путем амидоалкилирования малонового и ацетоуксусного эфиров, а также реагентов Реформатского под действием 4-(тозилметил)семикарбазонов, защищенных по атому азота N1.

Помимо своего значительного фармакологического интереса, β-(семикарбазидо)-карбоновые кислоты и их производные, а также некоторые их предшественники являются привлекательными объектами в синтезах разнообразных биологически значимых гетероциклических полиазасоединений, что продемонстрировано нами на примерах синтезов производных 1-аминоурацила, 5,6-дигидро-3-аминоурацила, 5,6-дигидро-3-амино-2-тиоурацила, 1,2,4-триазапин-3-она, 3-аминогидантоина, 1,2,4-триазепин-3,5-диона, 1,2,4-триазепан-3,5-диона и т.д.



Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-23-00392, <https://rscf.ru/project/25-23-00392/>

УСТНЫЕ И СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ГЛИЦЕРОЛАТЫ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗЕ СРЕДСТВ БИМЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Алексеев С.Г., Хонина Т.Г.

Институт органического синтеза имени И.Я. Постовского УрО РАН,

Екатеринбург

sema_alekseenko_1999@mail.ru

Глицеролаты биогенных элементов обладают большим потенциалом использования в области химии и медицины, являясь биосовместимыми прекурсорами в золь-гель синтезе материалов биомедицинского назначения с широким спектром фармакологической активности. В докладе будут рассмотрены новые перспективные разработки, представляющие интерес для практической медицины.

Кремний-элемент содержащие глицерогидрогели (Fe-Si-, Si-Fe-Zn-, Si-Fe-B- и Si-Fe-Zn-B-гели), обладающие ранозаживляющей, репаративной, гемостатической и антимикробной активностью в качестве потенциального лекарственного средства или изделия медицинского назначения для лечения ран различной этиологии [1].

Водно-глицериновая коллоидная дисперсия, содержащая глицеролаты кремния и железа, а также хитозан, предназначенная для местного гемостаза в раневых повязках и инстилляционного введения в мочевой пузырь после хирургических операций [2].

Фармацевтическая композиция на основе Si-Zn-B-геля с активным компонентом будесонидом, обладающая противовоспалительным и антимикробным действием, а также обеспечивающая репаративное, регенерирующее действие и интракутанную доставку активного вещества для лечения воспалительных дерматозов [3].

Работа выполнена в содружестве с Уральским государственным медицинским университетом и Уральским научно-исследовательским институтом дерматовенерологии и иммунопатологии при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проекта государственного задания (№ гос. рег. 124020500044-4).

Список литературы

1. Khonina T.G., Alekseenko S.G., Shadrina E.V. et al. Hemostatic Antimicrobial Hydrogels Based on Silicon, Iron, Zinc, and Boron Glycerolates for Wound Healing Applications // Gels. 2024. Vol. 10, № 12. P. 795.
2. Хонина Т.Г., Алексеев С.Г., Добринская М.Н. и др. Локальное гемостатическое и ранозаживляющее средство в виде жидкой лекарственной формы // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины 2025. Т. 179. №. 1. С. 51-55.
3. Патент РФ № 2859799, 2026.

РЕАКЦИИ АРОИЛПИРОВИНОГРАДНЫХ КИСЛОТ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ С БИНУКЛЕОФИЛЬНЫМИ РЕАГЕНТАМИ

Андреева А.А.^{1,2}, Шкляев Ю.В.¹, Масливец А.Н.²

¹ «Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

² ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Россия, 614990 Пермь, ул. Букирева, 15

aandreeva234@gmail.com

Взаимодействием ароилпировиноградных кислот **1** и их метиловых эфиров **2** с производными гидразина взятыми в соотношении 1:1 получены соответствующие пиразолы **3-6**, существующие в растворе в виде трех таутомерных форм **А**, **Б**, **В**. Взаимодействием ароилпировиноградных кислот **1** с производными гидразина взятыми в соотношении 1:2 получены соответствующие пиразолы **7-12** (см. **Схема 1**).

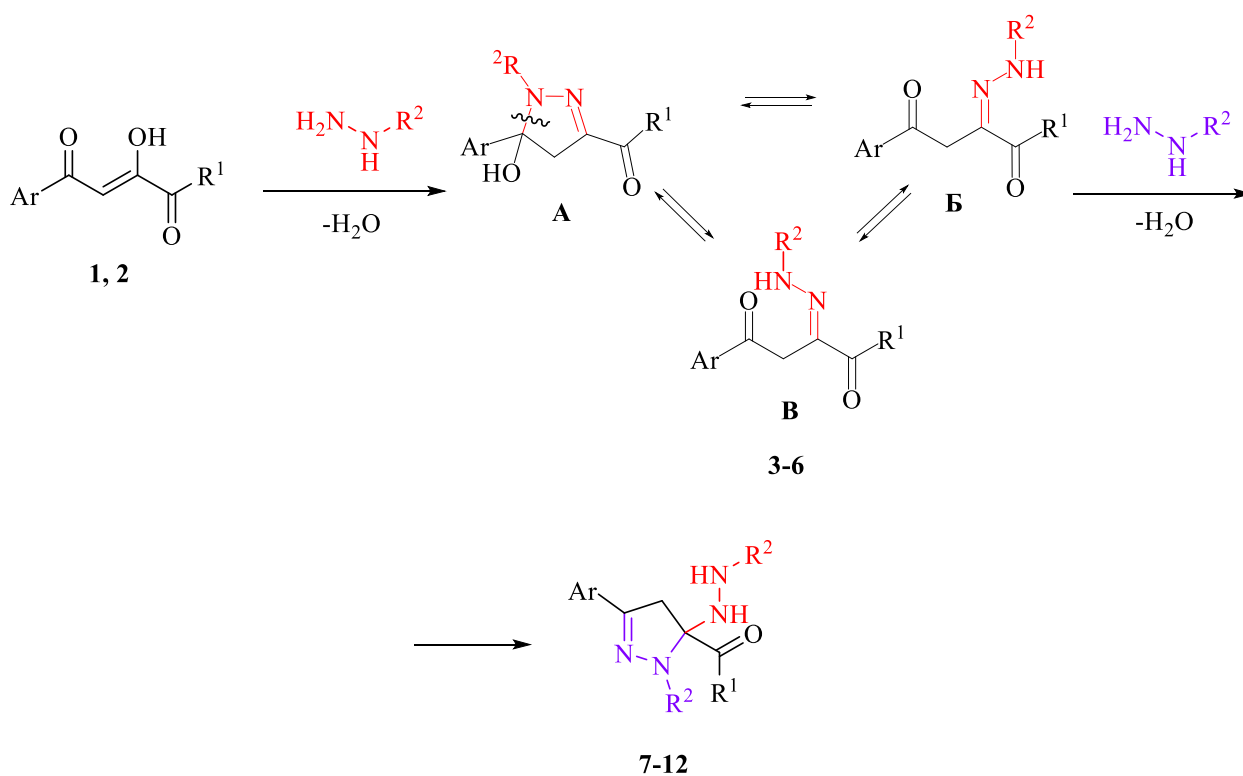


Схема 1. Взаимодействие ароилпировиноградных кислот с производными гидразина в соотношении 1:1 и 1:2

Структуры полученных соединений **3**, **5**, **6**, **7**, **9**, **10**, **11** подтверждены данными РСА.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № FSNF-2025-0013).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 1*H*-ПИРРОЛ-2,3-ДИОНОВ С ДИПОЛЕМ, ГЕНЕРИРУЕМЫМ ИЗ АЗОДИКАРБОКСИЛАТА И ТРИФЕНИЛФОСФИНА

Апкин Д.А., Дмитриев М.В., Масливец А.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

apkin.den@bk.ru

Реакция между 1*H*-пиррол-2,3-дионом и диполем, генерируемым из азодикарбоксилата и трифенилфосфина, ранее не исследовалась. В результате данного взаимодействия можно ожидать образование спироаннелированных гетероциклов, содержащих гамма-лактамы, что может обеспечивать потенциальную биологическую активность, и это определяет актуальность изучения данной реакции.

При взаимодействии замещённых 1*H*-пиррол-2,3-дионов **1** с диполем из диизопропилазодикарбоксилата **2** и трифенилфосфина в зависимости от условий проведения реакции образуются три вида продуктов **3-5** (Схема 1). Структура соединений **3-5** подтверждена методами ЯМР и РСА.

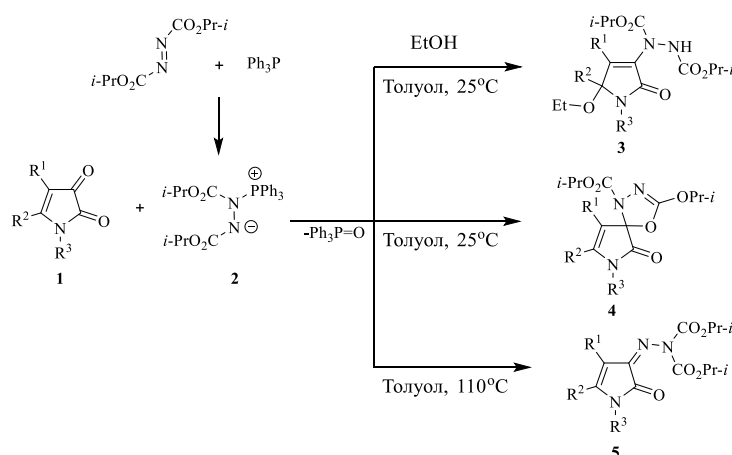


Схема 1.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № FSNF-2025-0013).

Библиографический список:

1. V. Nair, A.T. Biju, A.U. Vinod, E. Suresh // Organic Letters. – 2005. – V. 7. – N. 23. – P. 5139-5142.
2. C. Yang, X. Chen, T. Tang, Z. He // Organic Letters. – 2016. – V. 18. – N. 6. – P. 1486-1489.
3. A. Papafilippou, M.A. Terzidis, J. Stephanidou-Stephanatou // Tetrahedron letters. – 2011. – V. 52. – N. 12. – P. 1306-1309.

ПРОИЗВОДНЫЕ 1,1,2,2-ТЕТРАЦИАНОЦИКЛОПРОПАНА С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ГРУППАМИ

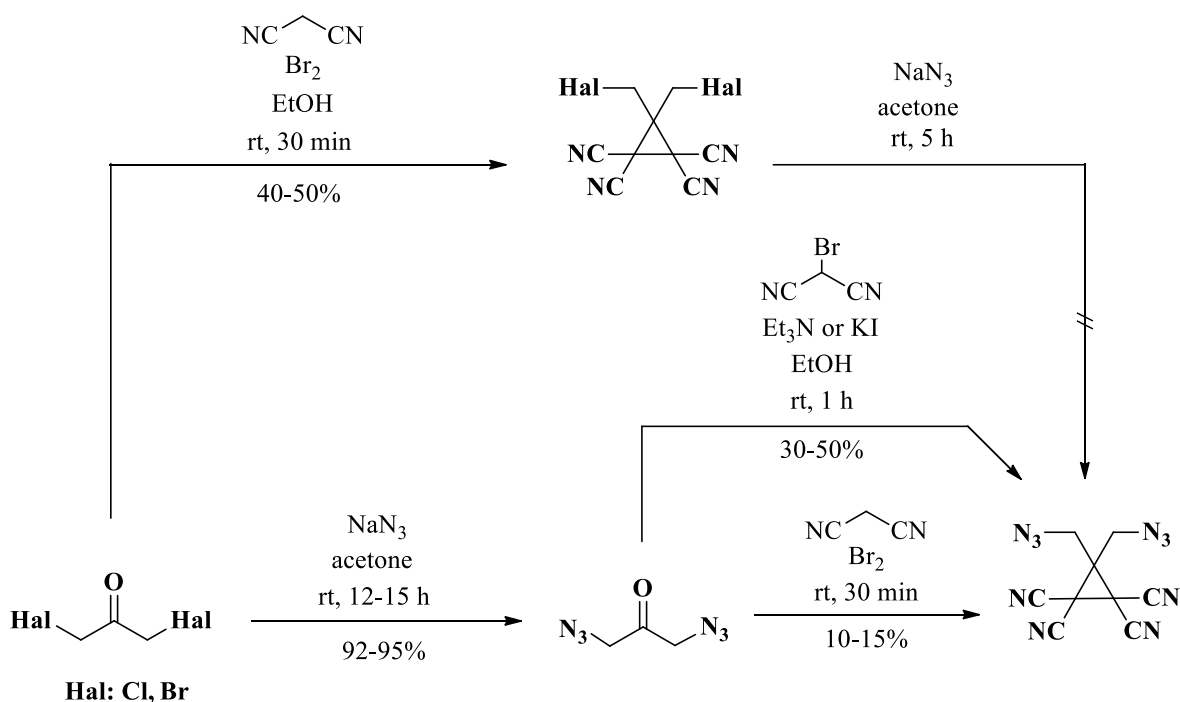
Аюпов Р.Р., Малкина Д.А., Шереметев А.Б.

Институт органической химии им Н.Д. Зелинского РАН

rus0911au@gmail.com

Химии циклопропанов и их производных привлекает внимание исследователей благодаря уникальной реакционной способности, а также потенциалу для создания новых функциональных материалов. Наличие напряжённого трёхчленного цикла обеспечивает повышенный запас энергии в молекулах и, в сочетании с заместителями, позволяет контролировать их стабильность.

Настоящая работа посвящена разработке методов синтеза функциональных производных циклопропана, которые могут быть использованы в качестве строительных блоков в целенаправленном синтезе. Некоторые из изученных реакций представлены на схеме.



Строение всех продуктов доказано ^1H , ^{13}C и ^{14}N ЯМР, ИКС, масс-спектрометрией и элементным анализом.

СИНТЕЗ *PUSH-PULL* ХРОМОФОРОВ НА ОСНОВЕ ТРИАЗОЛОПИРИМИДИНА, ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ОПТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Бакиев А.Н.^{1, 2}, Шкляева Е.В.², Рубанов А.В.², Старикова Н.Д.^{1,2}

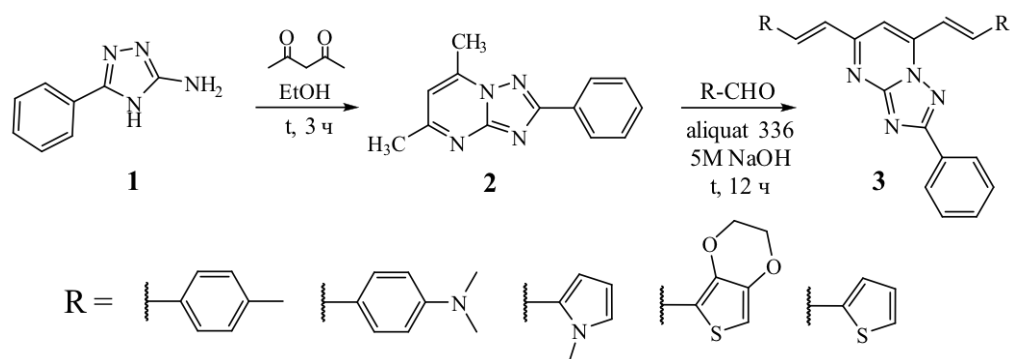
¹«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

artur.bakiev_91@mail.com

Большой интерес, проявляемый в последние годы к синтезу и исследованию физико-химических свойств гетероаннелированных пиримидинов [1], в первую очередь, связан с тем, что эти гетероциклы обладают сильным π -дефицитным характером, что позволяет использовать их производные для создания соединений с заранее заданными фотофизическими свойствами, в частности, соединений, в которых эти гетероциклические фрагменты объединены в одну π -сопряженную систему с различными электронодонорными фрагментами с помощью π -сопряженных спейсеров различной природы. Кроме того, электроноакцепторный характер пиримидинового ядра можно усилить, задействовав неподелённые электронные пары атомов азота для протонирования, комплексообразования или образования водородных связей, что также может улучшить способность этих гетероциклов к транспортировке электронов в биполярных материалах [2]. Как результат, гетероаннелированные пиримидины находят всё большее применение в качестве основных компонентов материалов, используемых для OLED, сенсоров, органических солнечных элементов и др.

Нами синтезирована серия пиримидин-содержащих *push-pull* хромофоров 3 с использованием конденсации исходного 7,7-диметил-2-фенил-[1,2,4]триазоло[1,5-*a*]пиримидина 2 с различными ароматическими и гетероароматическими альдегидами в условиях межфазного катализа, исследованы их фотовольтаические свойства.



1. Kolyadina *et al.*, Tetrahedron, 2026, Vol. 193, P. 135153.
2. R. Wang *et al.*, Dyes and Pigments, 2023, Vol. 208, P. 110808.

СИНТЕЗ 2,3-СЕКОПРОИЗВОДНЫХ ЛУПАНА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПО АТОМУ С(28) 1,2,3-ТРИАЗОЛЬНЫМ ЛИНКЕРОМ

Башкирова А.Р., Глушков В.А.

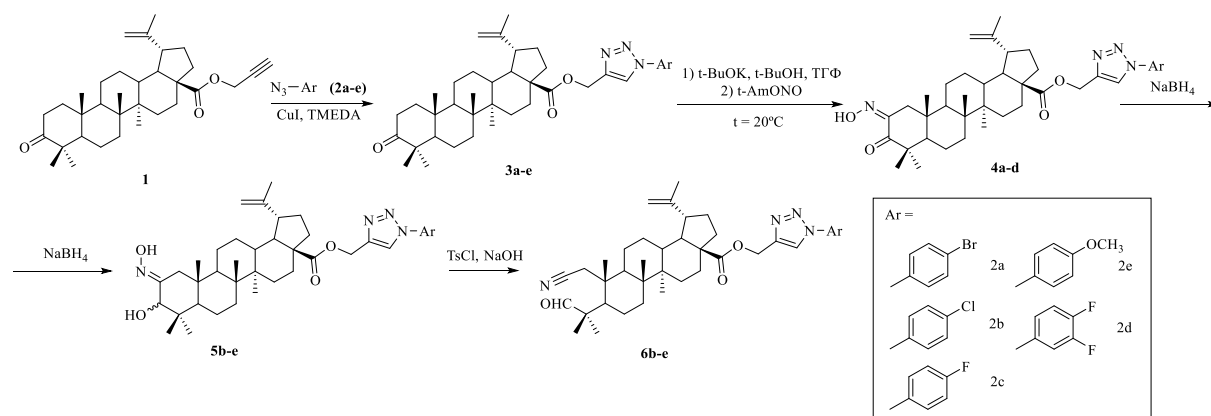
«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

Annakotejkina@gmail.com

Тритерпеноиды — ценные природные соединения в медицинской химии: они отличаются широким спектром биологической активности и поддаются разнообразной химической модификации. Исследования демонстрируют, что добавление триазольного кольца заметно усиливает цитотоксические свойства производных тритерпеноидов — это открывает возможности для создания инновационных препаратов против опухолей [1]. Помимо этого, данные соединения обладают противовирусной, противотуберкулезной и антибактериальной активностью [2].

В рамках работы по поиску новых биологически активных веществ были получены конъюгаты тритерпеноидов с различными арильными группами. Для введения триазольного кольца в положение С(28) была применена реакция клик-химии. Далее проводились последовательные реакции восстановления и раскрытия цикла А с образованием соответствующих 2,3-секо-производных тритерпеноидов.

Структура синтезированных соединений подтверждена данными одномерной и двумерной ЯМР-спектроскопии.



ЛИТЕРАТУРА

1. Popov S.A., Qi Z., Yang G., Wang C., Semenova M.D., Shpatov A.V., Shults E.E., *Chem. Nat. Comp.*, **2025**, 61, 96-103.
2. Wei G., Sun J., Hou W., Luan S., Wang S., Cui S., Cheng M., Liu Y., *Eur. J. Med. Chem.*, **2018**, 157, 759 – 772.

Работа выполнена в рамках Государственного задания: номер государственной регистрации темы № 124021400012-1.

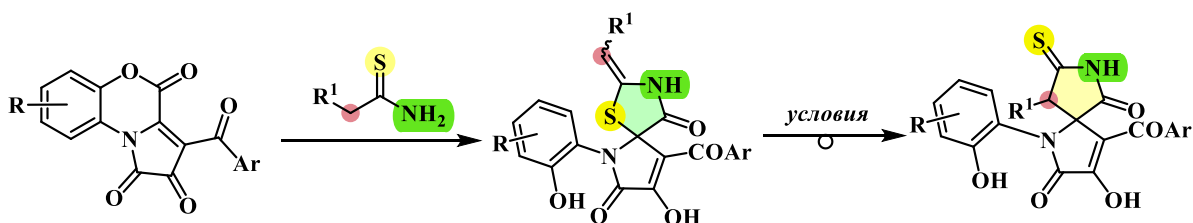
ОБРАЗОВАНИЕ ТИАЗОЛИДИНОВ И ПИРОЛЛИДИНОВ НА ПРИМЕРЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ 3-АРОИЛ-1H-ПИРРОЛО[2,1-С][1,4]БЕНЗОКСАЗИН-1,2,4- ТРИОНОВ С α -СН ТИОАМИДАМИ

Блинов Д.И., Кобелев А.И., Масливец А.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

kai1993@psu.ru

Псевдотиогидантоин–тиогидантоиновая перегруппировка изучена на примере реакции 3-ароилпирроло[2,1-с][1,4]бензоксазин-1,2,4-трионов с тиомочевинами [1]. Нами обнаружена схожая тиазолидин-пироллидиновая перегруппировка, по нижеописанной схеме, которая на данный момент мало изучена [2,3].



В докладе будет говориться о зависимости полученных продуктов от условий проведения реакций.

Библиографический список

1. Kovelev A. I. Facile regiodivergent synthesis of spiro pyrrole-substituted pseudothiohydantoins and thiohydantoins via reaction of [e]-fused 1H-pyrrole-2,3-diones with thiourea. / Koblelev, A. I., Tretyakov, N. A., Stepanova, E. E., Dmitriev, M. V., Rubin, M., & Maslivets, A. N. // Beilstein journal of organic chemistry — 2019 — Vol. 15. — №1 — P. 2864-2871. DOI: 10.3762/bjoc.15.280
2. Zaleska B. Polycarbonyl-Heterocyclen, 3. Mitt.: Synthese von 2,3-Furandion-Derivaten durch Ringtransformation von Thiazolidin-4,5-dion-Derivaten. / Zaleska B. // Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly — 1986 — Vol. 117. — P.671-678. DOI: 10.1007/BF00817904
3. Zaleska B. Polycarbonyl heterocyclics. [V]. Synthesis of pyrrolo [3,4-c] pyridine and Furo [3,4-c]-pyridine derivatives by the Ring Transformation of Thiazolidine-4-on Derivatives / Zaleska B. // Journal für Praktische Chemie — 1987 — Vol. 329. — №5 — P.787-792. DOI: 10.1002/prac.19873290506

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В ТАБЛЕТИРОВАННОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЕ НОВОГО НЕОПИОИДНОГО АНАЛЬГЕТИКА

Быкова Т.А., Никулин А.В., Кенжегулова А.А., Фомина Ю.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени

В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов

tatyana-bykova-2015@mail.ru

В настоящее время активно изучается новая отечественная активная фармацевтическая субстанция (АФС) синтетического происхождения 6-(3,3-диметил-3,4-дигидроизохинолин-1-ил)аминогексановой кислоты (G-104) [1]. Ранее на базе Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского для данной АФС была разработана лекарственная форма – таблетки, 200 мг [2]. Обеспечение качества лекарственного препарата требует тщательного продуманного подхода с учетом всех критических параметров на лабораторном этапе фармацевтической разработки. Критическим параметром при производстве таблеток является характеристика таблеточной массы, поэтому разработка и валидация методики количественного определения АФС представляет собой важную стадию разработки новых лекарственных препаратов.

В настоящей работе представлены результаты разработки методики количественного определения АФС «G-104» в таблеточной массе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Разработанная методика валидирована по показателям специфичность, линейность, повторяемость, промежуточная прецизионность, правильность и робастность в соответствии с требованиями нормативной документации. По результатам валидации установлено, что методика анализа субстанции «G-104» в составе таблеточной массы методом ВЭЖХ может быть использована для оценки качества препарата «G-104, таблетки, 200мг».

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России, рег. № ЕГИСУ НИОКТР 125061607031-8.

1. С.А. Астафьева, Г.П. Вдовина, А.А. Горбунов и др. // Патент РФ № 2648445 С1. 2018.

2. Разработка состава и технологии таблетированной лекарственной формы нового неопиоидного анальгетика / А. А. Кенжегулова, Ю. А. Фомина, О. А. Кенжегулов, Т. Ю. Калюта // Современные синтетические методологии для создания лекарственных препаратов и функциональных материалов: Сборник тезисов IX Международной научно-практической конференции, Пермь, 2025. – С. 92. – EDN SRDNIT.

СИНТЕЗ БИЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ АЗАБИЦИКЛО[4.1.0]ГЕПТАНА НА ОСНОВЕ α -ЗАМЕЩЕННЫХ ЦИКЛОГЕКСАНОНОВ

Важенин Б.В., Голованов А.А.

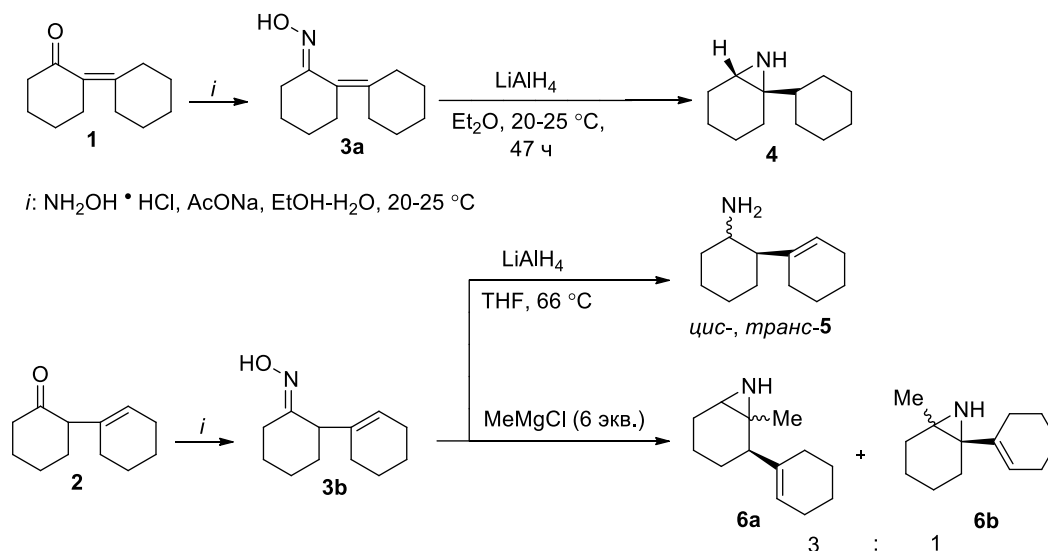
Тольяттинский государственный университет, 445020, Самарская область, г.

Тольятти, ул. Белорусская, д. 14,

pan.bogdan2017@yandex.ru

Изучение реакционной способности бициклических продуктов автоконденсации циклогексанона **1,2** в синтезе азотсодержащих соединений является актуальной задачей на пути квалифицированного использования побочных продуктов различных видов переработки и хранения циклогексанона [1].

Реакции внутримолекулярной циклизации оксимов **3** представляют значительный интерес в синтезе биологически-активных азиридинов.



Показано, что бициклический азабицикло[4.1.0]гептан **4** может быть стереоселективно получен восстановлением оксима **3a** LiAlH_4 в мягких условиях. Однако изомерный оксим **3b**, восстанавливается с получением смеси первичных аминов *цис*-, *транс*-**5**. Так, переход оксима **3a** к конденсированному азиридинам, осуществлялся путем взаимодействия последнего с реактивом Гриньяра. В результате получена смесь региоизомерных **6a,6c** хорошим выходом (72%) и преимущественным образованием структуры **6a**, что объясняется стерическим вкладом циклогексенильного заместителя.

Литература

1. Важенин Б.В., Цветкова И.В., Вологжанина А.В., Гусев Д.М., Голованов А.А. *Изв. АН. Сер.хим.* **2026**, 75, 1131–1138..

НОВАЯ СХЕМА КОНЬЮГАЦИИ ФОРМИЛХЛОРИДА С ГЛУТАТИОНОМ В МЕТАБОЛИЗМЕ ДИХЛОРМЕТАНА

Варфоломеева В.В., Терентьев А.В.

Самарский университет, Самара

varf2@ssau.ru

Для объяснения ~20–30% дефицита в балансе $\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{CO}$, наблюдаемого *in vivo*, предложена новая схема, в которой метаболизм формилхлорида (CHClO) в организме человека протекает по конкурирующим путям: первый – гидролиз, приводящий к образованию CO и второй – конъюгация CHClO с глутатионом (GSH) с образованием N-формил GSH , а не S-формил GSH , как предполагалось ранее. Для идентификации конкурирующих путей реакции использованы методы DFT и связанных кластеров DLPNO-CCSD(T)/def2-TZVPPD// ω B97M-D4/def2-TZVPPD. Получены данные о реакционной способности всех функциональных групп глутатиона (NH_2 , NH , OH , COOH , SH) по отношению к CHClO . Расчёты свободной энергии активации $\Delta G^\ddagger$, относительной свободной энергии предреакционных комплексов G_{rel} и свободной энергии реакции $\Delta_r G$ показали, что взаимодействие по NH_2 -группе выгодно кинетически и термодинамически. N-формил GSH более стабилен, чем S-формил GSH ($\Delta G = 45,2$ кДж/моль), что способствует его накоплению в организме, особенно при повышенных концентрациях CH_2Cl_2 . Каждая его молекула образуется при безвозвратном расходовании GSH . Процессы, приводящие к образованию N-формил GSH , имеют отношение к изменению уровня карбоксигемоглобина (COHb).

COHb в настоящее время используется как интегральный маркер экспозиции CH_2Cl_2 , отражающий суммарное количество образовавшегося в результате метаболизма CO . Однако этот подход не учитывает альтернативный путь конъюгации CHClO с GSH , который снижает выход CO и, следовательно, искажает оценку реальной метаболической нагрузки при высоких концентрациях, особенно при повторных воздействиях CH_2Cl_2 .

Мы объяснили наблюдаемые низкие уровни COHb при высоких уровнях CH_2Cl_2 и, наоборот, высокие уровни COHb при истощении GSH . До настоящего времени стандарты гигиены, основанные на образовании COHb , применялись преимущественно при низких концентрациях CH_2Cl_2 , когда преобладает путь цитохрома P450 (CYP2E1). Наши результаты обосновывают пересмотр подходов к гигиеническому нормированию и классификации опасности CH_2Cl_2 .

СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ КОНЬЮГАТОВ КАМПТОТЕЦИНА С СТЕРОИДАМИ И ТРИТЕРПЕНОВЫМИ КИСЛОТАМИ

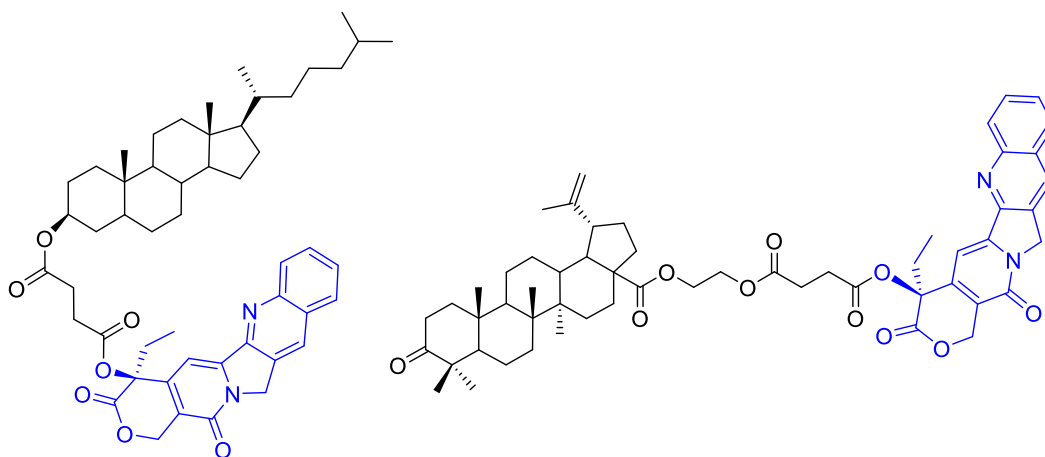
Чобанов Н.М.¹, Вахнин К.О.², Логунов С.Е.¹, Дьяконов Г.В.¹, Джемилева Л.У.¹,
Дьяконов В.А.¹

¹Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва

²Институт физиологически активных веществ ФИЦ проблем химической физики и
медицинской химии РАН, Черноголовка

dyakonovva@ioc.ac.ru

Клиническое применение противоопухолевого алкалоида камптотецина (СРТ) ограничено высокой системной токсичностью, низкой растворимостью и нестабильностью активной лактонной формы. Эффективным решением проблемы является конъюгация СРТ с биомиметическими липидными векторами (стероидами и тритерпеноидами), к которым опухолевые клетки проявляют повышенную метаболическую потребность. Синтезирована серия гибридных молекул СРТ, связанных с природными носителями через сукцинатные или этиленгликолевые спейсеры. *In vitro* скрининг на восьми опухолевых линиях человека показал высокую цитотоксичность всех гибридов в субмикромольном диапазоне концентраций ($CC_{50} = 0.275\text{--}1.193\text{ мкМ}$).



Соединениями-лидерами признаны конъюгаты на основе холестерина и бетулина. Методом проточной цитофлуориметрии установлено, что новые вещества блокируют клеточный цикл в S-фазе и запускают программу апоптоза. Подтверждено прямое ингибирование каталитической активности топоизомеразы I человека.

Литература

1. Chobanov N.M., Vakhnin O.K., Logunov S.E. et al. Novel Camptothecin-Based Lipid Conjugated with Steroids and Triterpene Acids: Enhanced Cellular Uptake and Topoisomerase I Inhibition // *Pharmaceutics*. - 2026. - Vol. 18, No. 7. - P. 867

СИНТЕЗ 3-АЦИЛ-4-ПИРИДОНОВ И ПОЛУЧЕНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Викторова В.В., Обыденнов Д.Л., Сосновских В.Я.

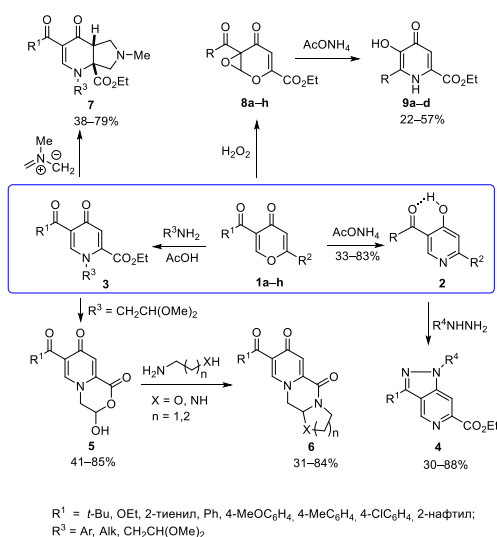
Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Viktoria.Viktorova@urfu.ru

4-Пиридоны широко применяются в медицинской химии для разработки новых биоактивных молекул, однако, методы функционализации данного гетероциклического фрагмента ограничены из-за его низкой реакционной способности. Настоящая работа посвящена активированным 4-пиридонам, которые содержат в положении С-3 ацильный заместитель, а для их получения были использованы превращения 5-ацил-4-пиранов **1a–h** аминами.

N-Незамещенные 4-пиридоны **2** проявляют лабильную таутомерию, что определяет их способность вступать в широкий круг реакций. Так, на основе внутримолекулярного аминирования 5-ацил-4-пиридонов **2** под действием гидразинов был разработан новый региоселективный метод синтеза 5-азаиндазолов **4**. Другая возможность для аннелирования включает превращения пиридоморфолинонов **5** под действием динуклеофилов, в результате чего происходит формирование трициклического углеродного скелета **6**.

Реакция с *N*-замещенными 5-ацил-4-пиридонами **3** в присутствии азометинилидов приводит к синтезу пирроло[3,4-с]пиридинов **7**. При эпексидировании 4-пиранов **1a–h** и взаимодействии с ацетатом аммония реакция приводит не к ацилпиридонам, а к 3-гидрокси-4-пиридонам **9a–d**.



Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 22-73-10236-П.

НОВЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ СПИРОПИРРОЛИНОВ ПОСРЕДСТВОМ Fe(II)-КАТАЛИЗИРУЕМОЙ СПИРОЦИКЛИЗАЦИИ

Вшивков Д.К.^{1,2}, Ожегов Н.А.¹

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

²Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского, УрО РАН, Екатеринбург

danil.vshivkov@psu.ru

Разработка эффективных методов построения спироаннелированных азотсодержащих систем является актуальной задачей современной органической химии. В работе предложен одnoreакторный подход к синтезу спиропирролинов непосредственно из 2-(2-ацилвинил)пирролов, включающий последовательное протекание нескольких стадий без выделения промежуточных соединений.

Показано, что использование хлорида железа(II) обеспечивает протекание превращения в мягких условиях с высокой селективностью. В результате получены спироаннелированные продукты с выходами до 90 %.

Таким образом, разработанный Fe(II)-катализируемый одnoreакторный подход позволяет осуществлять формирование спиропирролинового каркаса непосредственно из 2-(2-ацилвинил)пирролов без выделения промежуточных продуктов и расширяет синтетический инструментарий для получения функционализированных азотсодержащих гетероциклов.



Схема 1.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№0750-2020-0022)

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ ЛУПАНОВОГО И ОЛЕАНАНОВОГО ТИПА С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ

Галайко Н.В.¹, Конин И.С.^{1,2}, Гришко В.В.¹

¹«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

²Пермский национальный политехнический университет, Пермь

natagalaiko@natagalaiko.ru

Пентациклические тритерпеноиды, такие как бетулин и его производные, обладают широким спектром биологической активности, однако их терапевтическое применение ограничено крайне низкой растворимостью в биологических жидкостях. Перспективным подходом к решению данной проблемы является использование амфифильных циклодекстринов (ЦД) – циклических олигосахаридов, способных усилить биодоступность, растворимость и стабильность гидрофобных лекарственных молекул путем инкапсуляции.

В работе изучены комплексы включения цитотоксичных в отношении раковых клеток полусинтетических тритерпеноидов – 2,3-секопроизводного бетулина с фрагментом оксадиазолина [1] и олеананового метилизоксазола [2] – с β -ЦД, 2-гидроксипропил- β -ЦД, метил- β -ЦД и 2-гидроксипропил- γ -ЦД. Комплексы включения получены методом замешивания в эквимольном соотношении. Образование комплексов подтверждено методами ИК-спектроскопии и термогравиметрического анализа. Методом Хигучи–Коннора в фосфатном буфере установлена линейная зависимость концентрации тритерпенового субстрата от концентрации используемого ЦД, что свидетельствует о стехиометрии 1:1. Экспериментально подтверждено, что инкапсуляция ЦД способствует повышению растворимости исследуемых гидрофобных тритерпеноидов в водных растворах. При этом полученные комплексы демонстрируют заметное увеличение цитотоксической активности. Данный подход может быть использован для разработки новых противоопухолевых агентов на основе тритерпеноидов с гетероциклическим фрагментом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания № 124021400012-1

Список литературы

1. V.V. Grishko, I.A. Tolmacheva, N.V. Galaiko, A.V. Pereslavceva, L.V. Anikina, L.V. Volkova, P.A. Slepukhin. // *Eur. J. Med. Chem.* **68** (2013), 203-211.
2. N.V. Galaiko, A.V. Nazarov, I.A. Tolmacheva, P.A. Slepukhin, Y.B. Vikharev, O.A. Maiorova, V.V. Grishko // *Chem. Heterocycl. Compd.* **50**(2014), 65-75.

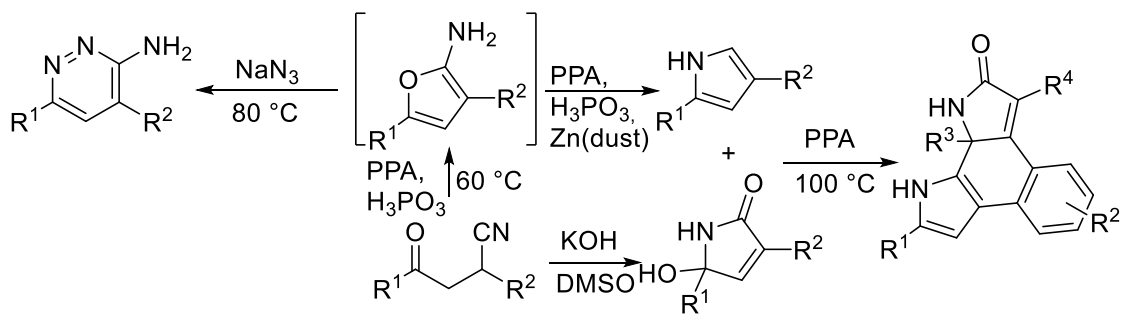
3,5-ДИАРИЛФУРАН-2-АМИНЫ В СРЕДЕ ПФК, КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕАГЕНТ В СИНТЕЗЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Галушко Т.С., Аксенов Д.А., Аксенов А.В., Гаркуша Д.С., Аксенов Н.А.,
Арутюнов Н.А.

Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, Россия, Ставрополь,
ул. Пушкина, д.1а.

daksenovncfu@gmail.com

В нашей лаборатории был продемонстрирован подход к получению 3,5-ариламинофуранов в среде полифосфорной кислоты. По сравнению с известными методами синтеза этих гетероциклических систем, наш не требует наличия акцепторных заместителей в положении 4 фурана, что значительно расширяет возможности для дальнейших превращений. Модификация среды ПФК путем добавления восстановителей, позволяет получать 2,4-диарилзамещенные производные пиррола, которые являются важными билдинг-блоками в синтезе более сложных структур с различной биологической активностью, а также в синтезе органических флуорофоров. Этот специфический тип замещения преимущественно используется для синтеза производных BODIPY, которые нашли применение в качестве электроактивных веществ для однокомпонентных проточных редокс-батарей. Также данный метод позволил получить ряд ранее неизвестных флуорофоров – производных 3,9,10*b*-триарил-10,10*b*-дигидробензо[*e*]пирроло[3,2-*g*]индол-2(1*H*)-онов. Добавление в реакционную среду после образования аминофурана азид натрия позволило получить производные 4,6-диарилпиридазин-3-аминов, которые демонстрируют широкий спектр биологической активности, включая антимикробное, противоопухолевое, противовоспалительное и нейропротекторное действие.



Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-73-00063, <https://rscf.ru/project/25-73-00063/>

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ МАЛОТОННАЖНОЙ ХИМИИ

Гармонов С.Ю., Горюнова С.М., Мирзаянов И.И.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань

serggar@mail.ru

В настоящее время приоритетное развитие получают отечественные отрасли малотоннажной химии. При этом необходимым является формирование полного цикла производства целевых веществ, включающих получение сырья, полупродуктов и выпуск конечной продукции, что позволит восполнить их критическую потребность при высокой наукоемкости. Ряд производств, относящихся к малотоннажной химии, включены в состав проектов технологического суверенитета и импортозамещения критической химической продукции, в рамках которых выпускаются и активные фармацевтические ингредиенты, которые являются ключевыми компонентами, от которых зависит качество и доступность лекарственных средств, а также развитие ряда отраслей.

Рассмотрена концепция обеспечения качества биологически активных продуктов и применение системного подхода, предусматривающего комплексную оценку их свойств и процесса ее производства, разработку эффективных способов по контролю качества готовой продукции, а также процесса их производства, использовании методов и средств управления качеством, системы оценки рисков для качества. Изложены необходимые исследования и действия при разработке на всех этапах жизненного цикла химических продуктов с точки зрения обеспечения их высокого качества. Анализируются основные требования международных и отечественных стандартов к разработке, обеспечению качества, реализации выпуска и прекращению производства активных фармацевтических ингредиентов. Обсуждаются подходы по разработке норм качества, оценке критических свойств продукции и процесса ее производства; использовании статистических и хемометрических методов управления качеством и валидации всех процессов; системы оценки рисков для качества; применимости эффективных способов по избирательному и чувствительному контролю качества готовой продукции и процесса ее производства.

Публикация осуществляется в рамках проекта «Методология обеспечения качества малотоннажной и среднетоннажной химической продукции», реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей 2025/2026 Стипендиальной программы Владимира Потанина.

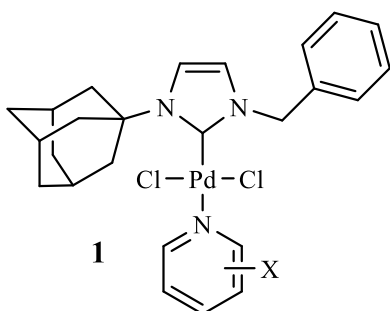
РАЗВИТИЕ ХИМИИ РЕППСИ-КОМПЛЕКСОВ В ИТХ УрО РАН ПФИЦ

Ермакова Л.С., Глушков В.А.

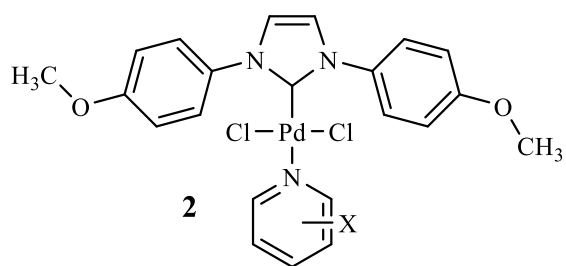
«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

glusha55@gmail.com

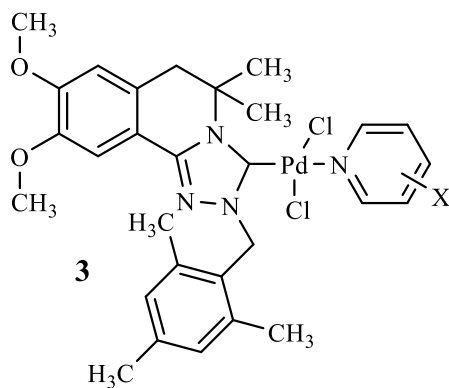
РЕППСИ-комплексы палладия(II) (Pyridine Enhanced Precatalysts: Preparation, Stabilization and Initiation) – особый класс N-гетероциклических карбеновых металлокомплексов с дополнительным азотсодержащим лигандом. Чаще всего в качестве лиганда выступает пиридин и замещенные пиридины. За последние годы нами получено несколько рядов таких комплексов, представленных ниже на рисунке.



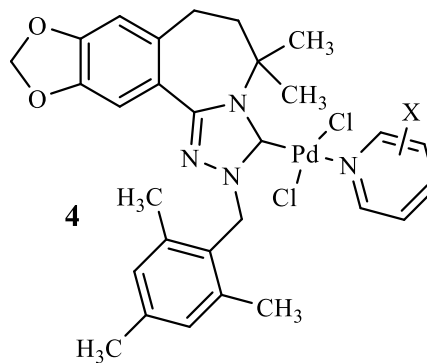
V. Glushkov et al., Chem. Het. Comp., 2019, V. 55, P. 217



В.А. Глушков и др., Журнал неорганической химии, в печати



Ермакова Л.С. и др. Известия РАН, сер. хим. 2024, Т. 73, С. 1072.



Комплексы типа **1** катализируют реакции арилирования замещенных тиофенов и имидазолов; комплексы **3** обладают цитотоксической активностью на линиях A549 и HCT116, сравнимой с активностью препарата сравнения (камптотецин). Комплексы типа **2** и **4** обладают умеренной цитотоксической активностью. В докладе будут представлены данные о синтезе и биологической активности новых РЕППСИ-комплексов.

Работа выполнена в рамках госзадания, тема № 124021400012-1.

2-(9H-КСАНТЕН-9-ИЛ)-О-АЛКИЛГИДРАЗИНКАРБОТИОАТЫ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Горохов В.Ю.¹, Гусев В.Ю.¹, Полюдова Т.В.², Заболотных С.А.¹

¹«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

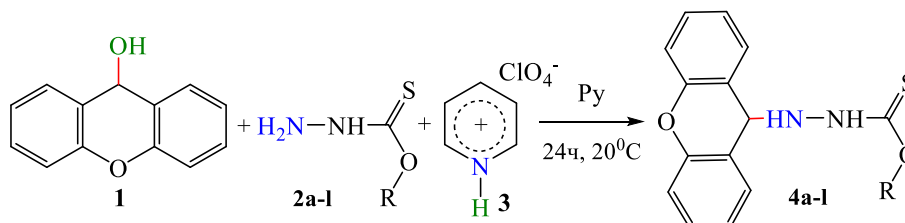
²«Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН –

филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

gorokhov.V.Yu@mail.ru

В последнее время наблюдается большой интерес к синтезу новых фармакофорных соединений содержащих фрагмент ксантена (дибензопирана), обладающих разнообразной биологической активностью [1-3].

В работе показана возможность взаимодействия 9H-ксантен-9-ола **1** с O-алкилгидразинкарботиоатами **2a-l** в присутствии перхлората пиридиния **3** с образованием 2-(9H-ксантен-9-ил)-O-алкилгидразинкарботиоатов **4a-l**. Изучена их устойчивость в кислой среде и в растворе 96%-го этанола.



Установлено, что 2-(9H-ксантен-9-ил)-O-алкилгидразинкарботиоаты обладают антиоксидантной активностью, которая превосходит или находится на уровне препарата сравнения – аскорбиновой кислоты. Полученные соединения также проявляют антибактериальную активность. Наибольшую активность они проявляют по отношению к мембранным бактериям *Mycobacterium smegmatis* ² 155: МИК – 3.9 мкг/мл, МБК – 7.8 мкг/мл.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 124020500033-8.

1. M. Abualhasan, M. Hawash, S. Aqel, M. Al-Masri, A. Mousa, L. Issa // ACS Omega. (2023). 41. 38597.
2. M. A. Bhat, A. M. Naglah, S. Akber Ansari, H. M. Al-Tuwajiria, A. Al-Dhfyhan // Molecules. (2021). 26. 3667.
3. E. Thankarajan, D. Walunj, A. Bazylevich, C. Prasad, A. Hesin, L. Patsenker, G. Gellerman // Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. (2022). 37. 102722.

СИНТЕЗ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ОЛИГОМЕРА КАК АКТИВНОГО КОМПОНЕНТА ЗАМАСЛИВАТЕЛЯ ПАН ПРЕКУРСОРА, ПОВЫШАЮЩЕГО ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

Горшкова К.А.¹, Кузнецова М.Г.¹, Стороженко П.А., Фокин Д.С.², Свистунов Ю.С.²

¹ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС», Москва

²АО «ЮМАТЕКС», Москва

ksusha200694@mail.ru

Для улучшения прочности углеродного волокна был разработан компонент замасливателя – аминосилоксановый олигомер. Олигомер получили путем многостадийной гидролитической поликонденсации алкоксисилана, содержащего аминогруппы, с α, ω -дигидроксисилоксаном в присутствии основного и кислого катализаторов. После нейтрализации реакционной массы был выделен целевой олигоаминосилоксан химическим строением и физическими свойствами, которые обеспечили его равномерное распределение по волокну ПАН.

Полученное соединение было проанализировано методом ЯМР-спектроскопии.

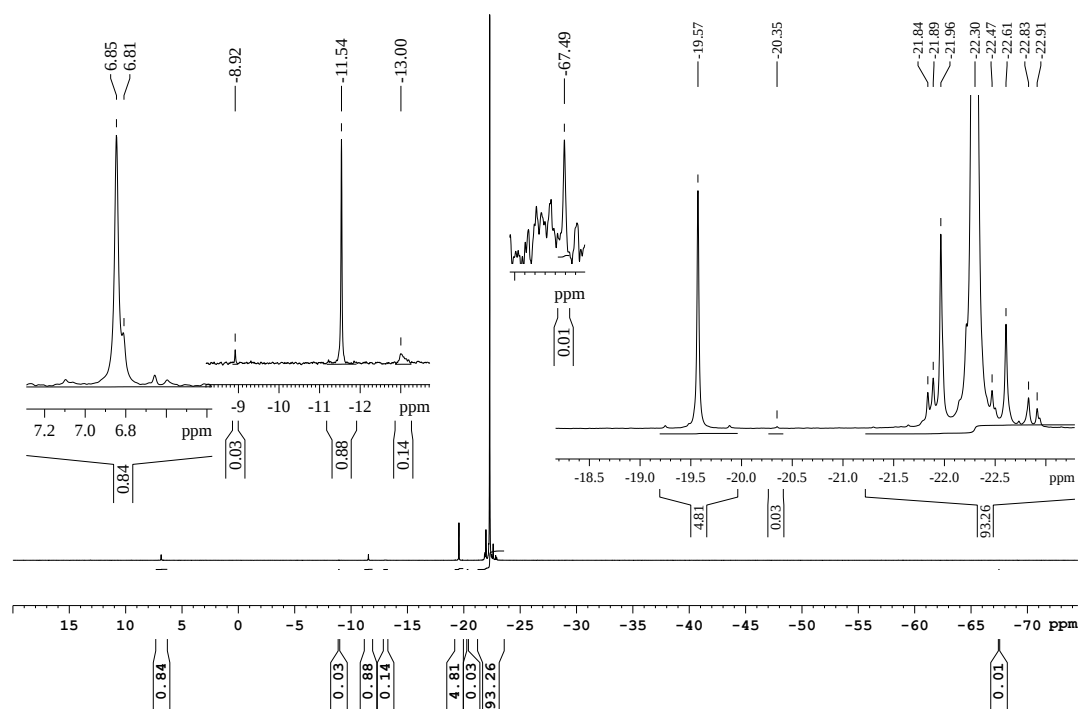


Рис. 1. ²⁹Si спектр в дейтерохлороформе (CDCl₃) на спектрометре AVANCE-600. Химические сдвиги приведены относительно тетраметилсилана.

На основе полученного аминосилоксана была разработана прямая эмульсия типа «масло-в-воде». Экспериментально подтверждено, что предложенная кремнийорганическая эмульсия превосходит по эффективности импортный аналог на 15% (производства Takemoto Oil & Fat Co., LTD.).

КИСЛОТНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ СИНТЕЗА 1,5-БЕНЗОДИАЗЕПИНОВ

Гостев Н.С.^{1,2}, Андрейков Е.И.^{1,2}, Чистяков К.А.¹ Первова М.Г.¹

¹Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, Екатеринбург

²АО «ВУХИН», Екатеринбург

cc@ios.uran.ru

Использование твердых кислотных катализаторов для проведения катализируемых кислотами реакций органического синтеза обладает такими преимуществами, по сравнению с использованием для этой цели минеральных кислот, как легкость выделения катализатора из реакционной среды и возможность его повторного использования. В качестве кислотных твердых катализаторов широкое применение нашел пористый углерод, высокая кислотность поверхности которого обычно достигается модифицированием, обработкой минеральными кислотами.

Показана возможность получения мезопористого углерода с повышенным содержанием кислородсодержащих функциональных групп без окислительной обработки углеродных материалов или функционализации их кислотами. Для этого композиты ZnO/C, полученные пиролизом глицеролата цинка в интервале 400-750°C, обрабатывались соляной кислотой для удаления ZnO. Полученные образцы углерода имели удельную поверхность в интервале 930-1200 м²/г, объем пор 2,5-3,2 см³/г и долю мезопор более 97%. Общее содержание кислотных группировок в виде карбоксильных, лактонных и фенольных групп, определенное методом титрования по Боэму, зависит от температуры получения композита ZnO/C и находится в пределах 1700-2700 мкмоль/г. На примере реакции циклоконденсации о-фенилендиамина с ацетоном с образованием 1,5-бензодиазепина показано, что сочетание мезопористых свойств и высокой кислотности обеспечивает значения активности и селективности по целевому продукту, сравнимые с литературными данными для модифицированных углеродных катализаторов[1]. Также показана возможность использования полученных катализаторов для других реакций, например, синтеза солкетала из глицерина и ацетона (конверсия глицерина 69%, селективность по солкеталу 92%).

Библиографический список

1. Godino-Ojer M. et al. Acidic porous carbons involved in the green and selective synthesis of benzodiazepines //Catalysis Today. – 2020. – Т. 357. – С. 64-73.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания (тема № гос. рег. 124020500039-0)

Тi-КАТАЛИЗИРУЕМОЕ ЦИКЛОМАГНИРОВАНИЕ В МОДИФИКАЦИИ ФЕРРОЦЕНСОДЕРЖАЩИХ 1,2-ДИЕНОВ

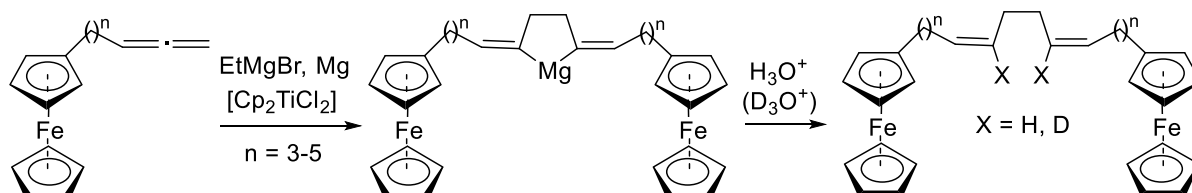
Гребенников Я.Н., Чобанов Н.М., Джемилева Л.У., Дьяконов В.А.

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва

dyakonovva@ioc.ac.ru

Ациклические и циклические 1,2-диены вступают в реакции каталитического циклометаллирования. Получаемые при этом магнийорганические интермедиаты служат универсальными блоками для построения сложных функционализированных систем в полном синтезе широкого спектра биологически-активных природных соединений – высшие диеновые кислоты, ацетогенины, алкинолы, макродиолиды, феромоны насекомых-вредителей. Ранее нами было успешно осуществлено первое межмолекулярное цикломагнирование кислород- и азот-содержащих алленов. В продолжение этих исследований в настоящей работе изучено поведение алленов, содержащих объемный металлоорганический заместитель - ферроценильный фрагмент.

Впервые показано, что ферроценилаллены вступают в реакцию Ti-катализируемого межмолекулярного цикломагнирования (5 мол. % Cp_2TiCl_2 , Et_2O , r.t., 6 ч) с помощью EtMgBr и Mg (акцептор ионов галогена) с формированием соответствующих 2,5-диалкилиденмагнезаацетопентанов с высокими выходами.



Разработанный метод открывает удобный одnoreакторный доступ к новому классу сопряженных систем, перспективных для нужд материаловедения, медицинской химии и катализа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 26-43-00173).

Литература

1. Джемилев У. М., Дьяконов В. А. *Успехи химии*. - 2025. - Т. 94, № 6. - RCR5172.
2. D'yakonov V. A., Dzhemileva L.U., Dzhemilev U. M. *Phytochemistry Reviews*. - 2021. - Vol. 20, No. 1. - P. 325–342.

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ ДИНИТРАМИНОГЛИОКСИМОВ С НИТРОКСИАЛКИЛЬНОЙГРУППОЙ

Гуковская М.В.,^{a,б} Бахметьев И.М.,^{a,б} Виноградов Д.Б.,^a Шереметев А.Б.^a

^aИнститут органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН

^бРоссийский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

marakuya.g@yandex.ru

^бНациональный исследовательский университет "Высшая школа экономики"

В то время, как *N*-нитропроизводные амидов (нитраמידы) широко изучены, их аналоги, *N*-нитроамидоксимы, не известны. Как нитраמידы, так и амидоксимы являются эндогенными донорами NO. Разработка методов синтеза комбинированных молекул, включающих несколько разных функциональных групп, способных генерировать NO в разных условиях, представляет несомненный интерес.

Мы обнаружили, что успешное *N*-нитрование аминоксиминов возможно осуществить после предварительной защиты оксимной группы. Наибольшее внимание в работе уделялось диаминоксиминовым, содержащим при аминоксиминовой гидроксильные заместители. Разработаны условия селективного ацилирования оксимных групп, не затрагивающие спиртовые, если те присутствовали в алкильном фрагменте молекулы. Исследование нитрования ацилированных глиоксиминов позволило получить ряд продуктов, включающих три функциональных фрагмента – оксимная, нитраминная и нитроксигруппы – которые могут являться источником NO. Общая методология синтеза целевых соединений представлена на схеме.

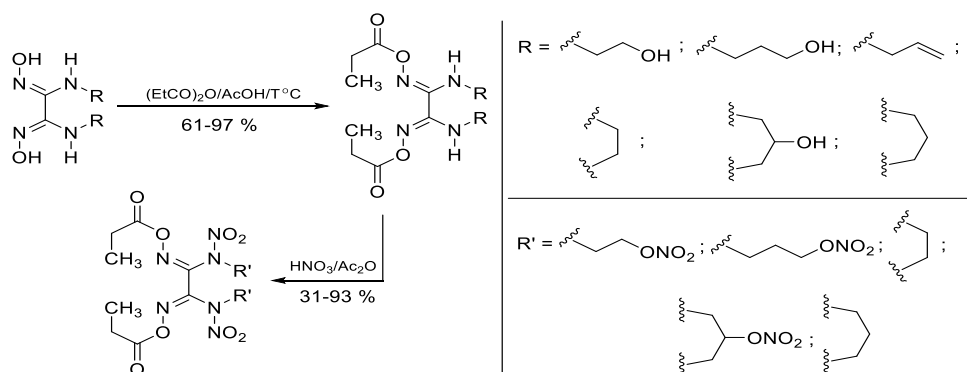


Схема. Синтез ацилированных *N,N'*-дизамещённых динитраминоглиоксиминов.

Состав и строение всех полученных соединений подтверждено элементным анализом (CHN), данными ^1H , ^{13}C и ^{14}N ЯМР и ИК-спектроскопии.

1. В.Г. Граник, Н.Б. Григорьев. *Оксид азота (NO)*. М.: Вузовская книга, 2004.
2. Бахметьев И.М., Виноградов Д.Б., Шереметев А.Б. Синтез 1,2-бис-[*N*-(гидроксиалкил)амино]глиоксиминов и их Ni(II)-координационных соединений, Сборник трудов VI Всероссийской конференции по органической химии, ИОХ РАН, 23-27 сентября 2024, г. Москва.

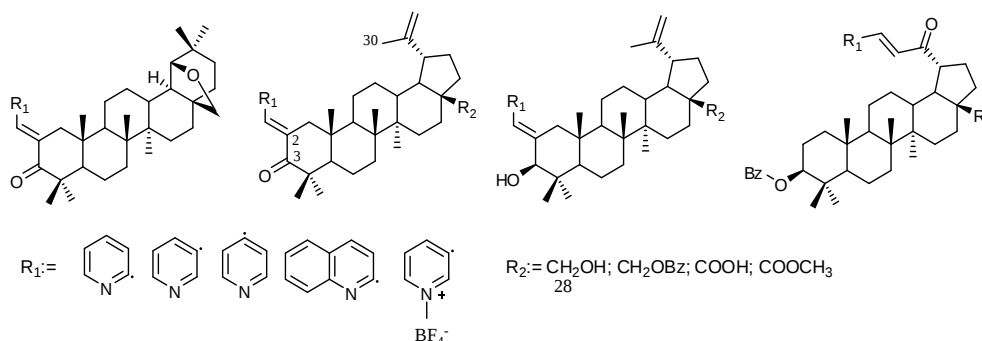
ЦИТОТОКСИЧЕСКИЕ ГЕТЕРОИЛИДЕНЫ ТРИТЕРПЕНОИДОВ

Денисов М.С.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

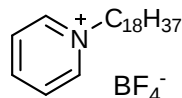
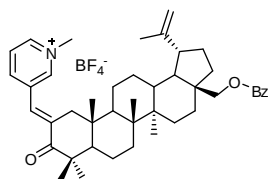
denisov.m@itcras.ru

Синтезирован ряд производных бетулина, модифицированных илиденовым фрагментом в положении С-2 или С-30. Полученные соединения оценены на цитотоксическую активность в отношении раковых клеточных линий НСТ116 (колоректальная карцинома) и А549 (немелкоклеточный рак лёгкого), а также в отношении нормальной клеточной линии НЕК293 (эмбриональные клетки почки человека).



Наиболее выраженной токсичностью обладает пиридиниевая соль, полученная на основе 28-Bz-бетуллона с метилпиридинил-3-илиденом в С-2 положении, активность которой сопоставима с препаратом сравнения доксорубицином и цитотоксически активной C_{18} алифатической пиридиниевой солью.

IC_{50} , $\text{мкмоль} \cdot \text{л}^{-1}$,
для клеточной
линии



доксорубин

А549	2.99 ± 0.11	2.86 ± 0.04	2.04 ± 0.22
НСТ116	3.09 ± 0.06	2.46 ± 0.4	1.30 ± 0.30
НЕК293	4.89 ± 0.91	2.80 ± 0.02	0.40 ± 0.10

Примечательно, что варьирование типа илидена в положении С-2 оказывает слабое влияние на цитотоксическую активность, тогда как перенос илидена в положение С-30 полностью лишает соединение целевой активности. Существенное усиление эффекта наблюдается при наличии $\text{C}(3)=\text{O}$ и OBz группы в С-28.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ темы 124021400012-1).

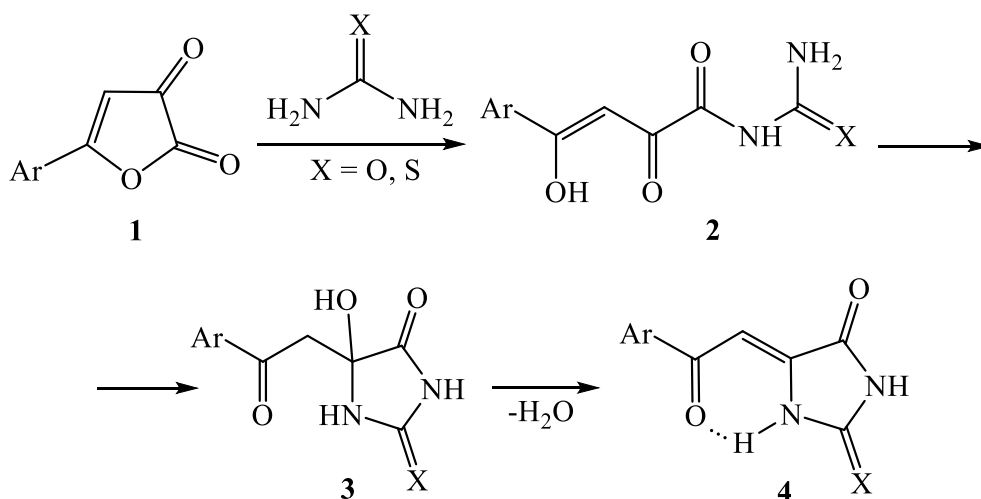
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУРАНДИОНОВ С МОЧЕВИНОЙ И ТИОМОЧЕВИНОЙ

Деревнина А.О., Андреева А.А., Масливец А.Н.

ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Россия, 614990 Пермь, ул. Букирева, 15

derevnina02@mail.ru

При взаимодействии 5-арилфуран-2,3-дионов **1с** мочевинами синтезированы уреиды и тиюреиды ароилпировиноградных кислот **2**, переходящие в растворе в ДМСО- d_6 в соответствующие кольчатые формы **3**, которые при нагревании подвергаются дегидратации до имидазолидинонов **4**.



Структура соединений **2** и **4** подтверждена данными РСА.

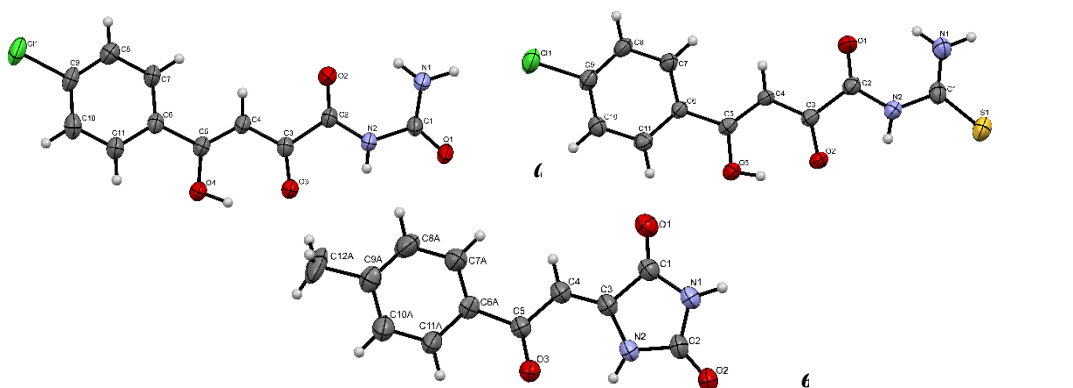


Рисунок 1. Структура соединений **2** ($Ar = 4-ClC_6H_4$, $X = O$ (а), S (б)) и **4** ($Ar = 4-CH_3C_6H_4$, $X = O$ (в)) по данным РСА

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № FSNF-2023-0004).

СИНТЕЗ НОВЫХ ТЕРМИНАЛЬНЫХ ОЛЕАНАНОВЫХ α -ГИДРОКСИЭПОКСИДОВ

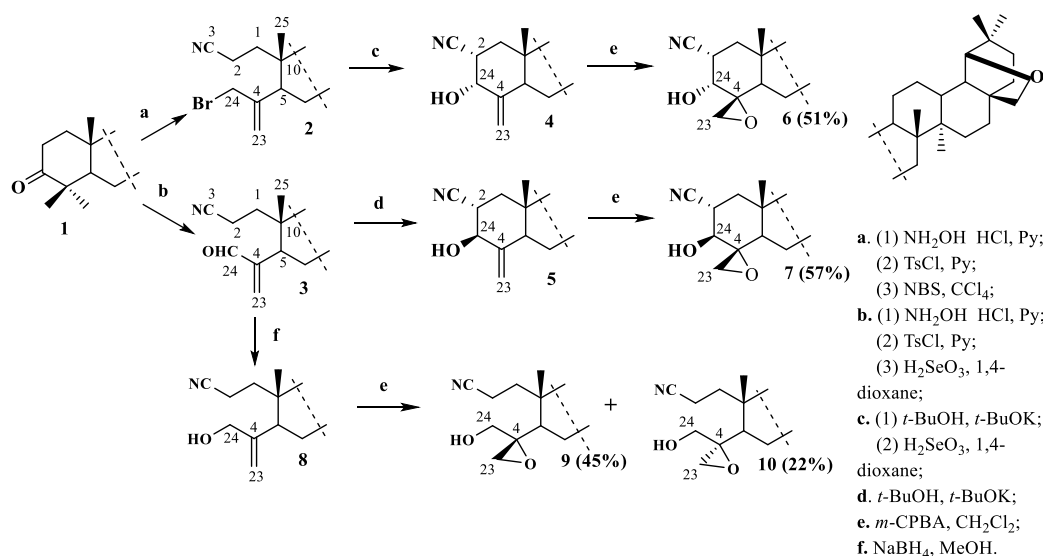
Елхов И.А., Толмачева И.А., Гришко В.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

qwertyngas1@gmail.com

Эпоксидная группа является высокореакционным и удобным строительным блоком в синтезе сложных молекулярных структур с высокой регио- и стереохимией.

Нами показано, что эпоксидирование *m*-CPBA полученных на основе аллобетулона **1** А-циклических (**4**, **5**) и 3,4-секо- (**8**) α -гидрокси-4(23)-алкенов протекало стереоспецифично с образованием 24-изомерных 4 α ,23-эпоксидов (**6**, **7**) [1]. В то же время окисление C(4)=C(23) связи 3,4-секо-производного **8** [2] в условиях реакции Прилежаева приводило к смеси диастереомерных 4,23-эпоксидов. Структуры синтезированных соединений подтверждены методами ИК-, 1D и 2D ЯМР-спектроскопии.



Работа выполнена в рамках Государственного задания: номер государственной регистрации темы №124021400012-1.

Литература

1. I. A. Tolmacheva. Synthesis, cytotoxic evaluation, and molecular docking studies of the semi-synthetic “triterpenoid-steroid” hybrids. / Tolmacheva I. A., Nazarov A. V., Eroshenko D. V., Grishko V. V. // Steroids. – 2018. – Vol. 140. – P. 131-143.
2. J. Klinot, E. Ulehkova, R. Straka, A. Vystřcil, Collect. Czech. Chem. Commun. 1973, 38, 2648–2657

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ 1,4'-БИПИРИДИНИЯ СУЛЬФОНАТОВ

Ерин К.Д., Юрин А.М., Краснокутская Е.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, НИ ТПУ,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.

kde2@tpu.ru

1,4'-бипиридиниевые соли способны реагировать с широким рядом нуклеофилов, что делает их перспективными субстратами для получения биологически активных веществ. В НОЦ Н.М. Кижнера НИ ТПУ получен широкий ряд пиридинилсульфонатов (тозилатов, трифлатов, камфорасульфонов). Целью работы является синтез и исследование свойств ранее неизвестных 1,4'-бипиридиниум сульфонов (тозилатов, трифлатов, камфорасульфонов).

Впервые показано, что пиридин-4-ил сульфонаты (**1a-b**) при нагревании в пиридине образуют ранее неизвестные пиридиниевые соли (**2a-b**) с хорошим выходом (схема 1).

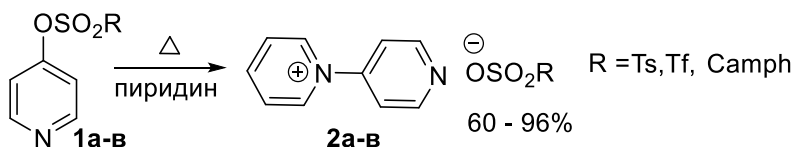


Схема 1.

Предварительно показано, что при взаимодействии солей **2a-b** с O-, и N-нуклеофилами образуются продукты замещения с хорошими выходами, что делает актуальным дальнейшее исследование 1,4'-бипиридиниум сульфонов в реакциях нуклеофильного замещения (схема 2).

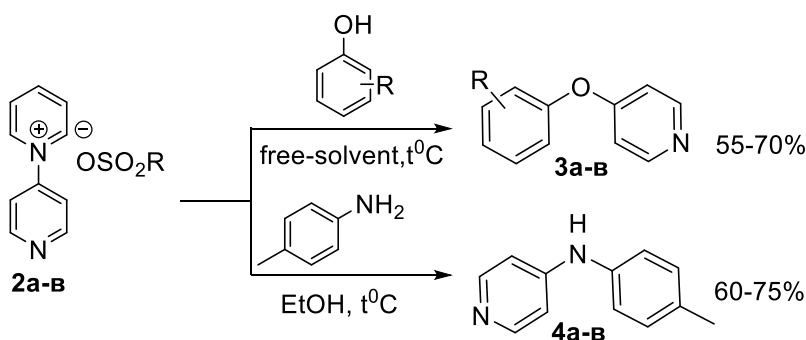


Схема 2.

Работа выполнена в рамках программы НИ ТПУ Приоритет-2030.

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ДИМЕРНЫХ ЛИГАНДОВ ИЗ 1,2,4-ТРИАЗОЛО[3,4-*a*]ИЗОХИНОЛИНОВ И α,ω -ДИБРОМАЛКАНОВ

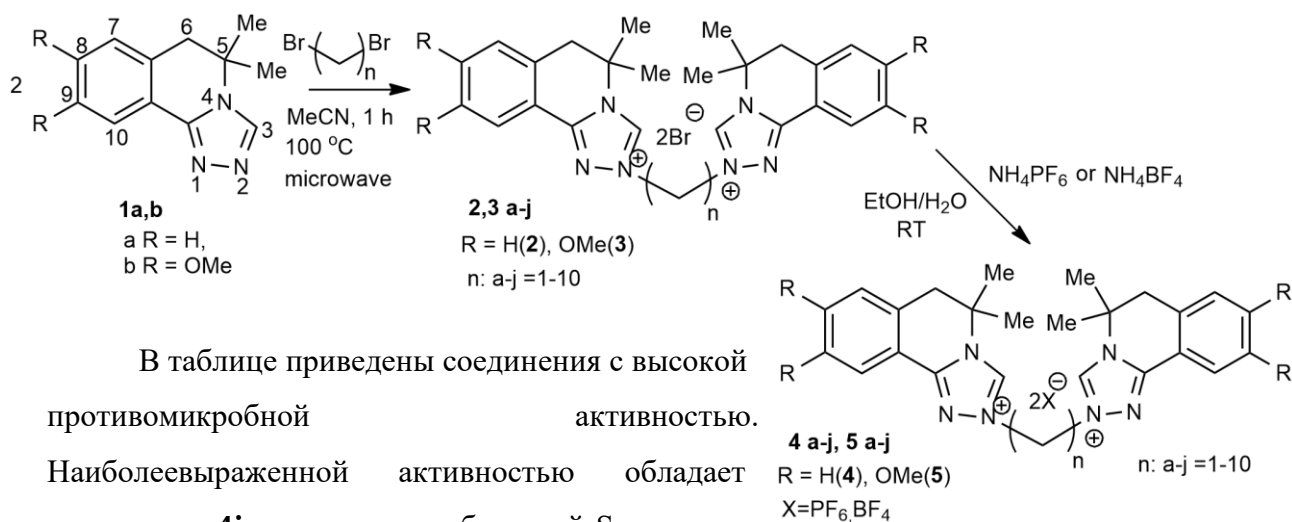
Ермакова Л.С.¹, Вахонина Т.В.², Баландина С.Ю.², Глушков В.А.^{1, 2}

¹«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

verbastica@gmail.com

Продолжая наши исследования в области комплексов палладия с азотсодержащими гетероциклами, мы осуществили алкилирование 5,5-диметил-5,6-дигидро-1,2,4-триазоло[3,4-*a*]изохинолина и его 7,8-диметокси-производного α,ω -дибромалканами. Целью нашей работы был синтез бидентатных лигандов на базе солей 1,2,4-триазоло[3,4-*a*]изохинолин-2-ия. Синтезировано 20 димерных солей 1,2,4-триазоло[3,4-*a*]изохинолиния. Была изучена их антибактериальная активность в отношении трех видов микроорганизмов: *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 8739) и *Candida albicans* (РКПГУ 1353/1277).



В таблице приведены соединения с высокой противомикробной активностью.

Наиболеевыраженной активностью обладает соединение **4j**, тормозит рост бактерий *S. aureus* в концентрации 1,0 мг/л, подавляет рост дрожжевых грибов в концентрации 2,0 мг/л.

	Противомикробная активность, мг/л					
	<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>		<i>C. albicans</i>	
	*МПК	**МБК	МПК	МБК	МПК	***МФК
4h (PF ₆)	3.9	7.8	—	—	15.6	31.2
4i (Br)	15.6	31.2	500	1000	62.5	125
4j (PF ₆)	1.0	2.0	62.5	125	2.0	3.9
5j (PF ₆)	3.9	7.8	—	—	31.2	62.5

Работа выполнена в рамках гос. задания, тема № 124021400012-1.

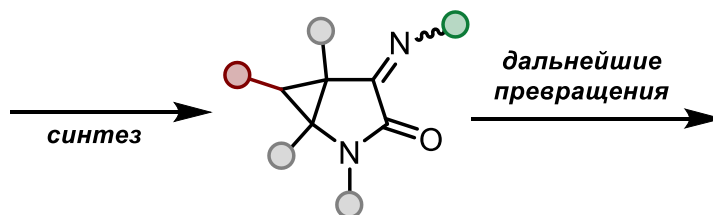
СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ КЕТИМИНОВ 2-АЗАБИЦИКЛО[3.1.0]ГЕКСАН-3,4-ДИОНОВ

Зорин И.Ю., Васёва А.В., Галеев А.Р., Дмитриев М.В., Масливец А.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

argaleev@psu.ru

В продолжение изучения синтеза и реакционной способности 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионов [1,2], нами разработан метод получения 4-имино производных. Разработанный метод отличается мягкостью условий и региоселективностью (реакция исключительно по $C^4=O$).



Доклад посвящен разработке метода синтеза 4-имино 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3-онов и особенностям их дальнейших превращений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSNF-2025-0013) и РНФ (проект № 24-23-00574).

Библиографический список

1. Muranova, M. M.; Galeev, A. R.; Maslivets, A. N.; Dmitriev, M. V. Cyclopropanation vs. Single-Carbon Insertion of Pyrrole-2,3-Diones with Sulfonium Ylides: Synthesis of Functionalized 2-Azabicyclo[3.1.0]Hexanes and Pyridine-2,3-Diones. *Org. Chem. Front.* **2025**, 12 (7), 2187–2193. <https://doi.org/10.1039/D4QO02337D>.
2. Muranova, M. M.; Galeev, A. R.; Mokrushin, I. G.; Maslivets, A. N.; Dmitriev, M. V.; Synthesis of Stable Betaines Based on 1H-Pyrrole-2,3-Diones and Pyridinium Ylides and Their Thermal Conversion to Cyclopropane-Fused Pyrroles. *Molecules* **2025**, 30 (23). <https://doi.org/10.3390/molecules30234552>.

**КОНТИНУУМ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ
ХИМСИНТЕТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ ОТ ХИМИЧЕСКОЙ
ЛАБОРАТОРИИ ДО КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ
РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОГО НЕОПИОИДНОГО АНАЛЬГЕТИКА:
ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГУЛЯТОРИКИ И ПРАКТИКИ**

Калюта Т. Ю., Федонников А. С.

ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, Саратов;
tatianakaluta@yandex.ru

Разработка химсинтетического лекарственного средства (ЛС) - жизненный цикл, регулируемый в развитии разработки от получения инновационной молекулы до регистрации ЛС. Характеристики молекулы и способа ее получения определяют возможности фармацевтической технологии, доклинической оценки и клинического применения. На раннем этапе формируют целевой профиль препарата (показание, путь введения, лекарственную форму, дозы). При выборе маршрута синтеза оценивают масштабируемость, безопасность реагентов, воспроизводимость очистки и профиль примесей. Критичны подтверждение структуры, результаты основных токсикологических исследований. Фармацевтическая разработка в логике «Качество через дизайн разработки» («QualitybyDesign») включает аналитические методики идентификации ЛС и контроля примесей, исследования стабильности. Производство серии для клинического исследования требует технологического трансфера, управления изменениями и соблюдения GMP при производстве серий для клинических исследований. Доклиническую программу формируют с учетом механизма действия, пути введения, продолжительности лечения и дизайна первого клинического исследования. Регуляторную стратегию и структуру досье следует создавать одновременно с разработкой, используя междисциплинарные контрольные точки. Успешный переход к исследованию у человека требует непрерывной прослеживаемости качества, безопасности и эффективности. Опыт научно-образовательного центра клинических и биомедицинских исследований ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России по проведению аналитической работы с досье на получение разрешения на проведение клинического исследования I фазы инновационного неопиоидного анальгетика Г-104/G-104 включает подходы к обоснованию начальной дозы, схемы эскалации, целевой терапевтической дозировки, критериев остановки и мер минимизации риска добровольцев. Это снижает риск повторения исследований и задержки выхода препарата в клиническую фазу.

Литература:

1. Разрешение РКИ №291 (02.07.2026) на проведение клинического исследования по Протоколу «SGMU-G-104-2025» URL: <https://707.su/POwD> (дата доступа 02.07.2026).

СИНТЕЗ 3-АРОИЛ-1*H*-ПИРРОЛО[2,1-*c*][1,4]БЕНЗОКСАЗИН-1,2,4-ТРИОНОВ С ИНДОЛОМ И ИХ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ.

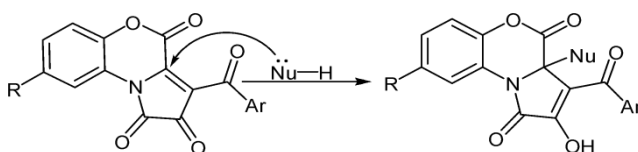
Караваев Д.А.^{a,b}, Кобелев А.И.^a, Шкляев Ю.В.^b, Масливец А.Н.^{a*}

^a Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

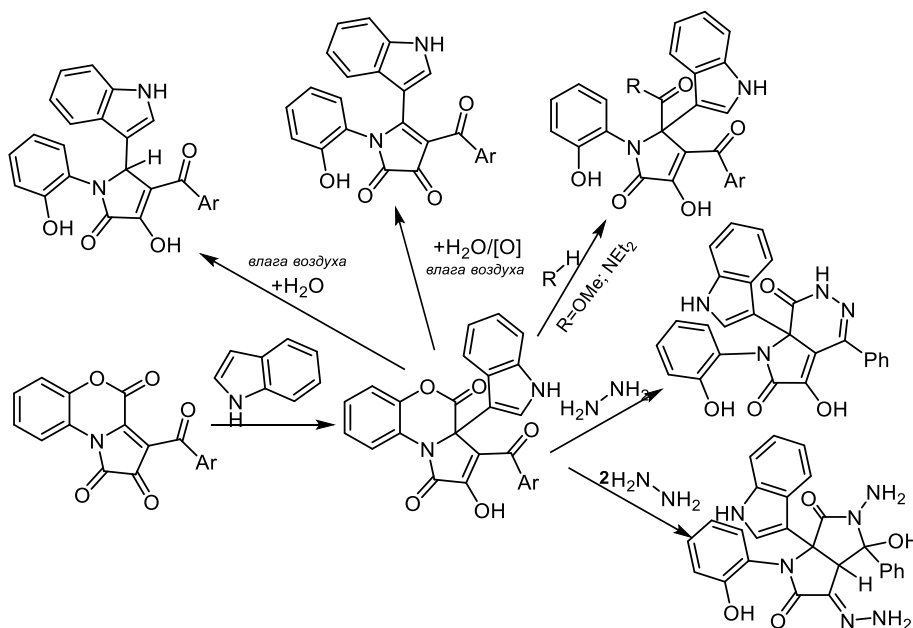
^b «Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

* koh2@psu.ru

Взаимодействие 3-ароил-1*H*-пирроло[2,1-*c*][1,4]бензоксазин-1,2,4-трионов с нуклеофильными реагентами приводит к присоединению нуклеофильного центра к атому C^{3a} пирролдионного цикла с образованием аддуктов присоединения [1].



Нами изучено взаимодействие 3-ароил-1*H*-пирроло[2,1-*c*][1,4]бензоксазин-1,2,4-трионов с индолом, а также функционализация продуктов присоединения, результаты которых будут оговариваться в докладе.



Библиографический список

1. Масливец, А. Н. Пятичленные 2,3-диоксогетероциклы. XXXIII.* Синтез 3-ароил-1,2-дигидро-4*H*-пирроло[5,1-*c*][1,4]-бензоксазин-1,2,4-трионов и их взаимодействие с водой и спиртами / А.Н. Масливец, И.В. Машевская, Л.И. Смирнова, Ю.С. Андрейчиков // Журнал органической химии. – 1992. – Т. 28. – Вып. 12. – С. 2545-2553.

РАЗРАБОТКА ГОТОВОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ НОВОГО НЕОПИОИДНОГО АНАЛЬГЕТИКА НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ

Кенжегулова А.А., Фомина Ю.А., Кенжегулов О.А., Калюта Т.Ю.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени

В.И. Разумовского» Минздрава России

410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, 112

kotech@mail.ru

Большой интерес представляет новая отечественная синтетическая субстанция – G-104 (Г-104). Анализ фармакологической активности показал, что данная активная фармацевтическая субстанция (АФС) может быть использована для лечения хронического болевого синдрома у пожилых.

Целью исследования является фармацевтическая разработка состава и технологии таблеток для перорального применения на основе АФС G-104 (Г-104).

В настоящей работе по разработке состава и технологии лабораторных образцов лекарственного препарата «G-104 (Г-104)» в форме таблеток для перорального применения представлены сформированный профиль целевого качества продукта и критерии качества ЛП для разрабатываемой лекарственной формы.

Результаты испытаний лекарственного препарата «G-104 (Г-104), таблетки» по всем показателям качества соответствуют требованиям проекта Нормативного документа по качеству [1].

Фармацевтическая разработка состава и технология таблетированной лекарственной формы нового неопиоидного анальгетика является надежной и обеспечивает возможность производства ЛП с заданными параметрами качества.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России, рег. № ЕГИСУ НИОКТР 125061607031-8

Список литературы

[1] Фомина, Ю. А. Разработка нормативного документа по качеству готовой лекарственной формы нового неопиоидного анальгетика / Ю. А. Фомина, Т. А. Быкова, Т. Ю. Калюта // Современные синтетические методологии для создания лекарственных препаратов и функциональных материалов: Сборник тезисов IX Международной научно-практической конференции, Пермь, 06–10 сентября 2025 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2025. – С. 118. – EDN NGWBYC.

СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ФТАЛОЦИАНИНА АЛЮМИНИЯ И β -ЦИКЛОДЕКСТРИНА: СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Клименко И.В.¹, Нерсисян Э.С.¹, Лобанов А.В.^{1,2}

¹*Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля Российской академии наук,
Москва*

²*Московский педагогический государственный университет, Москва*
inna@deom.chph.ras.ru

Разработка водорастворимых форм макроциклических тетрапиррольных соединений является критическим этапом создания препаратов для фотодинамической терапии. Одним из перспективных подходов является инкапсуляция молекул тетрапирролов в полости циклических олигосахаридов, в частности, в полости β -циклодекстрина, использование которого как «молекулярного контейнера» позволяет изолировать мономерные формы тетрапиррола, обеспечивая сохранение его целевых фотохимических свойств. При этом, возможное комплексообразование с β -циклодекстрином (β -ЦД) представляет собой эффективную стратегию для увеличения растворимости тетрапирролов в воде и, следовательно, для повышения их биодоступности.

В работе методом титрования в бинарной системе N, N-диметилформамид - вода синтезированы супрамолекулярные комплексы включения «хозяин-гость» на основе фталоцианина алюминия (AlClФЦ , $C=2.16 \cdot 10^{-6}$ моль/л) и β -ЦД ($C=2.71 \cdot 10^{-4}$ моль/л). Процесс сборки «хозяин-гость» охарактеризован с помощью методов электронной спектроскопии поглощения и флуоресцентной спектроскопии. Последовательное введение в систему водно-органического раствора β -ЦД вызывает устойчивый гипохромный эффект, сопровождающийся батохромным смещением Q-диапазона на 7 нм (λ макс. ~ 680 нм.). Данные изменения свидетельствуют о переходе молекул AlClФЦ из объемной водной фазы в гидрофобную полость олигосахарида, сопровождающиеся изменением диэлектрической проницаемости его локального микроокружения. Расчеты с использованием уравнения Бенези–Хильдебранда позволили установить стехиометрию комплекса 1:1 и рассчитать константы устойчивости комплекса.

Данные спектрофлуориметрического анализа также подтвердили эффективность изоляции мономерных форм AlClФЦ внутри полости β -ЦД.

Исследование проведено в рамках государственного задания ИБХФ РАН № 125020401357-4.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФОТОАКТИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ
ДИМЕРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ β - ЦИКЛОДЕКСТРИНА И
5,10,15,20 – ТЕТРАФЕНИЛПОРФИРИНА**

Клименко И.В.¹, Нерсисян Э.С.¹, Лобанов А.В.^{1, 2}

¹*Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля Российской академии наук,
Москва*

²*Московский педагогический государственный университет, Москва*
inna@deom.chph.ras.ru

При разработке систем для таргетной доставки лекарственных препаратов создание сложных молекулярных ансамблей с заранее контролируемыми свойствами является одной из ключевых задач современной супрамолекулярной химии.

Среди проблем, ограничивающих широкое применение тетрапирролов, как составляющих препаратов для терапии и диагностики, является их низкая растворимость в большинстве органических растворителей и физиологических растворах, а также склонность к ассоциации с образованием агрегатов различного типа. Наиболее перспективным подходом к стабилизации мономерной формы тетрапирролов является инкапсуляция их молекул в полости циклических олигосахаридов, в частности, в полости циклодекстрина, использование которого как «молекулярного контейнера» для таргетной доставки, позволяет изолировать мономерные формы тетрапирролла, обеспечивая сохранение его целевых фотофизических свойств.

Данная работа посвящена синтезу и исследованию фотохимических свойств комплексов включения на основе 5,10,15,20-тетрафенилпорфирина (ТФП), широко распространенного макроциклического тетрапиррольного соединения, и димерных производных β -циклодекстрина (β -ЦД). ТФП благодаря плоской и симметричной структуре способен образовывать супрамолекулярные ансамбли, а жесткая структура D-глюкопиранозного кольца β -ЦД позволяет связать ТФП посредством нековалентных взаимодействий, в том числе сил Ван-дер-Ваальса и гидрофобного эффекта. Фенильные заместители в структуре ТФП являются идеальными «гостями» при формировании комплексов включения с молекулами-«хозяевами» β -циклодекстрина (β -ЦД).

Полученные комплексы, образование которых подтверждено методами ЯМР, спектрофотометрии и спектрофлуориметрии, могут найти эффективное применение в области биохимических технологий в качестве хемосенсоров, противораковых препаратов, и таргетных антидотов.

Исследование проведено в рамках государственного задания ИБХФ РАН № 125020401357-4.

Zr-КАТАЛИЗИРУЕМОЕ ЦИКЛОАЛЮМИНИРОВАНИЕ ВИНИЛФЕРРОЦЕНА В НАПРАВЛЕННОМ СИНТЕЗЕ ФОСФИНОВЫХ ЛИГАНДОВ

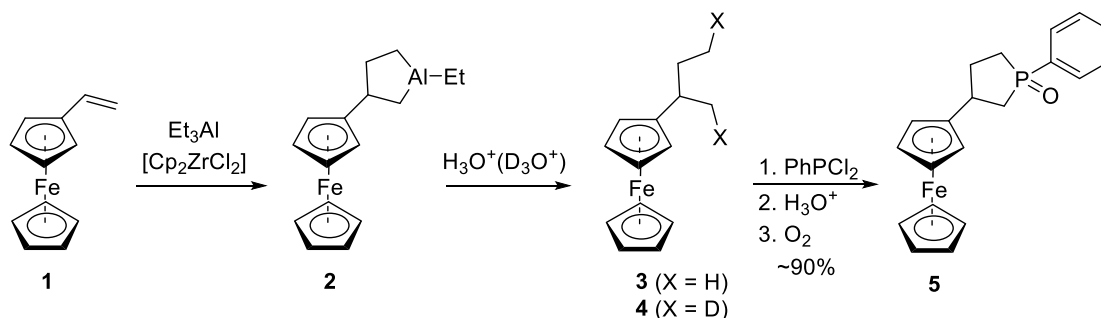
Козлов М.А., Конкин П.А., Чобанов Н.М., Дьяконов В.А.

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва

dyakonovva@ioc.ac.ru

Производные ферроцена широко применяются в материаловедении, медицине и гомогенном катализе. Особый интерес представляет создание хиральных фосфорсодержащих систем на основе ферроцена, которые служат ключевыми лигандами и исходными мономерами для синтеза высокоэффективных бидентатных систем типа BPE, DuPhos и TangPhos. В данной работе впервые реализован метод прямого построения гетероциклического фосфоланового ядра у ферроценового субстрата с использованием реакций каталитического циклометаллирования.

Основой разработанного подхода послужило успешное вовлечение винилферроцена в реакцию Zr-катализируемого циклоалюминирования (реакция Джемила). Взаимодействие винилферроцена (**1**) с Et_3Al в толуоле присутствии 5–10 мол. % катализатора Cp_2ZrCl_2 привело к получению ранее неопisanного 3-ферроценил-1-этил-1-алюминациклопентана (**2**) с выходом до 95%, реакция которого с эквимолярным количеством фенилдихлорфосфина при температуре $-10\text{ }^\circ\text{C}$ с последующим гидролизом и окислением кислородом воздуха привела 3-ферроценил-1-фенил-фосфолан-1-оксиду (**5**) с выходом около 90%.



Работа открывает прямой доступ к новым фосфиновым лигандам, сочетающим в одной структуре ферроценовое ядро и фосфолановый фрагмент для создания стереоселективных катализаторов гидрирования и гидроформилирования непредельных соединений.

Литература

2. Конкин П.А., Козлов М.А., Чобанов Н.М., Джемилев У.М., Дьяконов В.А. Первый пример каталитического циклоалюминирования винилферроцена // Доклады Российской академии наук. Химия, науки о материалах. - 2026. - Т. 526. - С. 5–12.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТИЛ-β-ЦД
И 2,3-СЕКОПРОИЗВОДНОГО БЕТУЛИНА С ФРАГМЕНТОМ
ОКСАДИАЗОЛИНА В РАСТВОРЕ**

Конин И.С.^{1,2}, Галайко Н.В.¹, Гришко В.В.¹

¹ «Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

² Пермский национальный политехнический университет, Пермь

Изучение закономерностей взаимодействия амфифильных циклодекстринов и гидрофобных тритерпеноидов в процессе комплексообразования – важное направление современной супрамолекулярной химии и фармацевтики.

В работе изучено взаимодействие 2,3-секопроизводного бетулина с фрагментом оксадиазолина [1] и метил-β-циклодекстрина (ЦД) в условиях 0,01 М фосфатного буфера (рН 7.6). При планировании дробного факторного эксперимента [2] в качестве факторов были выбраны: соотношение тритерпеноид:циклодекстрин (x_1) и время выдерживания в ультразвуковой ванне (x_2), при этом в качестве аналитического параметра использовали оптическую плотность раствора тритерпеноида в буферном растворе (y). Матрица планирования эксперимента представлена в Табл. 1.

Табл. 1 – Матрица планирования дробного факторного эксперимента.

№ опыта	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	y
1	0,5 (-1)	30 (-1)	+1	0,261
2	1,5 (+1)	30 (-1)	-1	0,1703
3	0,5 (-1)	60 (+1)	-1	0,487
4	1,5 (+1)	60 (+1)	+1	0,2232
5	1 (0)	45 (0)	0	0,2319
6	1 (0)	45 (0)	0	0,2467
7	1 (0)	45 (0)	0	0,2684

В ходе обработки результатов эксперимента получено уравнение линейной регрессии, все коэффициенты которого были значимы. Следовательно, оба фактора положительно влияют на повышение растворимости тритерпеноида в буфере.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания № 124021400012-1

Список литературы

1. V.V. Grishko, I.A. Tolmacheva, N.V. Galaiko, A.V. Pereslavceva, L.V. Anikina, L.V. Volkova, P.A. Slepukhin. // *Eur. J. Med. Chem.* 68 (2013) 203-211.
2. Y. Huang, P. Quan, Y. Wang, D. Zhang, M. Zhang, R. Li, N. Jiang // *J. Biomed. Res.* 31 (2017) 395.

СИНТЕЗ НОВЫХ СПИРОХРОМАНОВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ НАПРАВЛЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ДИГИДРОКУМАРИНА

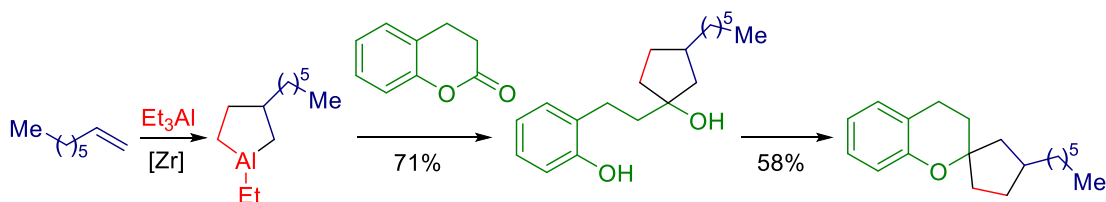
Конкин П.А., Чобанов Н.М., Джемилева Л.У., Дьяконов В.А.

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва

dyakonovva@ioc.ac.ru

Кислород-содержащие спироциклические соединения представляют значительный интерес для медицинской химии благодаря широкому проявляемых спектру биологических активностей. В данной работе разработан метод синтеза новых спирохроманов путем направленной функционализации аннелированного лактона – дигидрокумарина. В качестве ключевого этапа для наращивания молекулярной сложности использована реакция Zr-катализируемого циклоалюминирования α -олефинов (реакция Джемилева).

На первой стадии из окт-1-ена под действием триэтилалюминия в присутствии катализатора Cr_2ZrCl_2 *in situ* генерировали 3-гексилалюминациклопентан. Его взаимодействие с дигидрокумарином протекает через раскрытие лактонного цикла с образованием цикlopentанола, содержащего фенольный фрагмент, с выходом 71% [1].



Оптимальным решением для эффективного замыкания оксаспироциклического фрагмента стало проведение внутримолекулярной реакции Мицунобу в присутствии диизопропилазодикарбоксилата (DIAD) и трифенилфосфина в дихлорметане при комнатной температуре. В данных условиях целевой 3'-гексилспиро[хроман-2, 1'-циклопентан] был получен с выходом 58%. Разработанный подход открывает удобный модульный путь к созданию сложных липофильных спирогетероциклических систем.

Для синтезированных производных дигидрокумарина проведены исследования их противоопухолевых свойств с применением современных методов проточной цитометрии и флуоресцентной микроскопии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 26-43-00173).

Литература

3. Konkin P.A., Chobanov N.M., Dmitrenok A.S., Ramazanov I.R., Dzhemilev U.M., D'yakonov V.A. *Mendeleev Communications*. - 2026. - Vol. 36, No. 4. - P. 285–287.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ ДОЛИ ВОДЫ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЯХ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ДЕТЕКТОРОМ ПО ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Крашенинина М.П., Тарасов О.С., Голынец О.С.

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», Екатеринбург

Krasheninina_m@uniim.ru

Определение массовой доли воды является критически важной задачей для контроля качества фармацевтических субстанций. Классические методы (титрование по Карлу Фишеру, термогравиметрия) дают искаженные результаты для субстанций, содержащих альдегиды и кетоны, из-за побочных реакций и неселективности. Актуальна разработка альтернативной методики, свободной от указанных недостатков.

В качестве инструментального метода выбран метод газовой хроматографии с детектором по теплопроводности (ГХ-ТПД), который основан на разделении компонентов смеси на хроматографической колонке и регистрации изменения теплопроводности газа-носителя при выходе аналита, что обеспечивает селективное детектирование воды. Эксперименты выполняли на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000», оснащенный детектором по теплопроводности, с использованием насадочной колонки (5 % ПЭГ-1500 на полисорбе-1). Разработаны две методики пробоподготовки: для твердых образцов с применением парофазного автоматического дозатора и последующей абсолютной калибровкой, для жидких образцов - с использованием метода внутреннего стандарта. Количественный анализ выполняли с применением градуировки по стандартному образцу массовой доли воды в дигидрате молибдата натрия ГСО 10911-2017. Оценку неопределенности результатов измерений проводили в соответствии с ГОСТ 34100.3-2017.

В ходе экспериментальных исследований подтверждено, что разработанная методика ГХ-ТПД обеспечивает корректное определение воды для десяти исследованных фармацевтических субстанций. Для образцов, содержащих кетонные и альдегидные группы, полученные значения массовой доли воды статистически значимо отличаются от завышенных результатов, получаемых методом титрования по Карлу Фишеру, что подтверждает селективность ГХ-ТПД. Установлены метрологические характеристики разработанной методики: диапазон измерений массовой доли воды составляет от 0,01 до 20,0 %; относительная стандартная неопределенность типа А не превышает 3,0 %, типа В — 2,0 %.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ГИПОТЕНЗИВНЫХ СВОЙСТВ ФОСФОНИЛИРОВАННЫХ ИМИДАЗОЛОВ

Крылов А.С.¹, Ивкин Д.Ю.²

¹Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

²Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет
alexandr_krylov@bk.ru

Исследовано взаимодействие диизопропилхлорэтинфосфоната с *N*-арил-бензамидинами и *N*-арил-ацетидами (рис. 1). Было установлено, что реакция приводит к образованию с хорошими выходами фосфорилированных имидазолов в результате 5-эндо-диг циклизации. Строение полученных имидазолов доказано данными ЯМР ¹H, ¹³C, ³¹P спектроскопии, а также гетероядерными НМВС¹H-¹⁵N экспериментами.

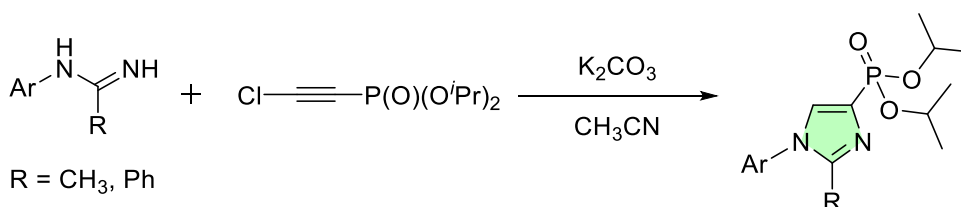


Рисунок 1 – Схема реакции

Прогноз биологической активности с помощью программы Pass выявил высокую вероятность обнаружения гипотензивной активности (P_a от 0,7 до 0,9). На нормотензивных мышах установлено, что при введении дозы 50 мг/кг диизопропил(1-(2,4-диметилфенил)-2-фенил-1*H*-имидазол-4-ил)фосфоната систолическое и диастолическое давление снижается на ~10 мм рт. ст.

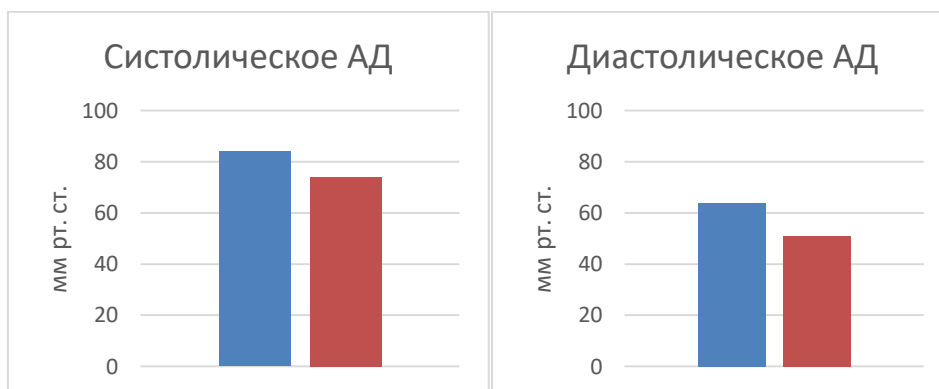


Рисунок 2 – Результаты исследования гипотензивной активности

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание FSEN-2026-0003).

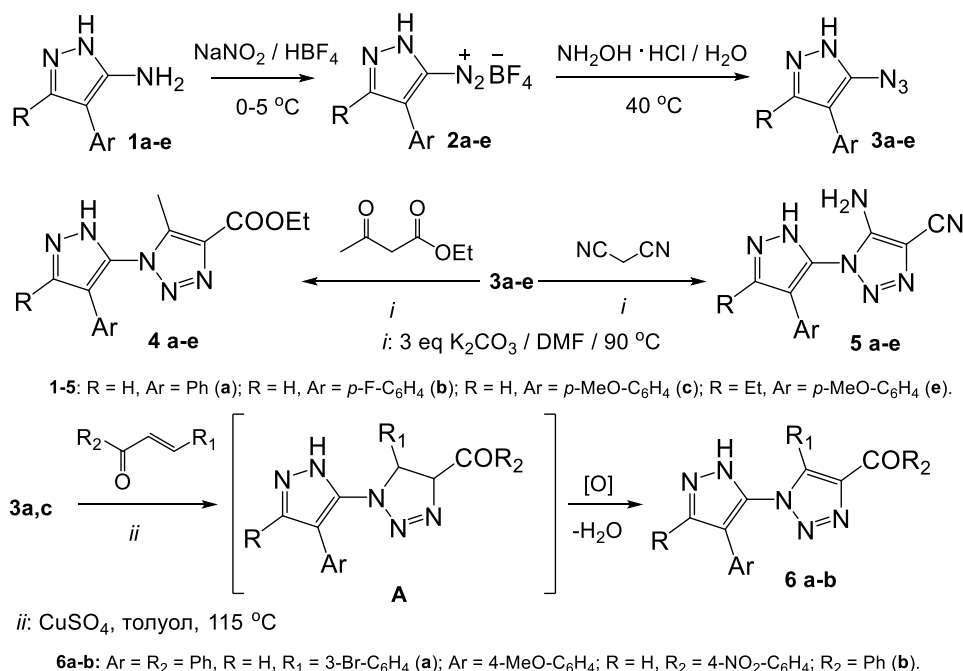
ТЕТРАФТОРБОРАТЫ ПИРАЗОЛ-3(5)-ДИАЗОНИЯ КАК ПРЕДШЕСТВЕННИКИ В СИНТЕЗЕ ЗАМЕЩЕННЫХ 3(5)-АЗИДОПИРАЗОЛОВ И ПИРАЗОЛ-3(5)-ИЛ-1H-1,2,3-ТРИАЗОЛОВ

Леденева И.В., Сатаблаев Н.Р., Вандышев Д.Ю., Шихалиев Х.С.

Воронежский государственный университет, Воронеж

irairachem@yandex.ru

Известно, что классические подходы к получению гетероциклических азидов сопряжены с использованием высокотоксичного и взрывоопасного азида натрия [1]. Нами разработан новый простой и экологичный метод синтеза 3(5)-азидопиразолов **3a-e** (выходы 67-84%) на основе реакции устойчивых тетрафторборатов пиразол-3(5)-дiazония **2a-e** (полученных из соответствующих 3(5)-аминопиразолов **1a-e**) с гидрохлоридом гидроксилamina в воде при непродолжительном нагревании.



При взаимодействии полученных азидов **3a-e** с ацетоуксусным эфиром или малондинитрилом при нагревании в среде K₂CO₃/ДМФА, а также с некоторыми халконами в присутствии сульфата меди (II) в толуоле, получена серия замещенных пиразол-3(5)-ил-1H-1,2,3-триазолов **4a-e**, **5a-e**, **6a-b** с хорошими выходами (52-71 %).

Литература

1. V.A. Bakulev, Yu.M. Shafran, N.A. Beliaev, T.V. Beryozkina, N.N. Volkova, M.N. Joy, Zh. Fan, *Russ. Chem. Rev.*, 2022, **91** (7).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 25-16-00191; <https://rscf.ru/project/25-16-00191/>).

ПРЕПАРАТИВНЫЙ ТРЕХСТАДИЙНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ 4,4,4-ТРИФТОРБУТ-2-ИНАЛЯ ИЗ 2,3,3,3-ТЕТРАФТОРПРОПЕНА

Лисник Г.Э.^{1,2}, Голованов А.А.¹

¹Тольяттинский государственный университет, Тольятти

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

suprmagister@gmail.com

Введение трифтометильной группы в органические молекулы — важный подход медицинской химии для улучшения их липофильности и метаболической стабильности. В связи с этим разработка доступных фторированных строительных блоков, особенно α -ацетиленовых альдегидов, является актуальной задачей.

В данной работе предложен эффективный трехстадийный метод граммового синтеза труднодоступного 4,4,4-трифторбут-2-иналя **4** на основе 2,3,3,3-тетрафторпропена **1** — доступного фреона HFO-1234yf (Рисунок 1).

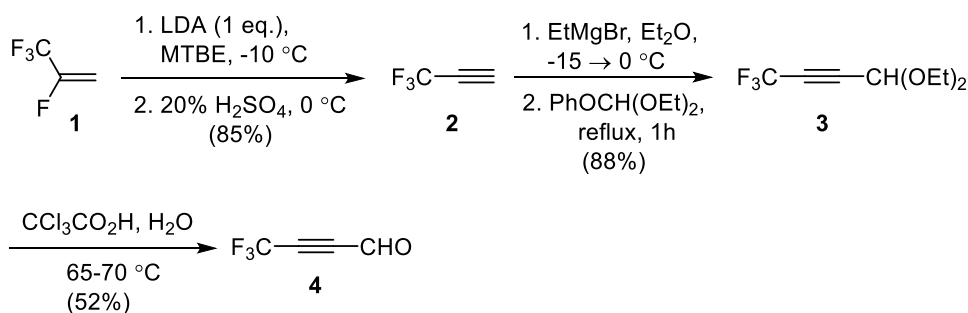


Рисунок 1 - Схема получения 4,4,4-трифторбут-2-иналя

Дегидрофторированием фреона под действием LDA получен 3,3,3-трифторпропин **2** с выходом 85%. Введение альдегидной функции осуществляли по реакции Бодру–Чичибабина. Установлено, что замена триэтилортоформиата на диэтилфенилортоформиат сокращает время синтеза реактива Июича CF₃-C≡C-MgBr с 72 до 1,5 часов, обеспечивая высокий выход ацеталей **3** 88%. Оптимизация гидролиза ацеталей избытком трихлоруксусной кислоты (взамен осмоляющей продукт 10% H₂SO₄) позволила изолировать целевой альдегид **4** с выходом 52%.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 26-13-00010. Спектральные исследования проведены в ресурсных центрах Санкт-Петербургского государственного университета «Магнитно-резонансные методы исследования», «Рентгенодифракционные методы исследования», «Методы анализа состава вещества».

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АКТИВНОГО ВОДОРОДА СШИВАЮЩЕГО АГЕНТА НА СВОЙСТВА ПОЛИАДДИЦИОННЫХ СИЛИКОНОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ КОМПОЗИЦИЙ

Малахов А.А., Алексеева Е.И., Рускол И.Ю., Баканов А.О.

ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС», Москва

tony.malaxow1@yandex.ru

Силиконовые композиции полиаддиционного отверждения широко используются в медицине. На их основе производят имплантаты мягких тканей и хрящей, клеевые материалы медицинского назначения, слепочные составы для стоматологии, покрытия для медицинских изделий, офтальмологические линзы различного назначения и пр.

Основными компонентами большинства таких композиций является высокомолекулярный полидиметилсилоксан с винильными группами на концах макромолекул и сшивающие низкомолекулярные олигосилоксаны с гидридными группами в основной цепи или на концах молекул, которые обеспечивают вулканизацию силиконовых композиций по реакции гидросилилирования. В результате образуется биоинертный материал, физико-механические показатели которого определяются такими переменными, как молекулярная масса полисилоксана, природа гидридного олигомера и соотношение гидридных и винильных групп в композиции.

Исследовано влияние содержания активного водорода (SiH) в гидридных олигомерах на свойства силиконовых материалов. Для этого использовали олигомер с концевыми гидридными группами (далее ГСК) и синтезированные олигосилоксаны с гидридными группами в основной цепи. Олигомеры получали посредством сополимеризации олигометилгидридсилоксана (ГС, SiH=1,6%мас.), октаметилтетрациclosилоксана и гексаметилдисилоксана. В результате был получен ряд олигомеров с содержанием SiH, равным 0,3%мас (ГС-1); 0,58%мас (ГС-2) и 1,0%мас (ГС-3). Были исследованы свойства композиций со следующими комбинациями олигомеров: ГСК:ГС-1; ГСК:ГС-2; ГСК:ГС-3; ГСК:ГС. Результаты испытаний показали, что олигомеры с низким содержанием SiH позволяют получить материал с повышенным относительным удлинением (более 600%) , олигомеры со средним SiH (от 0,5 до 1%) - повышенной твердостью (Шор А порядка 30), а олигомеры с высоким SiH (более 1%) резко снижают физико-механические свойства. Обусловлено это, вероятно, избыточной плотностью сшивки силиконовой матрицы. Данное исследование позволяет варьировать физико-механические и эксплуатационные свойства силиконовых полимеров для их целенаправленного применения в медицине.

ПОЛУЧЕНИЕ 1,7-ДИХЛОР-2,4,6-ТРИНИТРО-2,4,6-ТРИАЗАГЕПТАНА

Матвиенко В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург

nikamatv@mail.ru

Методика синтеза 1,7-дихлор-2,4,6-тринитро-2,4,6-триазагептана: в трёхгорлую круглодонную колбу, оснащённую обратным холодильником и системой магнитного перемешивания, загружали 1,3 г (0,004 моль) 1,7-диацетокси-2,4,6-тринитро-2,4,6-триазагептана, после чего приливали 15 см³ 1,2-дихлорэтана и 10 см³ хлористого тионила. В качестве катализаторов в реакционную смесь добавляли по одной капле концентрированной серной кислоты и ледяной уксусной кислоты. Реакционную массу нагревали при температуре 40–45 °С в течение 1 часа 40 минут.

По завершении нагревания реакционную массу охлаждали до комнатной температуры, после чего образовавшийся твёрдый продукт отфильтровывали. Полученный осадок перекристаллизовывали из 1,2-дихлорэтана и повторно отфильтровывали под вакуумом. Масса выделенного вещества составляла 0,3 г, что соответствовало выходу 37 %. Схема реакции изображена на рисунке.

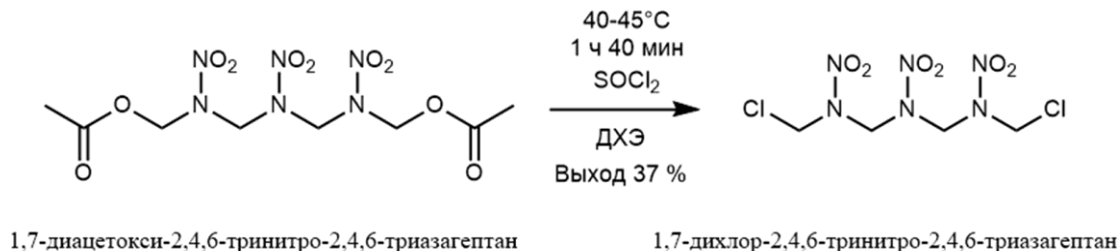


Рис.1. Схема реакции в общем виде

Для предварительного подтверждения присутствия галоген-фрагментов (-C-Cl), была выполнена проба Бейльштейна, давшая характерное зелёное окрашивание пламени. Дополнительно полученное соединение исследовали методами ИК-спектроскопии и ЯМР-спектроскопии.

Исследуемое соединение представляет интерес как компонент для синтеза дальнейших производных линейных нитраминов.

СРАВНЕНИЕ НОВЫХ ОТВЕРЖДАЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ ПОЛИГЛИЦИДИЛАЗИДА

Матвиенко В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург

nikamatv@mail.ru

Азид-алкиновое циклоприсоединение представляет собой реакцию взаимодействия органических азидов с алкинами, приводящую к образованию гетероциклических структур типа 1,2,3-триазолов. Примеры подобной реакции изображены на рисунке.

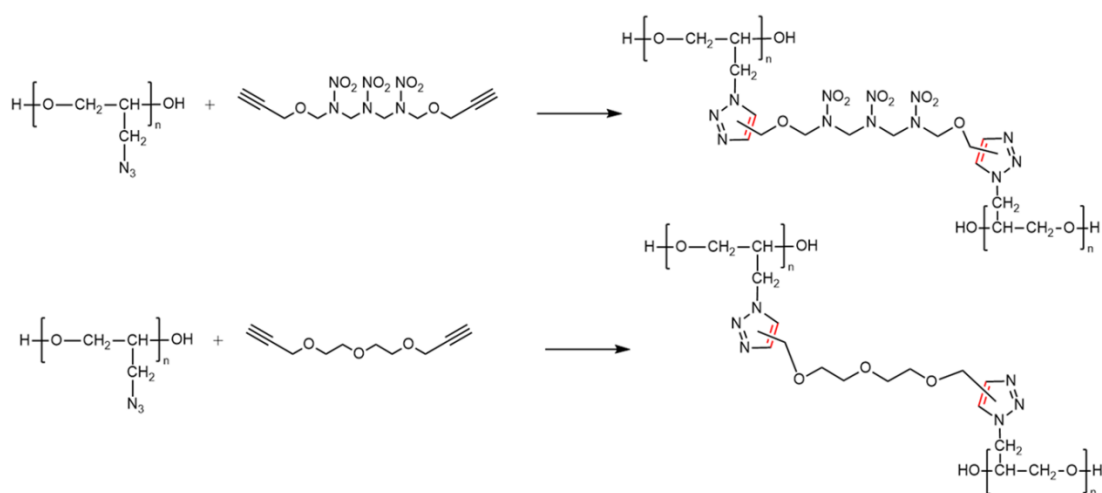


Рис.1. Схемы реакций отверждения ГАП 1,5-ди(2-пропинилокси)-3-оксапентаном и 1,7-ди(пропин-2-илокси)-2,4,6-тринитро-2,4,6-триазагептаном

Для наполненных составов с 1,5-ди(2-пропинилокси)-3-оксапентаном и 1,7-ди(пропин-2-илокси)-2,4,6-тринитро-2,4,6-триазагептаном теоретически были рассчитаны: прочность (кгс / см²), эластичность (%), единичный импульс (с).

Теоретически рассчитанные значения лучше у состава на основе 1,7-ди(пропин-2-илокси)-2,4,6-тринитро-2,4,6-триазагептана.

ПРИМЕНЕНИЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ В АНАЛИЗЕ ТРАВЫ АВРАНА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*GRATIOLA OFFICINALIS* L.)

Мещерякова А. А.¹, Гришин С. Л.¹, Фомина Ю. А.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Саратов
meshcheryakova321@gmail.com

ИК-Фурье спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) всё активнее применяется для экспресс-анализа лекарственного растительного сырья (ЛРС), позволяя регистрировать спектры без пробоподготовки и разрушения образца.

В качестве объекта исследования использовали высушенное сырьё аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.). ИК-спектры образцов сырья с разной степенью измельчения (порошок, 0,25 мм, 0,5 мм и 1 мм) регистрировали с применением приставки НПВО с селенидом цинка в качестве материала кристалла-подложки. Для получения спектрально необходимого плотный контакт образца со всей поверхностью кристалла. При анализе частиц размером 1 мм между кристаллом и образцом возникают воздушные зазоры, которые могут приводить к снижению качества спектра. Оптимальным для регистрации является порошок травы. В ИК-спектрах травы аврана присутствуют характерные полосы поглощения в области «отпечатков пальцев» 1300-625 см⁻¹, соответствующие колебаниям связей С-С, С-О, С-N. Но однозначное отнесение полос поглощения к конкретному классу соединений невозможно, так как набор функциональных групп может принадлежать к разным классам БАС, представленных в базе хромато-масс-спектрометрических данных химического состава травы аврана лекарственного [1]. В спектрах образцов с разной степенью измельчения наблюдаются некоторые различия в интенсивности и положении полос поглощения, что может быть обусловлено неоднородностью растительного сырья. ИК-Фурье-спектроскопия НПВО эффективна для экспресс-идентификации травы аврана лекарственного и создания баз данных ИК-спектров СО ЛРС.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России, рег. № ЕГИСУ НИОКТР 125061607032-5

1. Фомина Ю. А., Мещерякова А. А., Калюта Т. Ю., Федонников А. С. База данных химического состава травы аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.):

Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2026620295 РФ; заявл. 31.12.2025; опубл. 21.01.2026.

АЗОСОЧЕТАНИЕ ПИРИДИЛ- И ПИРАЗОЛДИАЗОНИЙ СУЛЬФОНАТОВ С БАРБИТУРОВОЙ КИСЛОТОЙ

Минаев Н.С., Естаева М.Т., Краснокутская Е.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, НИ ТПУ,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.

nsm17@tpu.ru

Продукты азосочетания барбитуровой кислоты с гетероароматическими солями диазония представляют практический интерес, прежде всего, как соединения с потенциальной биологической активностью. Недавно нами синтезирован и охарактеризован широкий ряд ранее неизвестных пиридиндиазоний 1-оксид сульфонов (тозилаты, трифлаты) [1]. В данной работе по методу [1] впервые получены пирозолдиазоний сульфонаты. Целью работы был синтез и исследование продуктов азосочетания пиридил- и пирозолдиазоний сульфонов с барбитуровой кислотой.

Показано, что азосочетание пиридиндиазоний сульфонов (**1а-д**) с барбитуровой кислотой проходит в воде при комнатной температуре практически мгновенно, пирозолдиазоний сульфонаты (**2а-в**) в этих условиях реагируют медленнее (схема 1). Во всех случаях целевые продукты (**4-5**) получены с высокими выходами (схема 1).

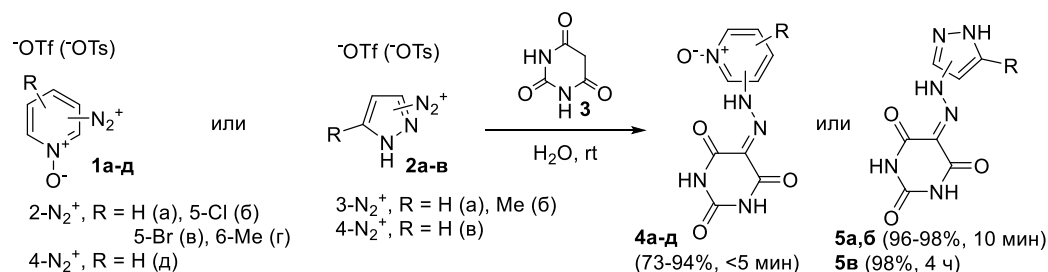


Схема 1

Теоретическими и экспериментальными методами установлено, что продукты реакции (**4-5**) существуют в виде гидразонов, все соединения окрашены и поглощают в области от 370 до 420 нм.

Работа выполнена в рамках программы НИ ТПУ Приоритет-2030.

Библиографический список

1. Krasnokutskaya E.A., Sanzhiev A.N., Erin K.D., Bondarev A.A., Potapov A.S., Filimonov V.D. Synthesis, Structure and Chemical Properties of 1-Oxydopyridinediazonium Sulfonates // Russian Journal of Organic Chemistry. - 2025. - Vol. 61. - N. 1. - P. 88-101. doi: 10.31857/S0514749225010071

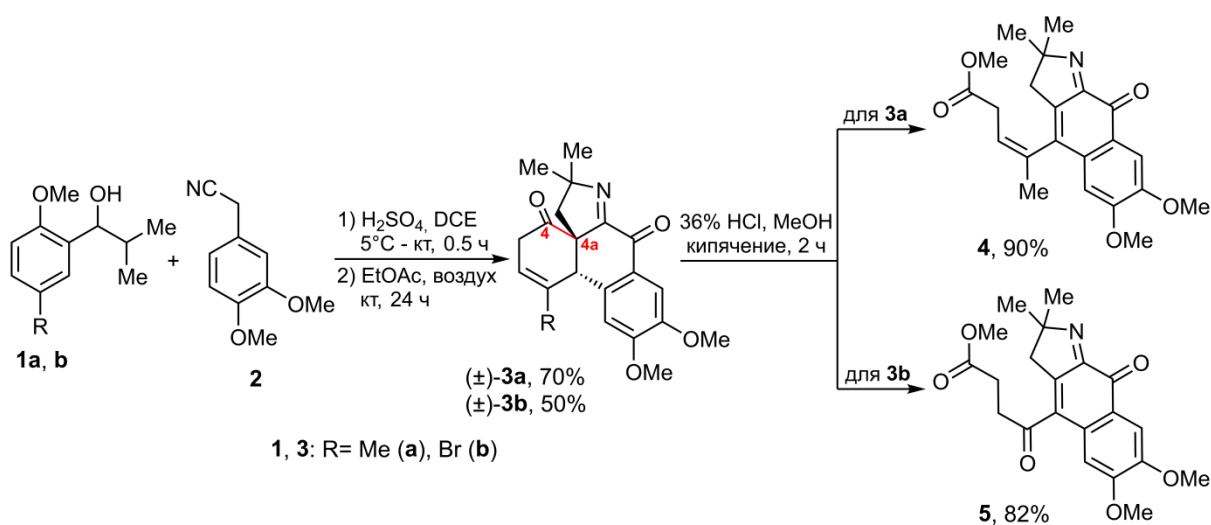
РАСКРЫТИЕ НЕОСПИРОЕНОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КИСЛОТ: НОВЫЙ ПУТЬ К ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМ БЕНЗО[*f*]ИНДОЛОНАМ

Морозов В.В., Рожкова Ю.С., Шкляев Ю. В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

nikopol88@mail.ru

В рамках исследований по синтезу полианнелированных аза-гетероциклов нами изучено поведение «неоспироенонов» (частично гидрированных дибензоиндолонов) при воздействии концентрированной соляной кислоты.



Исходные «неоспироеноны» **3a, b** были получены с помощью каскада реакций Риттер – деароматическая спироциклизация – внутримолекулярный нуклеофильный перехват [1], при взаимодействии спиртов **1a, b** (3,4-диметоксифенил)ацетонитрилом **2** в концентрированной серной кислоте с выходами 70% и 50% соответственно. Последующее кипячение продуктов **3a, b** в метаноле с концентрированной соляной кислотой селективно приводит к разрыву связи C4–C4a с одновременным образованием сложноэфирной группы. Данное раскрытие циклогесенонового фрагмента приводит к образованию новых бензо[*f*]индол-9-онов **4** (90%) и **5** (82%).

Строение соединений **3–5** подтверждено комплексом физико-химических методов анализа ИК-, ЯМР¹H и ¹³C-спектроскопией и масс-спектрометрией.

1. Yu.V. Shklyayev, M.A. El'tsov, Yu.S. Rozhkova, et al., *Russ. Chem. Bull.*, **2010**, 59, 1248.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 124022200026-7)

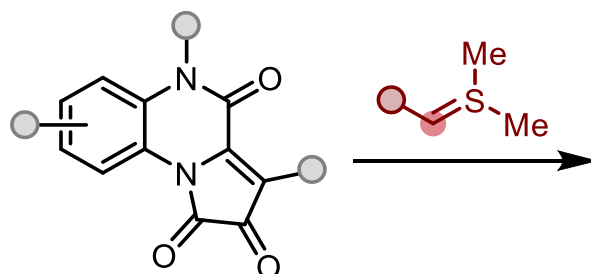
ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ СУЛЬФОНИЕВЫХ ИЛИДОВ С ГЕТАРЕНО[е]ПИРРОЛ-2,3-ДИОНАМИ

Муранова М.М., Бузмакова А.М., Галеев А.Р., Дмитриев М.В., Масливец А.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

maruque@psu.ru

Полифункциональная природа 1*H*-пиррол-2,3-дионов, обусловленная наличием реакционноспособных *эндо*-циклической двойной связи и карбонильных групп, позволяет получать разнообразные, труднодоступные другими способами, гетероциклические каркасы [1]. В продолжении предыдущих работ [2] нами исследованы особенности взаимодействия гетарено[е]пиррол-2,3-дионов со стабилизированными сульфониевыми илидами.



В докладе будет рассмотрено влияние условий и заместителей в сульфониевом илиде на конечный продукт реакции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 24-23-00574).

Библиографический список

1. a) *Russ J Org Chem***2018**, 54 (5), 780–784; b) *Tetrahedron Letters***2020**, 61 (11), 151595; c) *RSC Adv.***2021**, 12 (1), 578–587; d) *Tetrahedron***2020**, 76 (5), 130880.
2. a) *Org. Chem. Front.***2025**, 12 (7), 2187–2193; b) *Molecules***2025**, 30 (23).

СИНТЕЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ ЭФИРОВ СПИРТОВ 1,3-ДИОКСАЦИКЛОАЛКАНОВОГО РЯДА

Нелькенбаум К.С., Замахина К.Д., Мусин А.И., Баулин О.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

yulianna_borisova@mail.ru

Нами были получены [1] сложные эфиры промышленных диоксолановых спиртов (побочные продукты производства изопрена по реакции Принса), 2,2-диметил-4-оксиметил-1,3-диоксолана (золь-кеталь), 5-этил-5-оксиметил-1,3-диоксана и жирных кислот талового масла (ЖКТМ). Основным компонентом последних является линолевая кислота ($\geq 80\%$).

Было показано, что синтезированные эфиры ЖКТМ являются высокоэффективными присадками и дизельному топливу (ДТ). Они в концентрации 0,3-1 % масс. позволяют снизить скорректированный диаметр пятна износа (СДПИ) с 600 до 350 мкм. При этом понижается температура застывания до минус 14 °С и увеличивается цетановое число до 54-55 пунктов. Эфиры ЖКТМ и 2,2-диметил-4-оксиметил-1,3-диоксолана проявляют способность ингибировать коррозию стали в нейтральных и слабокислых ($4.5 \leq \text{pH} \leq 7.0$) средах, имитирующих водные стоки нефтепромыслов.

Для синтеза сложно-эфирных материалов была разработана и создана установка, обеспечивающая селективное (90%) образование целевых продуктов требуемого качества.

Литература

1. Нелькенбаум К.С., Борисова Ю.Г., Баулин О.А. Башкирский химический журнал. 2025. Т. 32. № 1. С. 79-84.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Новые методы получения полифункциональных органических соединений, обладающих совокупностью ценных свойств (ингибиторы коррозии, антиокислители, ПАВ, пластификаторы и др.), обработка многопараметровых данных натуральных наблюдений мониторинга водных объектов и гидратообразования». (FEUR-2026-0004).

ОЦЕНКА МУЛЬТИТАРГЕТНОГО АНТИНОЦИЦЕПТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ G-104 IN SILICO И IN VIVO В РАМКАХ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ЕГО КАК НЕОПИОИДНОГО АНАЛЬГЕТИКА

Павельев А.Ю., Калюта Т.Ю.

1 - ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России

pavelev674@gmail.com

Актуальность. Кризис опиоидной терапии определяет необходимость разработки безопасных неопиоидных анальгетиков [1]. К перспективным мишеням относятся NaV1.7, NaV1.8, NaV1.9, TRPV1, TRPA1, 5-HT3A-, M2-, EP4- и DP2-рецепторы и cPLA2 [2]. Сочетание методов in silico и in vivo позволяет оценивать мультитаргетный потенциал новых соединений.

Цель: анализ данных in silico и in vivo исследований Г-104 (G-104) при его терапевтическом профилировании как неопиоидного анальгетика.

Материалы и методы. Молекулярный докинг, моделирование молекулярной динамики, исследования in vivo на животных и анализ публикаций о мишенях неопиоидных анальгетиков.

Результаты. Г-104 продемонстрировал мультитаргетный профиль: по данным моделирования молекулярной динамики соединение образует устойчивые комплексы с ацетилхолинэстеразой и DP2-рецептором и не проявляет сродства к μ -, δ - и κ -опиоидным и дофаминовым рецепторам. Молекула синтезирована в ИТХ УрО РАН, относится к 5 классу практически нетоксичных веществ и практически не проникает через гематоэнцефалический барьер. В исследованиях in vivo выявлено выраженное анальгетическое действие, сопоставимое с кеторолаком и трамадолом, при TI=200, отсутствии гастротоксичности, привыкания и физической зависимости. Разработка проводится ИТХ УрО РАН и Саратовским ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России (ЕГИСУ НИОКТР №125061607031-8). Получено разрешение на клиническое исследование Г-104 у здоровых добровольцев (РКИ №291 от 02.07.2026).

Выводы. Методы in silico позволили выявить мультитаргетный профиль Г-104 и отсутствие сродства к опиоидным рецепторам; анальгетическая активность подтверждена исследованиями in vivo.

1. Zeng X., Powell R., Woolf C.J. Mechanism-based nonopioid analgesic targets. J Clin Invest. 2025;135(11):e191346. doi:10.1172/JCI191346.

2. Knezevic N.N., Yekkirala A., Yaksh T.L. Basic/Translational Development of Forthcoming Opioid- and Nonopioid-Targeted Pain Therapeutics. Anesth Analg. 2017;125(5):1714-1732.

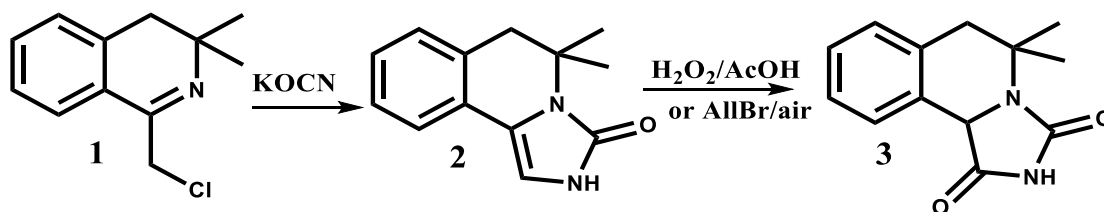
СИНТЕЗ И ОКИСЛЕНИЕ 5,5-ДИМЕТИЛ-5,6-ДИГИДРОИМИДАЗО[5,1-А] ИЗОХИНОЛИН-3(2H)-ОНА

Пегушина А.С., Горбунов А.А., Шкляев Ю.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

pegushina.ar@mail.ru

Нами показано, что 1-хлорметил-3,3-диметил-3,4-дигидроизохинолин [1] (**1**) при взаимодействии с цианатом калия легко даёт ранее не известный 5,5-диметил-5,6-дигидроимидазо[5,1-а]изохинолин-3(2H)-он (**2**) с выходом 53%, который при попытке аллилирования, неожиданно даёт (после колоночной хроматографии) с выходом 45% 5,5-диметил-6,10b-дигидроимидазо[5,1-а]изохинолин-1,3(2H,5H)-дион (**3**). При обработке соединения **2** перекисью водорода в уксусной кислоте гетероцикл **3** образуется со сравнимым выходом 43% (после колоночной хроматографии).



Чистота соединений **2,3** доказана ГХ-МС, а строение - спектроскопией ЯМР ¹H, ¹³C, элементным анализом и РСА.

Работа выполнена в рамках госзадания, номер регистрации 124022200026-7.

2. В.П. Фешин, Строение 1 -хлорметил-3,3-диметил-3,4-дигидроизохинолина / В.П. Фешин, В.С. Шкляев, И.Л. Мисюра, М.Ю. Коньшин, М.И. Вахрин, Ю.Б. Сапожников, Б.Б. Александров. // Ж.О.Х., **1996**. 66(8), 1368-1370.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ ДОЛИ
АМИНОКИСЛОТ В АЛЛЕРГЕНАХ БЕЛКОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА**

Первухина О.Е., Крашенинина М.П.

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», Екатеринбург

pervuhinaoe@uniim.ru

Аллергены – вещества, чаще всего белковой природы, вызывающие аллергию. Аллергия является реакцией иммунной системы организма на повторное введение аллергена, что проявляется повреждением тканей организма в разных формах, например, крапивницей, отеком Квинке, пищевой аллергией или анафилактическим шоком. Вследствие этого необходимо выявлять наличие аллергенов и, согласно ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки», указывать информацию о них вне зависимости от количества, что позволит потребителям с аллергией избегать потенциально опасные для себя продукты питания.

Существующие рутинные методы анализа аллергенов требуют построения градуировочной зависимости с применением веществ с установленной массовой долей основного вещества. Для решения этой задачи необходимо исследовать состав материалов-кандидатов в калибраторы. Поскольку аллергены по большей части белки, то актуальной задачей является разработка методики измерений аминокислотного состава. С целью оценки аминокислотного состава был выбран метод капиллярного электрофореза, который основан на разделении заряженных компонентов сложной смеси в кварцевом капилляре под действием приложенного электрического поля. Эксперименты выполняли с помощью системы капиллярного электрофореза ООО «Люмэкс-Маркетинг». В кварцевый капилляр, заполненный буферным электролитом, помещали микропробу анализируемого раствора. Под воздействием высокого напряжения компоненты смеси разделялись в зависимости от их заряда и ионного радиуса, достигая детектора в разное время. Результаты фиксируются в виде электрофореграммы.

Разработанная методика измерений аминокислотного состава методом капиллярного электрофореза позволит устанавливать массовую долю основного вещества (белка) в материалах-кандидатах в калибранты, путем суммирования массовых долей аминокислот.

ПЕРЕГРУППИРОВКА ВАГНЕРА-МЕЕРВЕЙНА В СИНТЕЗЕ ГЕТЕРОЦИКЛОВ ТИПА АЗАПРОПЕЛЛАНОВ ПО РЕАКЦИИ РИТТЕРА

Перевощикова А.Н., Горбунов А.А., Шкляев Ю.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

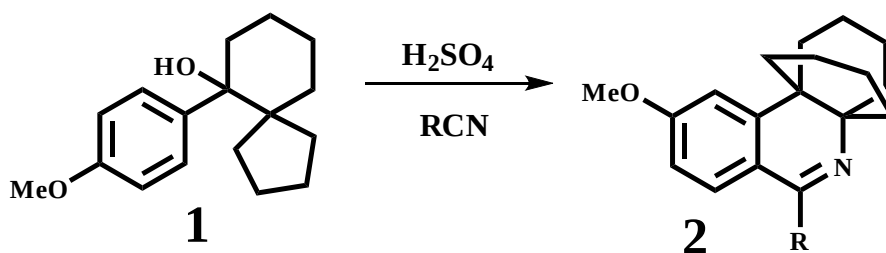
perevoshchikova.a@itcras.ru

Система [4.4.4]пропеллана является достаточно известной [1] однако система 2-аза[4.4.4]пропеллана практически не описана, имеется сообщение только о 3-аза[4.4.3]пропелланах [2].

Ранее нами обнаружено, что перегруппировка Вагнера-Меервейна карбинолов, содержащих циклоалкильный фрагмент, в условиях реакции Риттера может приводить к получению частично гидрированных фенантридинов [3].

Известно, что 3,3,4,4-замещённые 3,4-дигидроизохинолины могут быть получены за счёт перегруппировки Вагнера-Меервейна соответствующих карбинолов.

Нами установлено, что в случае реакции 6-(4-метоксифенил)спиро[4.5]декан-6-ола **1** нитрилами по Риттеру образуются производные 9-метокси-6-R-1,2,3,4-тетрагидро-4a,10b-бутанофенантридина **2**.



R= Me (29%); R= SMe (57%); R= Ph (68%); R= CH₂C₆H₄-NO₂ (29%);
R= 2-Py (48%); R= CH₂COOEt (16%); R= CH₂CONH₂ (37%)

Работа выполнена в соответствии с темой «Разработка методов синтеза ансамблей азотсодержащих гетероциклических систем для нужд медицины и органической фотоники», номер госрегистрации 124022200026-7.

1. O. Ermer, R. Gerdil, J. D. Dunitz // *Helv. Chim. Acta* - 54, 8 (1971), 266
2. H. Torres-Gómez, C. Daniliuc, D. Schepmann, B. Wünsch // *Bioorganic & Med. Chem.* - 26 (2018) 1705-1712.
3. A.N. Perevoshchikova, D.V. Eroshenko, et. al. // *Journal of Het. Chem.* – 56, 5 (2019), 1634-1645.

СИНТЕЗ БИС-ПРОИЗВОДНЫХ ИЗОХИНОЛИНА РЕАКЦИЕЙ ГИДРИРОВАННЫХ ИЗОХИНОЛИНОВ С ГЕКСАМЕТИЛЕНДИИЗОЦИАНАТОМ

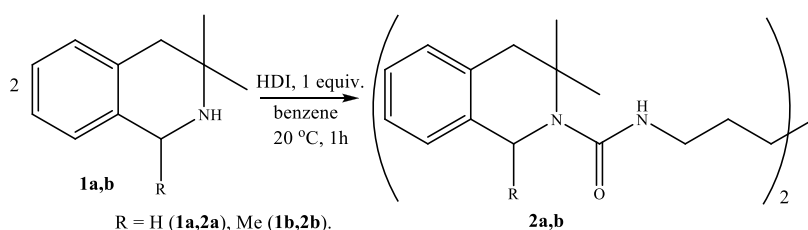
Першина Н.Н., Михайловский А.Г.

Пермская государственная фармацевтическая академия», Пермь

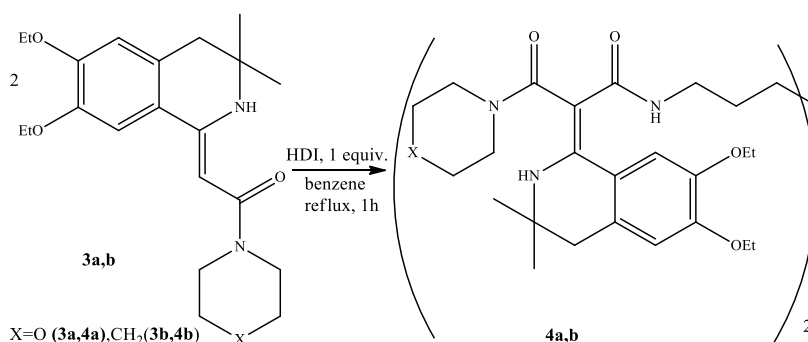
neorghim@pfa.ru

Бис-изохинолины являются важной группой природных и синтетических веществ. Один из возможных путей их синтеза – удвоение молекулы с помощью бифункционального реагента. Широкое применение в химии и промышленности имеет гексаметилендиизоцианат (ГДИ), вступающий в реакции карбамоилирования с разнообразными нуклеофилами. С учетом химической активности и доступности этого реагента целесообразно изучить его реакции с изохинолинами, имеющими в своей структуре необходимые реакционные центры.

Исследования показали, что при реакции соединений **1a,b** ГДИ в соотношении 2:1 в бензоле при 20 °С образуются бис-производные мочевины **2a,b**.



Енаминоамиды **3a,b** при кипячении в бензоле в смеси с ГДИ в течение часа в том же соотношении образуют соответствующие малонодиамиды **4a,b**:



Активными нуклеофилами являются также 1,3,3-триметил-3,4-дигидроизохинолин, наибольшую активность в реакции с ГДИ проявляют третичные енамины рассматриваемого ряда. Аналогичные продукты получены и для бензо- β -конденсированных изохинолинов. Полученные бис-амиды можно рассматривать в качестве потенциальных биологически активных веществ.

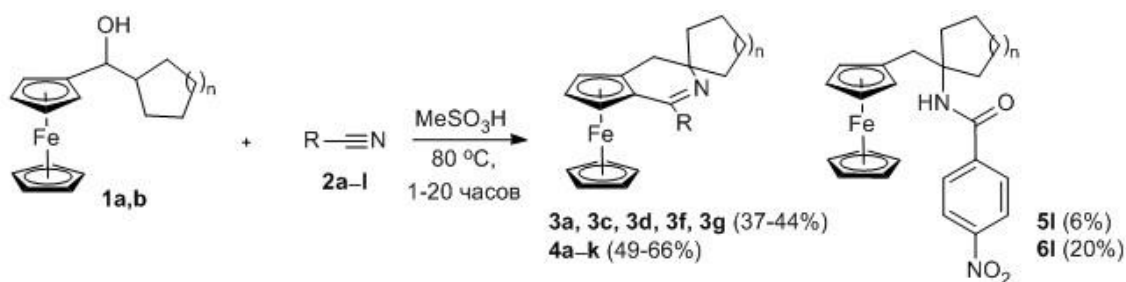
СИНТЕЗ 1-R-4H-СПИРО[ФЕРРОЦЕНО[с]ПИРИДИН-3,1'-ЦИКЛОАЛКАНОВ]

Плеханова И.В., Рожкова Ю.С., Шкляев Ю.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

iri-kocheva@yandex.ru

В продолжение изучения реакции Риттера как метода синтеза производных ферроцена, аннелированных с *аза*-гетероциклами [1, 2], исследовано кислотно-катализируемое взаимодействие ферроценил(циклоалкил)метанолов **1a,b** с нитрилами **2a-l**.



$n = 1$ (**1a, 3a, 3c, 3d, 3f, 3g, 5I**), 2 (**1b, 4a-k, 6I**); $R = \text{Me}$ (**a**), Ad (**b**), Ph (**c**), $4\text{-MeC}_6\text{H}_4$ (**d**), $4\text{-MeOC}_6\text{H}_4$ (**e**), $4\text{-BrC}_6\text{H}_4$ (**f**), $4\text{-CF}_3\text{C}_6\text{H}_4$ (**g**), $3\text{-MeC}_6\text{H}_4$ (**h**), $3\text{-BrC}_6\text{H}_4$ (**i**), $2\text{-MeC}_6\text{H}_4$ (**j**), $2\text{-BrC}_6\text{H}_4$ (**k**), $4\text{-O}_2\text{NC}_6\text{H}_4$ (**l**)

Установлено, что в MeSO_3H при 80°C спирты **1a,b** вступают в реакцию с алифатическими **2a, б** и ароматическими нитрилами **2c-k**, в том числе содержащими как электронодонорные (Me , OMe), так и электроноакцепторные заместители (Br , CF_3), с образованием 1-R-4H-спиро[ферроцено[с]пиридин-3,1'-циклоалканов] **3a, 3c, 3d, 3f, 3g** и **4a-k** с выходами 37–66%. В тех же условиях взаимодействие ферроценил(циклоалкил)метанолов **1a,b** с 4-нитробензонитрилом (**2I**) не приводит к циклическим продуктам. При конденсации спиртов **1a,b** с нитрилом **2I** были выделены только амиды **5I** и **6I** с выходами 6% и 20% соответственно.

Строение синтезированных соединений доказано методами ЯМР ^1H и ^{13}C , ИК-спектроскопии, элементного анализа и масс-спектрометрии.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 124022200026–7

1. Rozhkova Y. S., Plekhanova I. V. et al., *Tetrahedron Lett*, **2019**, 60, 768–772.
2. Rozhkova Y. S., Plekhanova I. V. et al., *Inorganics*, **2022**, 10, 214.

БИОТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МОНОТЕРПЕНОИДОВ

Ившина И.Б.¹, Плотницкая Н.А.¹, Мальцева П.Ю.¹, Ильина И.В.², Волчо К.П.²,
Салахутдинов Н.Ф.²

¹*Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Пермь, Россия*

luchnikova.n@mail.ru

²*Новосибирский институт органической химии имени академика Н.Н. Ворожцова
СО РАН, Новосибирск, Россия*

На основе биоресурсов Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним коллекции ИЭГМ, УНУ/ЦКП 73559/480868, #285 во Всемирной федерации коллекций культур, <http://www.iegmcoll.ru>) отобраны штаммы-активные биотрансформаторы растительных монотерпеноидов (–)-изопулегола, (–)-*транс*-карвеола, (–)-*цис*-карвеола и (–)-L-карвона. Проведены исследования кинетики и механизмов процессов метаболизации данных соединений. Впервые показана способность актиномицетов *Rhodococcus* биотрансформации (–)-изопулегола. Установлено, что представители вида *R. rhodochrous* трансформируют (–)-изопулегол с образованием двух ранее не описанных соединений – (1R,2S,5R)-5-(гидроксиметил)-2-(проп-1-ен-2-ил)циклогексанола и (1R,3R,4S)-3-гидрокси-4-(проп-1-ен-2-ил)циклогексанкарбоксильной кислоты. По результатам анализа предполагаемой биологической активности метаболитов, оба соединения могут обладать антиэкземной, противоопухолевой, противовоспалительной активностью и использоваться в качестве респираторных аналептиков и агентов профилактики рака мочеполовой системы. Проведены всесторонние исследования воздействия (–)-изопулегола на бактериальные клетки, в том числе в присутствии нанотрубок галлуазита в качестве катализатора процесса биотрансформации монотерпеноида. Исследованы генетически обусловленные механизмы бактериальной трансформации (–)-изопулегола и определены ключевые функциональные гены, участвующие в процессе биоконверсии монотерпеноида. Разработан устойчивый биокатализатор на основе иммобилизованных клеток *R. rhodochrous* ИЭГМ 1362, обеспечивающий интенсификацию процесса получения целевых производных (–)-изопулегола.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 24-14-20015). <https://rscf.ru/project/24-14-20015/>.

СИНТЕЗ И ПОИСК ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СРЕДИ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ 4-АРИЛ-N-(ГЕТАР-2-ИЛ)-2-ГИДРОКСИ-4-ОКСОБУТ-2-ЕНАМИДОВ С ЦИНКА ДИХЛОРИДОМ

Полежаева В.Д., Краснова А.И., Пулина Н.А.

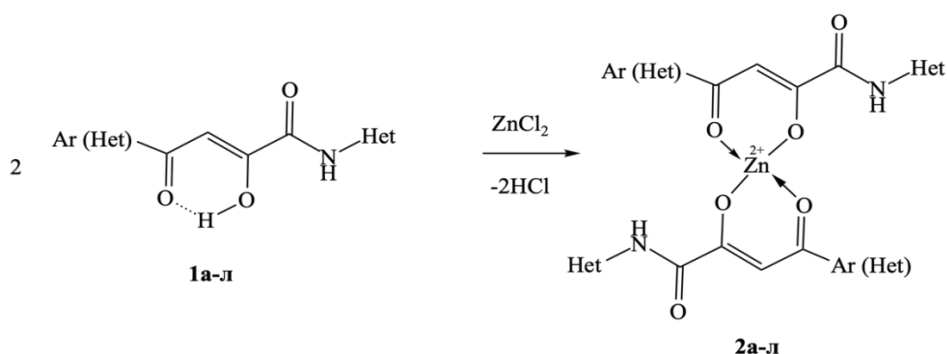
Пермская государственная фармацевтическая академия, Пермь

polezgaevalera@inbox.ru

Перспективными объектами исследования являются производные 4-(гет)арил-2,4-диоксобутановых кислот, в частности – их координационные соединения с ионом цинка, способные проявлять широкий спектр биологической активности за счет сочетания фармакологических свойств органического лиганда и физиологической роли Zn^{+2} . В связи с этим представляло интерес получить новые цинкосоодержащие комплексы данных производных и провести первичный скрининг их гипогликемической активности.

Нами осуществлен синтез целевых бис{[4-(гет)арил-1-[(гетар-2-ил)амино]-1,4-диоксобут-2-ен-2-ил]окси}цинка (**2а-л**) в результате реакции взаимодействия 4-арил-N-(гетар-2-ил)-2-гидрокси-4-оксобут-2-енамидов (**1а-л**) с цинка дихлоридом в среде этилового спирта при комнатной температуре и мольном соотношении 2:1 (лиганд – металл):

Схема 1.



Оценку гипогликемического эффекта исследуемых соединений проводили на модели аллоксан-индуцированного сахарного диабета у белых беспородных крыс обоего пола массой 180–260 г.

По результатам проведенного биологического исследования установлено, что в используемых дозах и условиях эксперимента *in vivo* комплексные соединения цинка **2а-л** и исходные N-гетариламиды **1а-л** не вызывали статистически значимых изменений уровня глюкозы в крови животных по сравнению с контрольной группой, что свидетельствует об отсутствии выраженной гипогликемической активности.

ФЕРМЕНТОПОДОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРОКАТЕХИНОВ

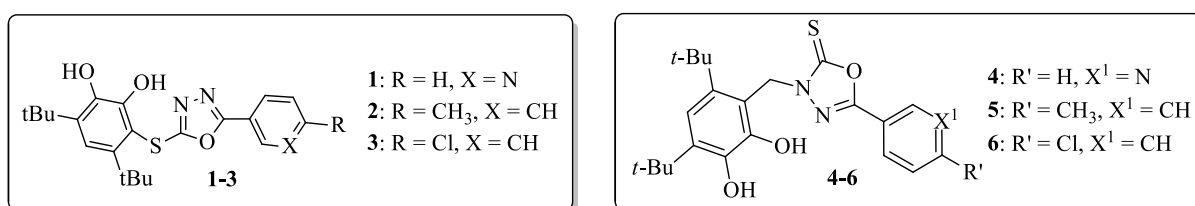
Половинкина М.А.¹, Осипова В.П.¹, Колумбет А.Д.¹, Бурмистрова Д.А.², Берберова Н.Т.²

¹Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону

²Астраханский государственный технический университет, Астрахань

m.pоловинкина@astu.ru

Проведена оценка ферментоподобной (супероксиддисмутазной и каталазной) активности новых производных пирокатехина **1-6** в трёх экспериментальных условиях: в водной среде без добавления плазмы (**A**), в присутствии плазмы крови женщин с нормально протекающей беременностью (**B**) и с патологической беременностью (**C**).



В водной среде большинство соединений проявляют прооксидантные свойства в модельной системе аутоокисления адреналина (СОД-подобная активность) (табл.).

Таблица. СОД- и КАТ-подобные активности производных **1-6**

	СОД-подобная активность, % ингибирования			Расщепление H ₂ O ₂ , Const *10 ⁻⁵		
	A	B	C	A	B	C
Контроль		35.44± 0.92	24.04± 0.84	1.65 ± 0.06	15.08± 0.60	10.48± 0.26
1	-57.08 ± 1.14	22.68± 0.45	68.23± 2.31	9.80± 0.34	14.41± 0.58	12.24± 0.37
2	-4.89 ± 0.12	45.86± 1.88	28.40± 0.57	3.73± 0.13	13.34± 0.27	7.55± 0.18
3	-98.90 ± 2.95	19.87± 0.60	42.83± 0.86	2.93± 0.12	15.08± 0.45	8.64± 0.29
4	-66.55 ± 1.33	-61.14± 1.96	-71.85± 2.01	4.33± 0.15	16.68± 0.50	7.43± 0.29
5	-85.47 ± 3.19	62.51± 1.75	-29.62± 0.89	3.07± 0.08	14.42± 0.64	8.49± 0.32
6	-58.51 ± 1.83	52.07± 1.82	-3.74± 0.10	2.57± 0.10	15.75± 0.39	9.13± 0.22

В группе **B** наблюдается инверсия свойств соединений на антиоксидантные, за исключением **4**. Максимальная СОД-подобная активность установлена для производного **5**. В группе **C** промотирующее действие сохраняется для соединений **4-6**, для соединения **1** установлена наибольшая антиоксидантная активность, превышающая аналогичные значения в группе **B**. Активность подобная каталазе (КАТ-подобная активность) в группах **B** и **C** достоверно выше, чем в водной среде, но для всех соединений отмечено снижение активности в группе **C** в сравнении с группой **B**. Полученные данные свидетельствуют о дифференцированном влиянии структурных модификаций оксадиазольного фрагмента на ферментоподобные свойства, а также о значимом модулирующем эффекте плазмы крови, зависящем от гестационного статуса донора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда, грант № 23-13-00201-П

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА 5-HT_{3A} И DP₂ КАК ОСНОВА МУЛЬТИТАРГЕТНОГО АНАЛЬГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДНОГО ИЗОХИНОЛИНА G-104

Пузанов-Тюрин Д.А.¹, Фомина Ю.А.¹, Калюта Т.Ю.¹, Смоляк А.А.², Астафьева С.А.²,

Решетова Е.Н.², Стрельников В.Н.², Федонников А.С.¹

¹ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, Саратов

²«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

daniilpuzanov27@gmail.com

Актуальность. Поиск мощных и безопасных анальгетиков, свободных от недостатков опиоидов и нестероидных противовоспалительных средств, остаётся одной из центральных проблем фармакологии. Синтетическое производное изохинолина G-104 (6-(3,3-диметил-3,4-дигидро-изохинолин-1-ил)аминогексановая кислота) проявило выраженную анальгетическую активность в доклинических испытаниях [1,2], однако его молекулярные мишени до настоящего времени оставались нераскрытыми.

Целью данной работы стала идентификация молекулярных мишеней и механизма обезболивающего действия нового изохинолинового производного с помощью комплексного *in silico* подхода, объединяющего виртуальный скрининг биомишеней (SwissTargetPrediction, SEA, TargetNet, PPB2), молекулярный докинг (Glide, Schrödinger) и молекулярную динамику (GROMACS, 200 нс, силовое поле AMBER).

Результаты. С опорой на ранее накопленные экспериментальные данные впервые расшифрован механизм анальгетического эффекта G-104. Ключевыми мишенями идентифицированы серотониновый рецептор 5-HT_{3A} и рецептор простагландина D₂ (DP₂). По данным молекулярного докинга, G-104 образует с обоими рецепторами комплексы, характерные для антагонистов, а моделирование молекулярной динамики комплекса с DP₂ подтвердило его исключительную стабильность на протяжении 200 нс.

Выводы. Одновременное подавление серотониновой модуляции боли и противовоспалительного сигналинга простагландина D₂ — отлично объясняет мощный и длительный обезболивающий эффект, наблюдавшийся *in vivo*, и предсказывает низкий риск центральных и вегетативных побочных эффектов. Полученные результаты позволяют рассматривать G-104 как первого представителя нового класса периферических мультитаргетных и безопасных анальгетиков.

Список литературы

1. Зенкова Е.А. Доклиническое исследование соединения Г-104 – ненаркотического анальгетика на основе производных изохинолина и гексановой кислоты: Дис. ... канд.фарм. наук. – Волгоград; 2016
2. Вихарев Б. Ю. Противовоспалительная и анальгетическая активности производных 3,3-диалкил-3,4-дигидроизохинолинов и фенэтиламидов. автореф. дис. ... канд.биол. наук. –2005; Томск.

Данная работа выполнена в рамках реализации тематики государственного задания Минздрава России «Разработка нового неопиоидного лекарственного средства для лечения хронических болевых синдромов у пожилых»; ЕГИСУ НИОКТР № 125061607031-8 от 12.01.2026.

**ВАЛИДАЦИЯ ВЭЖХ-МЕТОДИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ НОВОГО НЕОПИОИДНОГО
АНАЛЬГЕТИКА, ПРОИЗВОДНОГО 3,4-ДИГИДРОИЗОХИНОЛИНА – G-104**

Решетова Е.Н., Смоляк А.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

lenire@yandex.ru

Разработан и валидирован простой, точный, прецизионный и надежный ВЭЖХ метод для определения качественного и количественного состава родственных примесей в активной фармацевтической субстанции (АФС) неопиоидного анальгетика, 6-(3,3-диметил-3,4-дигидроизохинолин-1-ил)аминогексановой кислоты -G-104 [1]. Результат достигнут с использованием хроматографической колонки Zorbax-Eclipse-XDB-C8 (150×4.6 мм, 5 мкм), фосфатного буфера, доведенного раствором аммиака до pH 6.8 (±0.05), с ацетонитрилом в соотношении 70:30 в качестве элюента при скорости потока 0.8 мл/мин, температуре колонки 30°C и УФ-детектировании при длине волны 210 нм. Время удерживания G-104 составляет 2.22 минуты, а общее время анализа не превышает 10 минут. Метод демонстрирует высокую разрешающую способность между пиком G-104 и пиками родственных примесей. Метод валидирован по линейности, пределам обнаружения и количественного определения, прецизионности, точности, робастности и специфичности. Метод линеен в диапазоне концентраций 1–1000 мкг/мл для АФС и позволяет определять ее родственные примеси в диапазоне концентраций 0.05-5 мг/мл для 6-аминогексановой кислоты (примесь А) и 0.5-50 мкг/мл для 3,3-диметил-3,4-дигидроизохинолин-1(2H)-она (примесь Б). Специфичность метода продемонстрирована его способностью разделять АФС и продукты ее деградации, образующиеся в условиях форсированной деградации: термической, гидролитической, окислительной, кислотной, щелочной, влажностной и низкотемпературной. Предложенный метод ВЭЖХ позволяет оценить стабильность АФС, является простым, точным, специфичным, надежным и воспроизводимым. Метод может быть использован для контроля качества и исследований стабильности АФС, а также для определения синтетических и деградационных примесей в АФС.

1. Патент RU № 2563244. Способ получения n-(3,3-диметил-3,4-дигидроизохинолил-1)-6-аминокапроновой кислоты. Опубл. 20.09.2015. Б. № 26

Работа выполнена в соответствии с темой «Разработка методов синтеза ансамблей азотсодержащих гетероциклических систем для нужд медицины и органической фотоники», номер госрегистрации 124022200026-7.

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ ЧАСТИЧНО ГИДРИРОВАННЫХ СПИРО[ИНДОЛ-3,1'-ЦИКЛОГЕКСАН]-2'-ЕН-6'-ОНОВ

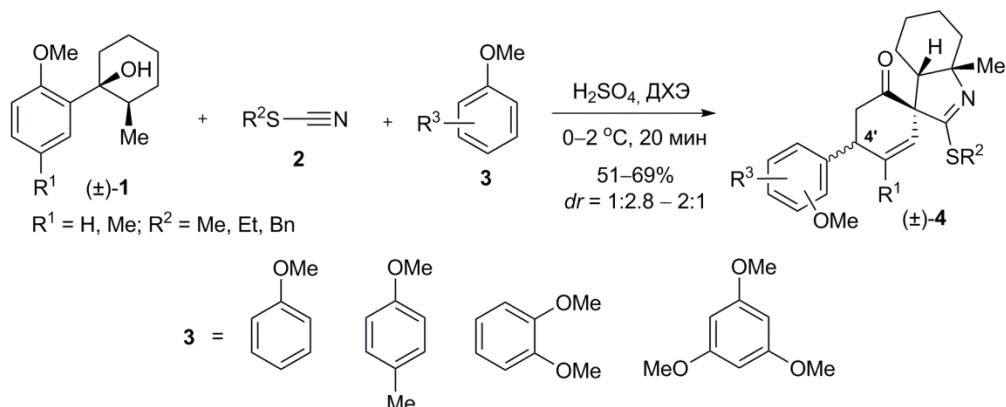
Рожкова Ю.С., Шкляев Ю.В.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

rjs@mail.ru

Внутримолекулярная электрофильная деароматизация на основе реакции Риттера является эффективным подходом для направленного синтеза полициклических гетероциклов [1], в том числе содержащих спироциклические фрагменты [2].

В развитие исследований синтетического потенциала данного метода изучена конденсация (1*S**,2*R**)-2-метил-2-(5-*R*-2-метоксифенил)циклогексан-1-олов **1**, тиоцианатов **2** и метоксибензолов **3** в условиях катализа серной кислотой. Установлено, что в результате этого превращения реализуется последовательность внутримолекулярная электрофильная *ipso*-деароматизация по реакции Риттера/нуклеофильный перехват спиро- σ -интермедиата с образованием частично гидрированных спиро[индол-3,1'-циклогексан]-2'-ен-6'-онов **4** в виде смесей *C*-4'-эпимеров с выходами 51–69%.



Структура соединений **4** подтверждена данными ЯМР ^1H и ^{13}C , ИК-спектроскопии, элементного анализа и масс-спектрометрии.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 124022200026–7

[1] Rozhkova Y.S., Pegushina A.S., Morozov V.V., Eroshenko D.V., Shklyayev Y.V. *Tetrahedron Lett.* **2026** (175) 155904.

[2] Rozhkova Y.S., Pegushina A.S., Morozov V.V., Shklyayev Y.V. *Tetrahedron Lett.* **2025** (155) 55423.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННОЙ ОТБЕЛЬНОЙ ГЛИНЫ И ПЕРЕРАБОТКА ОСТАТОЧНОГО МАСЛА В БИОДИЗЕЛЬ

Савельева Д.О.^{1,2}, Маркин З.А.¹, Головачёва А.А.¹, Смородин К.А.^{1,2},

Атласкина М.Е.^{1,2}, Казарина О.В.¹.

¹НИИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск

²РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва

saveleva.d.o@muctr.ru

Отработанная отбельная глина (ООГ), образующаяся при рафинировании растительных масел, представляет собой потенциально опасный отход, содержащий остаточное масло, жирные кислоты, фосфолипиды, неорганические примеси и соединения тяжёлых металлов. Ненадлежащее обращение с ООГ может приводить к загрязнению окружающей среды и самовозгоранию. Целью работы являлась разработка комплексного способа её переработки с регенерацией минеральной части и использованием извлечённого масла для получения биодизеля.

Регенерацию проводили посредством экстракции остаточного масла, кислотной модификации и пиролиза. Установлено, что жирнокислотный состав выделенного масла близок к составу нерафинированного подсолнечного масла. Основным компонентом являлась линолевая кислота, содержание которой составляло около 66 %, что подтверждает пригодность остаточного масла для производства биодизеля.

Удельная площадь поверхности свежей отбельной глины составляла $166,1 \pm 1,7$ м²/г. Наиболее эффективным режимом регенерации оказалось сочетание обработки 10%-ным раствором серной кислоты и пиролиза при 550 °С. Удельная площадь поверхности полученного материала достигала $252,1 \pm 1,7$ м²/г. Повышение концентрации кислоты и температуры пиролиза приводило к снижению данного показателя. Содержание тяжёлых металлов в регенерированной глине не превышало нормативных значений. Показатели качества и окислительная стабильность масла после обработки регенерированным адсорбентом были сопоставимы с результатами, полученными при использовании свежей отбельной глины. Таким образом, предложенный подход позволяет одновременно получать регенерированный адсорбент и органическую фракцию, пригодную для производства биодизеля, снижая объём и экологическую опасность отходов масложировой промышленности.

Исследование было выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Лаборатория ионных материалов (ЛИМ), проект № FSSM-2024-0006.

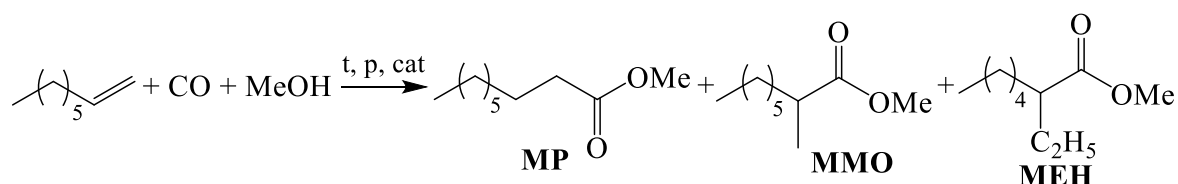
МЕТОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЕ ОКТЕНА-1, КАТАЛИЗИРУЕМОЕ ПАЛЛАДИЙ-ФОСФИНОВОЙ СИСТЕМОЙ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ, МЕХАНИЗМ

Севостьянова Н.Т., Баташев С.А., Козленко Д.К., Семенова М.С.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула

sevastyanova.nt@gmail.com

Метоксикарбонилирование октена-1, катализируемое палладийфосфиновыми системами, приводит к образованию изомерных сложных эфиров:



Целевой продукт (MP) представляет интерес в синтезе лекарственных субстанций. С целью определения оптимальных условий его синтеза были изучены кинетические закономерности указанной реакции при использовании наиболее доступной каталитической системы $\text{Pd}(\text{OAc})_2 - \text{PPh}_3$ – *p*-толуолсульфокислота. Реакцию изучали в стальном периодическом реакторе, рассчитанном на работу при повышенном давлении. Пробы реакционной массы анализировали методом ГЖХ. Методика эксперимента изложена в работе [1]. В исследуемом широком диапазоне условий реакция протекала региоселективно по MP, но осложнялось его изомеризацией в октен-2. Были получены кинетическая модель и модель селективности реакции, работающие на всем ее протяжении до области глубоких конверсий октена-1 и составляющие основу для проектирования реактора синтеза MP и технологии его получения. Найдены оптимальные условия для достижения $\text{TOF} > 10^{-2} \text{с}^{-1}$. Интерпретация установленных закономерностей дана в рамках схемы гидридного механизма, дополненного реакциями образования малоактивных Pd-комплексов. Для образования MMO и MEN предложено несколько маршрутов, в соответствии с которыми, в частности, MMO образуется из октена-1 и октена-2. Были получены близкие значения эффективных энергий активации для реакции образования MP и суммы сложных эфиров. Эффективная энергия активации реакции образования MMO оказалась ниже энергии активации реакции образования MP.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 25-23-20019.

Литература

1. Sevostyanova N.T., Batashev S.A., Kozlenko D.K. // J. Catal. 2026. V. 455. 116674.

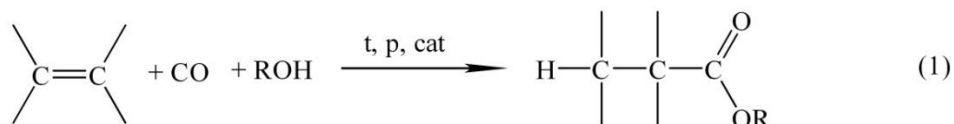
АЛКОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЕ АЛКЕНОВЫХ СУБСТРАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СИНТЕЗЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ

Севостьянова Н.Т.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула

sevostyanova.nt@gmail.com

Алкоксикарбонилирование алкеновых соединений – одностадийный, атомно-экономичный и ресурсосберегающий способ получения сложных эфиров (схема (1)).



При использовании наиболее активных и селективных гомогенных каталитических систем на основе соединений Pd, промотированных свободными органофосфинами и сильными кислотами НА, эта реакция протекает региоселективно с образованием изомерных сложных эфиров при температуре до 120 °С и давлении СО 0,3–3,0 МПа.

Благодаря открытию изомеризационного алкоксикарбонилирования интернальных алкенов были осуществлены синтезы следующих продуктов: диметиладипината из смеси метилпентеноатов (исходное сырье – лигноцеллюлоза), линейных сложных диэфиров из ненасыщенных жирных кислот и их производных (в т.ч. из метилолеата, пальмитолеиновой кислоты, линолевой и линоленовой кислот), сложные эфиры разветвленных ненасыщенных карбоновых кислот из цитронелловой кислоты (исходное сырье – цитронелловое масло) и β-мирцена (исходный субстрат – β-пинен, содержащийся в скипидаре) [1]. Полученные продукты находят применение в основном в синтезе полимеров, в частности полиэфира, приближающегося по свойствам к полиэтилену низкой плотности. Особого внимания заслуживают одnoreакторные процессы, в частности одnoreакторный процесс алкоксикарбонилирования-полимеризации 10-ундеценола (исходное сырье – касторовое масло). Наряду с гомогенными каталитическими системами, содержащими кислоты НА, для реакции (1) были разработаны высокоэффективные гомогенные системы, не содержащие кислоты НА, а также гетерогенные катализаторы [2, 3].

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 25-23-20019.

Литература

1. Севостьянова Н.Т., Баташев С.А. // Катализ в промышленности. 2023. Т. 15. С. 37.
2. Sevostyanova N.T., Batashev S.A. // Chem. Eng. J. 2025. V.523. 168189.
3. Sevostyanova N.T., Batashev S.A. // Eur. J. Org. Chem. 2025. V. 28. e202401010.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ 2,1,3- БЕНЗОХАЛЬКОГЕНАДИАЗОЛОВ ФОРМАМИДИНТОМ ИТТЕРБИЯ(II)

Селезнев В.Е., Пушкаревский Н.А., Сухих Т.С., Конченко С.Н.

Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск

Vas.selez123@gmail.com

В настоящее время активно исследуются методы восстановительной активации малых молекул. Разнозамещённые бензохалькогенадиазолы ($BQD = C_6H_4N_2Q$, $Q = S, Se, Te$) являются хорошими предшественниками анион-радикалов из-за высокого сродства к электрону, а также проявляют выраженные люминесцентные свойства и используются в качестве хромофорных фрагментов. Такие соединения также используются как основа для металлорганических координационных полимеров (МОКП или MOF). Нас заинтересовала возможность получения и стабилизация анион-радикальных форм данных молекул. Один из способов достижения данных целей – использование соединений двухвалентных лантаноидов (Ln^{2+}). Данное исследование посвящено комплексам Yb с формамидинатным лигандом ($^{dipp}Form^- = HC(Ndipp)_2^-$, где $dipp = 2,6$ -диизопропилфенил). В подобных комплексах фрагмент $\{Yb(dippForm)_2\}$ является гибким, то есть, он может изменять свою геометрию в зависимости от стерических свойств других лигандов за счет изменения собственной геометрии. Использование эфирных донорных лигандов, таких как ТГФ, может привести к протеканию побочных процессов. Поэтому в работе мы исследовали реакционную способность формамидината иттербия(II) $Yb(^{dipp}Form)_2$, который может быть как бессольтватным, так и координированным молекулой ТГФ.

Координация к катиону Ln^{3+} позволяет стабилизировать анион-радикальные формы восстанавливаемых субстратов. Так, при восстановлении 2,1,3-бензохалькогенадиазолов ($BQD = C_6H_4N_2Q$, $Q = S, Se, Te$) $Yb(^{dipp}Form)_2$ в случае $Q = S$ образуются соединения состава $[\{Yb(^{dipp}Form)_2\}_2(\mu_2-BQD)_2]$. Здесь мостиковые молекулы гетероцикла лежат параллельно друг другу на расстоянии 3,0 Å, что допускает возможность стекинг-взаимодействия. В аналогичной реакции теллур проявляет прочные халькогеновые связи $N \cdots Te$, поэтому образуется комплекс подобного состава с плоским бис-теллурадиазольным фрагментом.

Благодарности: Авторы выражают благодарность Минобрнауки России и Центру коллективного пользования ИХХ СО РАН.

О ХОДЕ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА СОСТАВА МЕТИЛОВОГО ЭФИРА МИРИСТИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Сергеева А.С., Тарасов О.С., Шохина О.С., Макарова С.Г.

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», Екатеринбург

sergeevaas@uniim.ru

Миристиновая кислота $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$ – одноосновная предельная карбоновая кислота, входящая в состав животных жиров и ряда растительных масел и применяемая в медицине и косметологии. Для идентификации и количественной оценки этой кислоты в пищевых продуктах, фармацевтических препаратах и косметической продукции требуется применение стандартных образцов (СО) состава метилового эфира миристиновой кислоты. В настоящее время в государственном реестре утвержденных типов СО состава метилового эфира миристиновой кислоты отсутствует.

В качестве материала СО использован реактив метилового эфира миристиновой кислоты производства Tokyo Chemical Industry CO., LTD (Япония), представляющий собой бесцветную жидкость с массовой долей основного компонента не менее 98 %. Идентификация проведена методами ИК Фурье спектроскопии путем сравнения со справочными спектрами, а также газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием (ГХ-ПИД) по времени удерживания хроматографических пиков с применением иностранного СО – CRM Supelco 37 Component FAME Mix.

Материал СО расфасован массой не менее 200 мг в флаконы из темного стекла с крышкой, запаянные во влагонепроницаемый пакет из полиэтилена. Исследование однородности и установление аттестованного значения проведено с применением шести экземпляров СО. Содержание родственных примесей оценено методом ГХ-ПИД, воды – методом кулонометрического титрования по Карлу Фишеру, остаточных органических растворителей – методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, примесных элементов – методом масс-спектропии с индуктивно-связанной плазмой. Для исследования стабильности экземпляры СО помещены на хранение при температуре окружающего воздуха (7 ± 3) °С и относительной влажности не более 60 %. Планируемый срок годности составляет 12 месяцев.

В ходе проведенных исследований установлено, что аттестованное значение массовой доли метилового эфира миристиновой кислоты в СО составляет $(99,8\pm 0,5) \%$.

ПРОДУКТЫ КОНДЕНСАЦИИ 4,5-ДИФЕНИЛТИОФЕНКАРБАЛЬДЕГИДА И ИХ ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

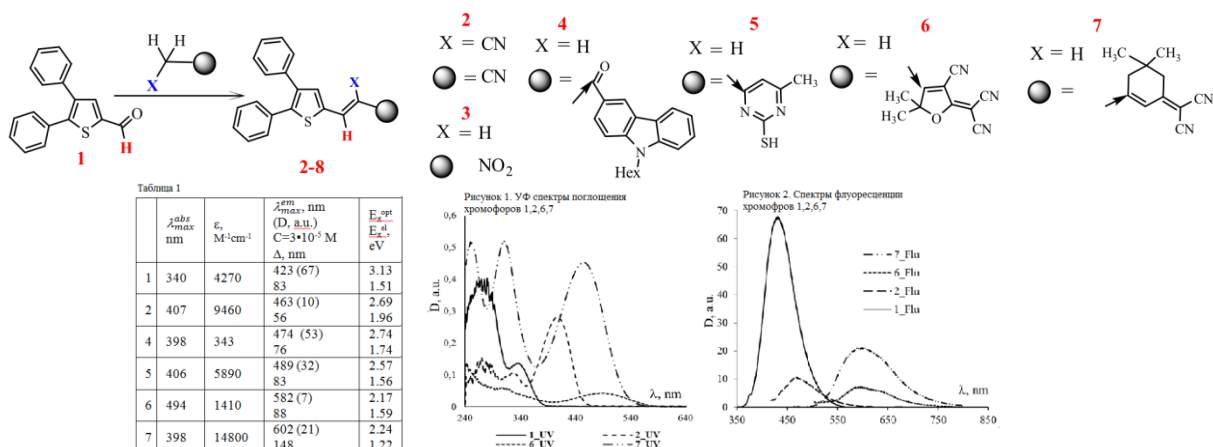
Старикова Н.Д.^{1,2}, Шкляева Е.В.¹, Бакиев А.Н.^{1,2}

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

²«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

natalis.domini02@mail.ru

Ароматические серосодержащие соединения активно используются в создании π -сопряженных структур, обладающих полупроводниковыми и люминесцентными свойствами [1,2]. Нами синтезированы и исследованы шесть хромофоров **1-7**, в которых электронодонорный 2,3-дифенилтиофеновый фрагмент (diPhTh) связан через мостики различной длины с электроноакцепторными группами (схема). Выполнено исследование оптических и электрохимических свойств синтезированных в работе хромофоров (табл. 1). Приведены УФ спектры поглощения и спектры флуоресценции хромофоров **2,6,7**, включающих DCM фрагмент, разно удаленный от электронодонорного diPhTh-цикла, в сравнении со спектрами альдегида **1** (рис. 1,2).



Найдено, что хромофор **6** поглощает в наиболее длинноволновой области спектра, а хромофор **7** излучает в наиболее длинноволновой области, он же обладает самыми высокими значениями коэффициента молярного поглощения и сдвига Стокса, а также наименьшими значениями ширины запрещенной зоны. Хромофоровы **2** и **5**, так же включающие два ЭА атома азота, обладают одинаковыми значениями длинноволновых максимумов, но очень разной интенсивностью поглощения. Определены квантовые выходы хромофоров **5** и **7**; они составили 9% и 17.9%, соответственно.

1. S. Hennessey *et al.*, ChemPhotoChem., 2018, 2 (3), 136.

2. M. Li *et al.*, Adv. Mater., 2026, 38 (12), e21581.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ DFT И СВЯЗАННЫХ КЛАСТЕРОВ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СТРУКТУРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРОМАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ И АМИНОВ

Терентьев А.В., Варфоломеева В.В.

Самарский университет, Самара

varf2@ssau.ru

Изучение пространственного строения и термодинамической стабильности ароматических спиртов и аминов имеет фундаментальное значение для органического синтеза. Данные соединения представляют собой классические модели конформационно гибких систем, в которых пространственная структура определяется сложным балансом между жесткими ковалентными связями и слабыми нековалентными взаимодействиями. Точные геометрические параметры и энергетические барьеры конформационных переходов определяют степень сопряжения функциональных групп с π -системой кольца, что напрямую влияет на прогнозирование региоселективности реакций и каталитическую активность молекул. Моделирование таких систем сопряжено с фундаментальным противоречием между точностью воспроизведения термодинамических параметров и реальной газовой геометрией.

Проверенный временем функционал B3LYP демонстрирует значительные погрешности при расчете энергии (~5–10 кДж/моль) по сравнению с современными *meta*-GGA функционалами и эталонным уровнем CCSD(T)/CBS. Однако при прогнозировании геометрии нежестких конформеров B3LYP обеспечивает очень высокую точность: отклонения расчетных торсионных углов от экспериментальных данных газовой электронографии не превышают нескольких градусов. В то же время, современные теоретически более строгие методы (MP2, PBE0), а также передовые функционалы (ω B97M-D4 и ω B97M-V) приводят к отклонениям торсионных углов до 20°. В масштабах реального органического синтеза погрешности такого уровня означают, что теоретическая модель может предсказать иную реакционную способность и неверное направление химического процесса. Это делает калибровку расчетных методов DFT необходимой для практики.

В работе проведена верификация комбинированного подхода DLPNO-CCSD(T)//B3LYP и выбранного набора функционалов плотности в программе ORCA для поиска надежной методологии.

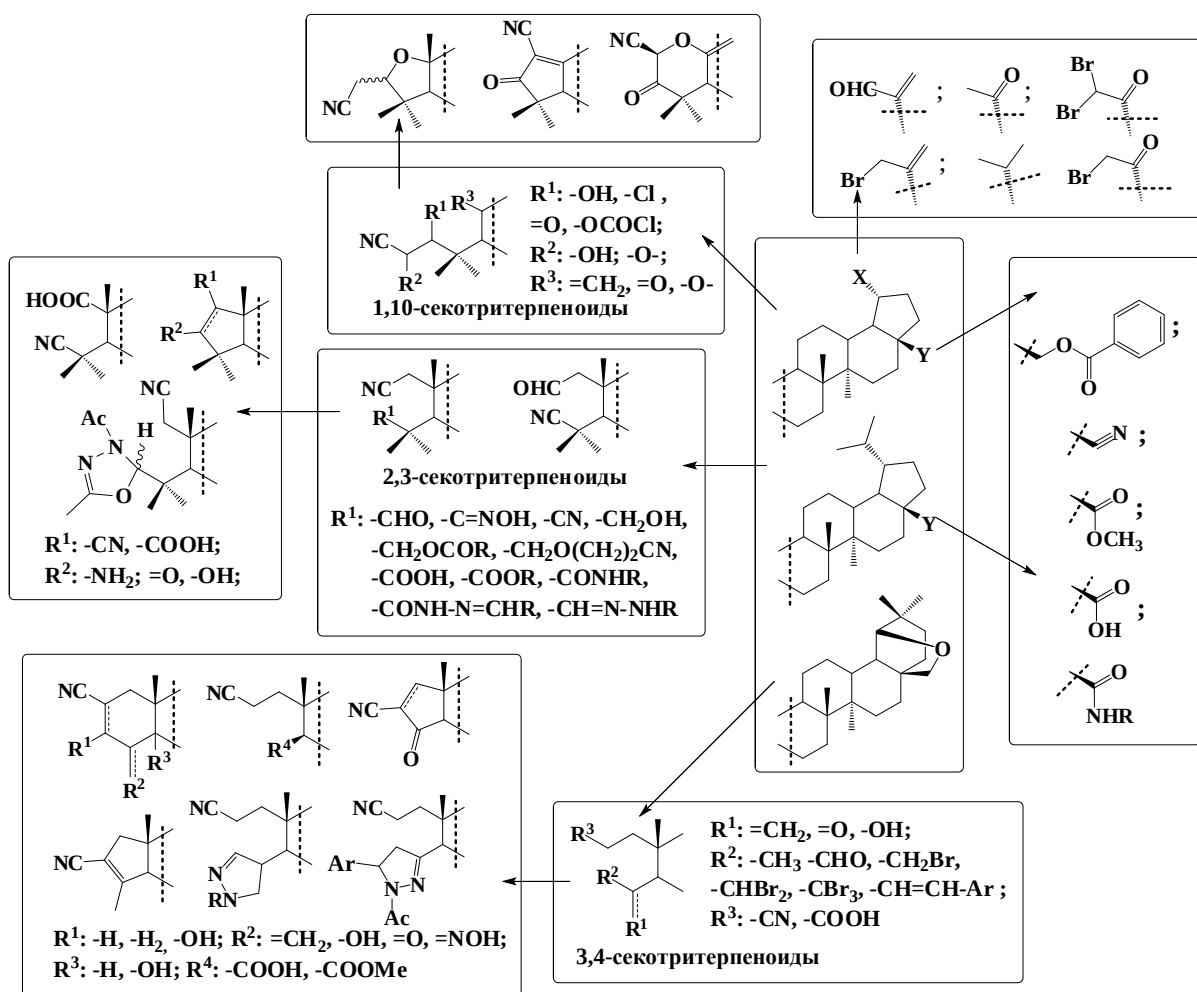
ХИМИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ НИТРИЛСОДЕРЖАЩИХ ПЕНТАЦИКЛИЧЕСКИХ А-СЕКОТРИТЕРПЕНОИДОВ

Толмачева И.А.

«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь

tolmair@gmail.com

Функционализация и скелетные модификации пентациклических 1,10-, 2,3- и 3,4-секотритерпеноидов, содержащих нитрильную функцию в кольце А, привели к широкому спектру моно- и бифункционализированных А-секо- и А-циклических тритерпеновых производных.



Работа выполнена в рамках Государственного задания: номер государственной регистрации темы №124021400012-1.

ГИДРОЛИЗ N^1, N^4 -АЛКИЛИРОВАННЫХ-6,7-ДИНИТРОХИНОКСАЛИН-2,3-ДИОНОВ

Устинов И.И.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого

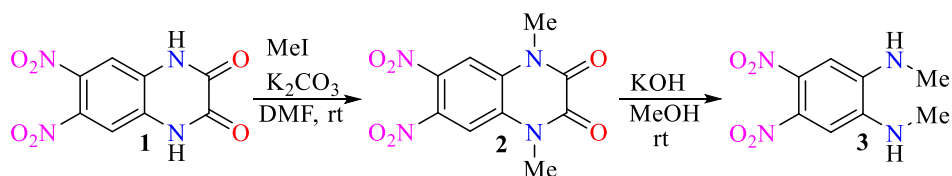
(Университет Льва Толстого), Тула

bai2688@mail.ru

Глутаматные рецепторы являются одной из важных мишеней для исследований в области разработки нейротерапевтических препаратов. Типичными антагонистами таких рецепторов являются нитропроизводные хиноксалин-2,3-диона [1-2].

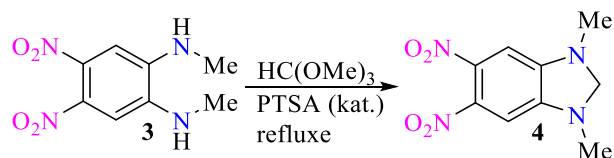
В настоящей работе исследовано N -алкилирование 6,7-динитрохиноксалин-2,3-диона (DNQX) (**1**) йодметаном и гидролиз продукта **2** этого взаимодействия (схема 1). N -алкилирование протекает в мягких условиях в среде ДМФА при комнатной температуре сразу по всем атомам азота. Гидролиз соединения **2** в метанольном растворе КОН проходит неожиданно быстро при комнатной температуре с образованием N^1, N^2 -диметил-4,5-динитробензол-1,2-диамина (**3**).

Схема 1



Полученный таким образом диамин **3** представляет интерес как предшественник в синтезе редких азотсодержащих гетероциклов с *орто* расположением нитрогрупп в бензольном цикле, недоступных для получения через реакции нитрования. На схеме 2, в качестве примера, приведен синтез 1,3-диметил-5,6-динитро-2,3-дигидро-1*H*-бензо[*d*]имидазола (**4**), полученный кипячением **3** в ортоэфире.

Схема 2



Литература

- [1] P. Chałupnik, E. Szymańska, *Int. J. Mol. Sci.* **2023**, 24, 1908.
- [2] E.A.Golubeva, M.I.Lavrov, E.V.Radchenko, V.A.Palyulin, *Biomolecules* **2023**, 13, 56.

«ONE-POT» СИНТЕЗ ТРИЙОДИДОВ ДИЭТИЛБЕНЗИМИДАЗОЛИЯ

Устинов И.И.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого

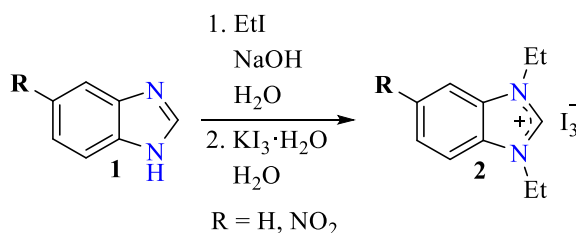
(Университет Льва Толстого), Тула

bai2688@mail.ru

Трийодиды 1,3-бис(алкил)бензимидазолия, 1,3-бис(карбоксиметил)имидазолия, *N*-децилпиридиния, *N*-цетилпиридиния, *N*-метилуротропиния проявляют антисептические свойства. При этом в литературе приводятся различные методы синтеза указанных соединений [1-3].

В настоящей работе представлен одностадийный способ получения трийодидов диэтилбензимидазолия (2), заключающийся в алкилировании бензимидазолов **1EtI** в воде в присутствии NaOH (схема). На втором этапе, к образовавшемуся раствору йодида диэтилбензимидазолия прибавляют водный раствор трийодида калия и в результате обменной реакции выпадает тяжелый осадок соединений **2** с суммарным выходом до 80%. Трийодиды хорошо кристаллизуются из этанола в виде темно-бордовых игольчатых кристаллов.

Схема



Литература

- [1] P. J. Stang, V. V. Zhdankin, *Chem. Rev.* **1996**, 96 (3), 1123-1178.
- [2] Л. Г. Шагун, И. А. Дорофеев, Л. В. Жилицкая, Н. О. Ярош, Л. И. Ларина, *ЖОрХ*, **2019**, 55 (7), 1084-1088.
- [3] Н. О. Ярош, Л. В. Жилицкая, И. В. Стерхова, И. А. Дорофеев, *Russ. Chem. Bull.* **2025**, 75 (1), 215-224.

СИНТЕЗ ФЕНОЛЬНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ НА ОСНОВЕ 3,5-ДИ-ТРЕТ-БУТИЛ-4-ГИДРОКСИБЕНЗИЛОВОГО СПИРТА: ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Фетисов Д.А., Канашин А.С., Красных Е.Л.

Самарский государственный технический университет, Самара

fetis.dim@gmail.com

Пространственно-затрудненные фенолы – востребованные антиоксиданты для полимеров, выпускаемые в России под торговой маркой «Агидол». В молекулярной структуре данных соединений отсутствуют дополнительные кислородсодержащие группы в заместителях, влияющие на ключевые характеристики: сродство к полимеру и склонность к выпотеванию. Разработанная технология синтеза 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксibenзильового спирта и его сложных эфиров позволяет предложить принципиальную технологическую схему получения антиоксидантов нового строения.

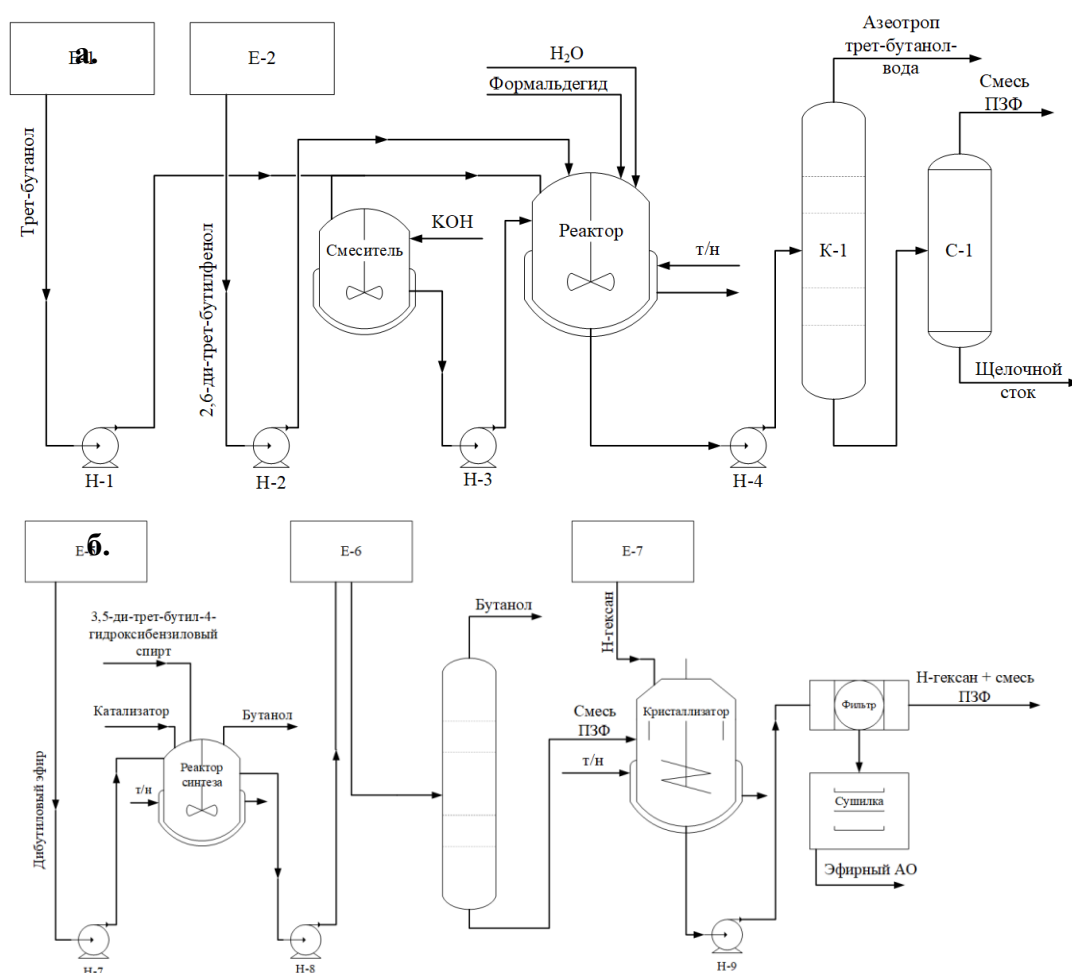


Рисунок 1 – Принципиальные технологические схемы узлов синтеза:

- а.** 3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксibenзильового спирта; **б.** сложных эфиров 3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксibenзильового спирта

ПРОГНОЗ БИОАКТИВНОСТИ И ТОКСИЧНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ ИНДЕНА

Филатова Е.В.¹, Осипова В.П.², Великородов А.В.³

¹Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань

²Федеральный исследовательский центр ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону

³Астраханский государственный университет, г. Астрахань

efilatova0704@mail.ru

В работе проведено прогнозирование токсичности и биологической активности 2,2-бис(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)-1H-инден-1,3(2H)-диона (**1**) и диметил ((1,3-диоксо-2,3-дигидро-1H-инден-2,2-диил) бис(4,1-фенилен)) дикарбамата (**2**) с помощью программного обеспечения PASS. Производные индена потенциально обладают широким спектром фармакологической активности, среди которых можно выделить антигельминтную ($P_a=0.642$) и противосеборейную ($P_a=0.826$), что может быть обусловлено сходством их структур с известными фармакологически активными веществами данного действия. Для соединения **1** прогнозируется высокая вероятность антиоксидантной активности, что объясняется наличием пространственно-затрудненных фенольных групп. Расчёт острой токсичности соединений проведён с помощью программного обеспечения GUSAR. Значения LD₅₀ составляют 5168 и 2448 мг/кг при пероральном введении крысам для соединений **1** и **2**, что указывает на малую токсичность (5 и 4 класс). Значения биоаккумуляции BCF для производных индена близки (1.432, 1.455), что, согласно рекомендациям приложения D к Стокгольмской конвенции, свидетельствует об их невысокой экологической опасности. Рассчитанные значения острой токсичности соединений для водных организмов указывают на то, что толстоголовый пескарёк наиболее чувствителен к производным **1** и **2** (0.91 и 28.89 мкг/л), ракообразная большая дафния занимает промежуточное положение (0.27 и 0.19 мг/л), а инфузория тетрахимена грушевидная наименее чувствительна, значения составляют 32.95 и 2.92 г/л, соответственно, наименьшей токсичностью обладает соединение **1**. Для дафнии и пескарёка предсказанные значения LC₅₀ измеряются в значениях на порядок выше, что свидетельствует о предполагаемой высокой токсичности производных индена для данных организмов. Предварительный прогноз *insilico* показывает, что вещества **1** и **2** токсичны для водных организмов, но менее токсичны для крыс и инфузории, при этом стоит отметить, что выводы по биоактивности и токсичности можно делать только после проведения серии экспериментальных исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 126021917656-0.

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРБАСКОЗИДА В ТРАВЕ АВРАНА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*GRATIOLA OFFICINALIS* L.)

Фомина Ю.А., Быкова Т.А., Никулин А.В., Пузанов Д.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ имени В.И. Разумовского» Минздрава России

fominaya@mail.ru

В настоящее время активно изучается противоопухолевая, противотуберкулезная, противовоспалительная и антиоксидантная активность извлечений из растительного сырья Аврана лекарственного [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Установлено, что комплекс биологически активных веществ (БАВ) травы Аврана лекарственного представлен алкалоидами; стероидными и тритерпеновыми сапонинами; дубильными веществами, преимущественно конденсированной группы; органическими кислотами, а также группой фенольных соединений, в том числе флавоноидами и фенилпропаноидами [2].

В настоящее время для стандартизации растительного сырья активно разрабатываются методики количественного анализа с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в связи с рядом преимуществ данного метода по сравнению со спектрофотометрией. Таким образом, целью работы являлась разработка и валидация методики количественного определения вербаскозида в траве Аврана лекарственного методом ВЭЖХ.

Разработана методика количественного определения вербаскозида в траве аврана лекарственного методом ВЭЖХ. Подобраны оптимальные условия экстракции целевой группы БАВ из растительного сырья: соотношение сырье : экстрагент 1 : 100, размер частиц 2 мм, извлечение спиртом этиловым 70% на кипящей водяной бане в течение 60 минут. Методика была валидирована по критериям специфичность, линейность, повторяемость, промежуточная прецизионность, правильность и робастность.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России, рег. № ЕГИСУ НИОКТР 125061607032-5.

Список литературы:

3. Перспективы создания лекарственных средств на основе аврана лекарственного в регенеративной медицине / К. С. Дырина, Р. А. Абрамович, Р. Д. Вырщиков [и др.] // Гены и Клетки. – 2022. – Т. 17, № 3. – С. 80-81.
4. Фомина, Ю.А., Шестопалова Н.Б. Спектрофотометрическое и хроматографическое изучение растительного сырья, содержащего фенилпропаноиды

**ИММОБИЛИЗАЦИЯ ДОКСОРУБИЦИНА МАГНИТНЫМИ НАНОГЕЛЯМИ
НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ Fe_3O_4 В ГЕЛЕВОЙ ОБОЛОЧКЕ ИЗ
ГЛИЦЕРОЛАТОВ ЖЕЛЕЗА, КРЕМНИЯ И ХИТОЗАНА**

Фролова В.М., Дёмин А.М., Валова М.С., Хонина Т.Г.

Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН, Екатеринбург

lerafrlova2001@yandex.ru

Разработка новых эффективных систем доставки лекарственных средств, таких как магнитные наногели (МНГ) на основе магнитных наночастиц (МНЧ), является перспективным направлением в области химии и наномедицины.

В данной работе из МНЧ на основе Fe_3O_4 , модифицированных глицеролатами железа и кремния (МНЧ-ГЖК) [1], в водно-глицериновой среде (30 мас.% глицерина), в том числе, в присутствии 1 мас.% хитозана (Ch), синтезированы и охарактеризованы комплексом физико-химических методов новые МНГ. Исследованы их сорбционные характеристики по отношению к лекарственному препарату доксорубину (Dox) при различных концентрациях исходных компонентов: 0.1-0.6 мас.% МНЧ-ГЖК и 0.1-0.3 мас.% Dox. На основании этого выбран оптимальный состав наноконъюгатов с Dox для дальнейших исследований *in vitro* и *in vivo* в качестве местного инстилляционного средства для химиотерапии в онкоурологии.

Наноконъюгат, полученный при комнатной температуре в течение 7 часов из МНЧ-ГЖК (0.1 мас.%) и Dox (0.3 мас.%) в присутствии Ch, имел достаточно высокое (по сравнению с [1]) значение сорбционной емкости (~30 мас.%) и рекомендован для дальнейших фармакологических исследований. Для сравнения предложен состав водно-глицериновой коллоидной дисперсии с Ch, содержащей наноконъюгат без его предварительного выделения после проведения процесса сорбции: МНЧ-ГЖК (0.6 мас.%) и Dox (0.2 мас.%).

Список литературы

1. Тишин Д.С., Валова М.С., Дёмин А.М. и др. *Изв. АН. Сер. хим.* 2024. 73. 1884-1893.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания (тема № гос. рег. 124020500044-4).

ХИМИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ АЛИЗАРИНА ДЛЯ СИНТЕЗА ГИБРИДНЫХ МОЛЕКУЛ

Харламова Т.В.¹, Габдракипов А.В.², Шаповалов Ю.А.³

¹АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», г. Алматы

²Научный аналитический центр, г. Алматы,

³НАУ «Казахский национальный университет им. Аль-Фараби», г. Алматы

tv_kharlamova@mail.ru

Направленная функционализация природных соединений и создание новых гибридных молекулярных систем в которых сочетаются различные структурные или функциональные элементы является одним из трендов современной органической химии. В данном контексте привлекательными объектами исследования являются производные антрахинона для которых выявлен широкий спектр фармакологической активности включающей противоопухолевую, противовоспалительную, противомикробную и др. [1,2]. Исходным каркасом для химической модификации служило производное ализарина (1,2-дигидрокси-9,10-антрахинон) в структуру которого по β-гидроксильной группе введен фенацильный заместитель. Для вторичной модификации использована стратегия введения фрагментов с использованием реакционной способности α-гидроксильной группы антрахиноновой системы с использованы хлорангидридов циклических карбоновых кислот (R-C(O)Cl). Обсуждаются данные спектральных методов исследования и характерные особенности производных.

Литература

1. Khan A, Ezati P, Rhim JW. Alizarin: Prospects and sustainability for food safety and quality monitoring applications. // Colloids Surf B Biointerfaces. 2023. 223:113169. doi: 10.1016/j.colsurfb.2023.113169.
2. Li Y, Jiang JG. Health functions and structure-activity relationships of natural anthraquinones from plants. // Food Funct. 2018. 9(12):6063-6080. doi: 10.1039/c8fo01569d.

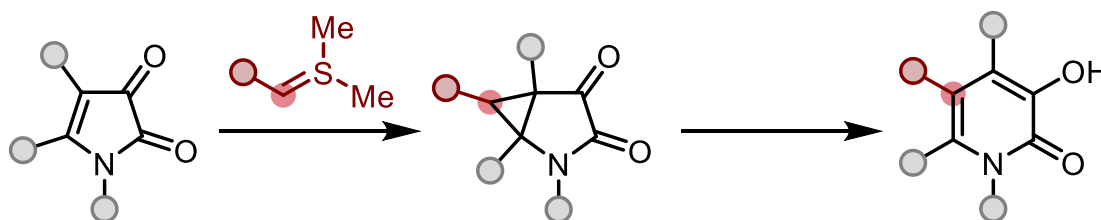
Работа выполнена при финансовой поддержке КН МОН РК по программе ПЦФ по теме: «Фундаментальные основы получения инновационных экологически безопасных многофункциональных химических продуктов и материалов (BR27101179)».

СИНТЕЗ 6-АЦИЛ 2-АЗАБИЦИКЛО[3.1.0]ГЕКСАН-3,4-ДИОНОВ

Цепенников М.А., Щербинин Ю.Г., Галеев А.Р., Муранова М.М., Дмитриев М.В.,
Масливец А.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь
mapkejio.as@gmail.com

В продолжение работ, посвященных взаимодействию 1*H*-пиррол-2,3-дионов с илидами [1,2], нами получен ряд 6-ацил 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионов на основе реакции стабилизированных сульфониевых илидов с 1*H*-пиррол-2,3-дионами по связи C⁴-C⁵.



Доклад будет посвящен синтезу целевых 6-ацил 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионов и особенностям их дальнейших превращений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSNF-2025-0013).

Библиографический список

3. Muranova, M. M.; Galeev, A. R.; Maslivets, A. N.; Dmitriev, M. V. Cyclopropanation vs. Single-Carbon Insertion of Pyrrole-2,3-Diones with Sulfonium Ylides: Synthesis of Functionalized 2-Azabicyclo[3.1.0]Hexanes and Pyridine-2,3-Diones. *Org. Chem. Front.* **2025**, 12 (7), 2187–2193. <https://doi.org/10.1039/D4QO02337D>.
4. Muranova, M. M.; Galeev, A. R.; Mokrushin, I. G.; Maslivets, A. N.; Dmitriev, M. V.; Synthesis of Stable Betaines Based on 1*H*-Pyrrole-2,3-Diones and Pyridinium Ylides and Their Thermal Conversion to Cyclopropane-Fused Pyrroles. *Molecules* **2025**, 30 (23). <https://doi.org/10.3390/molecules30234552>.

(-)-ЦИТИЗИН, МЕТИЛЦИТИЗИН И ТЕРМОПСИН; ХИМИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Цыпышева И.П., Юнусов М.С.

Уфимский Институт химии УФИЦ РАН, Уфа

tsyypsheva.ip@gmail.com

На основе хинолизидиновых алкалоидов (-)-цитизина (**1**), метилцитизина (**2**) и термопсина (**3**), а также оксопроизводных **26** и **27** путем реакции Дильса-Альдера с *N*-замещенными имидами малеиновой кислоты синтезированы аддукты **8-13**, **20-25** и **28-37** (схема 1). Методами ЯМР и РСА установлена конфигурация их новых асимметрических центров; определены условия стереодифференциации [4+2]-циклоприсоединения.

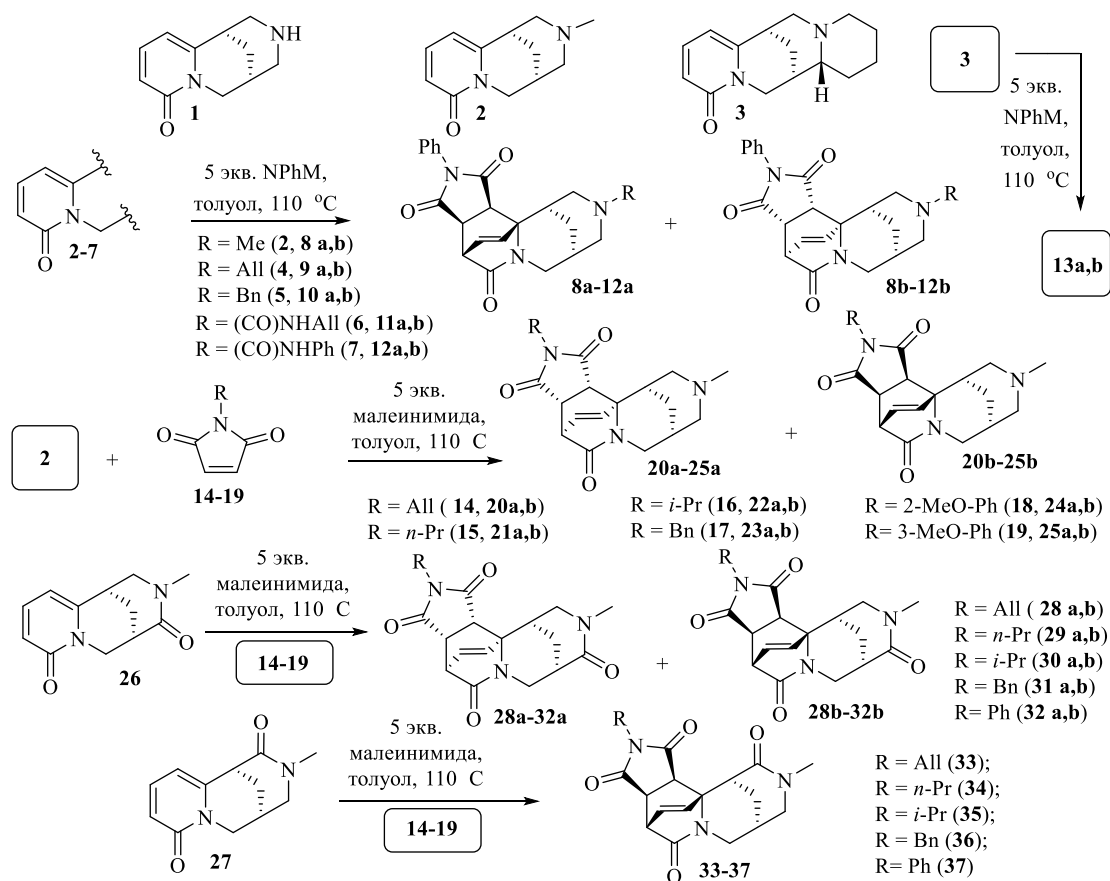


Схема 1

Среди аддуктов **8-13**, **20-25** и **28-37** найдены образцы с противовирусными, ноотропными, антигипоксическими и гипогликемическими свойствами; показана зависимость биологической активности от стереохимии аддукта.

Работа выполнена в рамках государственного задания УФИХ УФИЦ РАН, тема № 125020601629-0

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АРОИЛПИРОВИНОГРАДНЫХ КИСЛОТ С ГИДРАЗИДОМ ИЗОНИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ

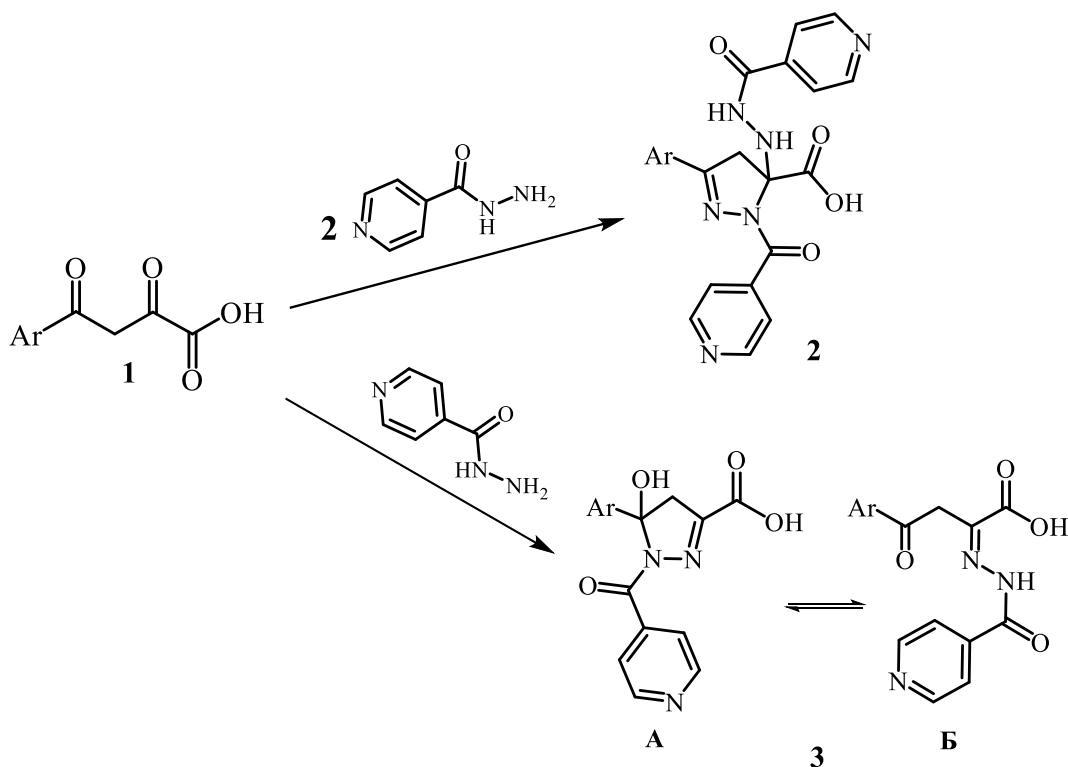
Андреева А.А.^{1,2}, Чакилев К.Е.², Шкляев Ю.В.¹, Масливец А.Н.²

¹ «Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН»,

² ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия

koh2@psu.ru

Взаимодействием ароилпировиноградных кислот **1** с гидразидом изоникотиновой кислоты в соотношении 1:2 и 1:1 получены соответствующие 1*H*-пиразол-5-карбоновые кислоты **2** и 1*H*-пиразол-3-карбоновые кислоты **3**. Кислоты **3** в растворе существуют в виде смеси кольчатой формы **А** и цепной формы **Б**.



Структура соединений **2** подтверждена данными РСА.

Изучена анальгетическая и противомикробная активность некоторых синтезированных соединений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № FSNF-2025-0013).

ГИБРИДНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ 1,3,5-ТРИАЗИНА, СОДЕРЖАЩИЕ БЕНЗИМИДАЗОЛЬНЫЙ, АЗИРИДИНОВЫЕ И МОРФОЛИНОВЫЕ ФРАГМЕНТЫ, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИНГИБИТОРЫ PARP И PI3K

Чернов И.С.^{a,b}, Эрхитуева Е.Б.^{a,b}, Протас А.В.^{a,b}, Шемчук О.С.^{a,b}, Попова Е.А.^{a,b}

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет

им. акад. И.П. Павлова,

ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»,

chernowvana@gmail.com

Остов 1,3,5-триазина широко используется при дизайне противоопухолевых агентов благодаря возможности последовательной функционализации трех реакционных центров, позволяющей направленно варьировать структуру и физико-химические свойства соединений. Ранее было показано, что введение в структуру 1,3,5-триазина бензимидазольного фрагмента и морфолиновых циклов в качестве заместителей позволяет получать ингибиторы PI3K[1]. Бензимидазольный фрагмент также представлен в структуре ряда ингибиторов PARP, в частности велипариба, что делает его перспективным элементом дизайна соединений, направленных на данную мишень[2]. В настоящей работе получены бензимидазол-содержащие производные 1,3,5-триазина с азиридиновыми (**1**) и морфолиновыми фрагментами (Схема 1).

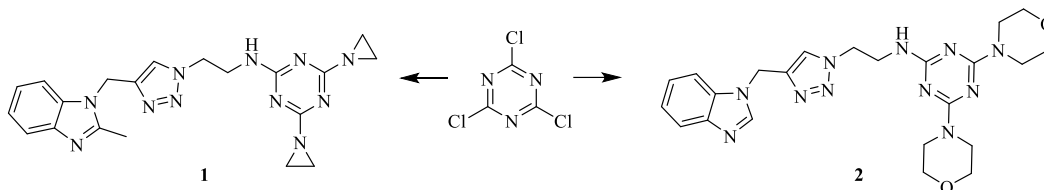


Схема 1. Структуры бис-азиридинового **1** и бис-морфолинового **2** производных 1,3,5-триазина.

Соединение **1** проявило цитотоксическую активность в отношении клеточных линий HCT-116, U87, HeLa и A549 со значениями IC_{50} 14.12, 33.52, 44.60 и 26.4 мкМ, соответственно. Бис-морфолиновое производное 1,3,5-триазина **2** проявило цитотоксичность в отношении опухолевых клеточных линий с гиперэкспрессией PI3K: A431, HT1080, HL-60, THP-1, SKBR3, SKOV3, PanC1, MCF7, U251MG (IC_{50} 3.16–16.26 мкМ) с наибольшей активностью в отношении клеточной линии U251MG.

1. Чернов И.С., Попова Е.А., Протас А.В., Молчанов О.Е., Шаройко В.В., Семенов К.Н. *Ученые записки ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова*. 2025;32(3):42–52.

2. Remya R.S., Ramalakshmi N., Aaliya M.G.S., et al. *Med Chem (Los Angeles)*. 2025;21(3):169–194.

КАСКАДНАЯ ДЕАРОМАТИЗАЦИЯ 3-ФУРИЛПРОПАН-1-ОНОВ ДЕЙСТВИЕМ 1,2-БИНУКЛЕОФИЛОВ

Щербаков Р.О., Шмыков А.С.¹, Учускин М.Г.

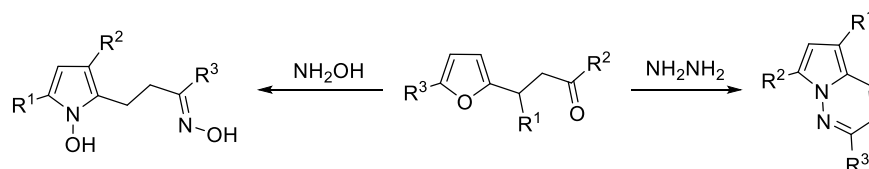
¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
ул. Букирева, 15

²«Институт технической химии УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь
shcher@psu.ru

Деароматизация (гетеро)ароматических соединений является эффективной стратегией синтеза структурно разнообразных биоактивных молекул и каркасов, подобных природным соединениям. Одним из примеров такого подхода служит реакция Бутина – кислотно-катализируемая перегруппировка замещённых фуранов [1]. Впервые она была использована для синтеза бензофуранов и включала протонирование фуранового ядра, нуклеофильную атаку и последующее раскрытие цикла.

Мы продолжили расширять границы применимости реакции Бутина и решили проверить возможность применения замещённых 3-фурилпропан-1-онов в качестве исходных соединений в реакциях с бинуклеофилами, которые могут взаимодействовать с активированным фураном с последующим перехватом алканового фрагмента, обеспечивая одновременное формирование двух гетероциклических колец.

Преимуществом данного метода является отсутствие необходимости предварительного построения одного из ядер, что упрощает синтез и расширяет структурное разнообразие получаемых соединений.



Библиографический список:

1. Abaev, V.T., Trushkov, I.V., Uchuskin, M.G. The Butin reaction. *Chem. Heterocycl. Comp.* **2016**, 52, 973–995.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 24-73-10099.

ОСОБЕННОСТИ РАСКРЫТИЯ ЦИКЛА

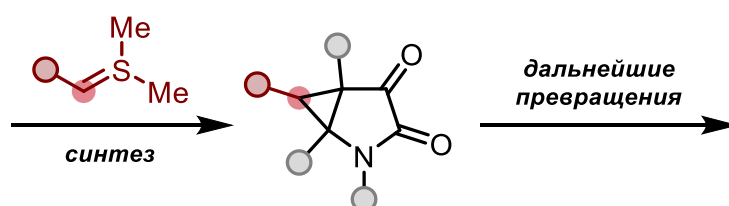
6-АЦИЛ-2-АЗАБИЦИКЛО[3.1.0]ГЕКСАН-3,4-ДИОНОВ

Щербинин Ю.Г., Цепенников М.А., Галеев А.Р., Муранова М.М., Дмитриев М.В.,
Масливец А.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

argaleev@psu.ru

В продолжение работ по синтезу и реакционной способности 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионов [1,2] нами получен ряд 6-ацил замещенных азабицилогексанов и исследованы их дальнейшие превращения.



Доклад будет посвящен синтезу целевых 6-ацил 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионов и особенностям их превращений в зависимости от заместителя при атоме C⁶.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSNF-2025-0013).

Библиографический список

5. Muranova, M. M.; Galeev, A. R.; Maslivets, A. N.; Dmitriev, M. V. Cyclopropanation vs. Single-Carbon Insertion of Pyrrole-2,3-Diones with Sulfonium Ylides: Synthesis of Functionalized 2-Azabicyclo[3.1.0]Hexanes and Pyridine-2,3-Diones. *Org. Chem. Front.* **2025**, 12 (7), 2187–2193. <https://doi.org/10.1039/D4QO02337D>.
6. Muranova, M. M.; Galeev, A. R.; Mokrushin, I. G.; Maslivets, A. N.; Dmitriev, M. V.; Synthesis of Stable Betaines Based on 1H-Pyrrole-2,3-Diones and Pyridinium Ylides and Their Thermal Conversion to Cyclopropane-Fused Pyrroles. *Molecules* **2025**, 30 (23). <https://doi.org/10.3390/molecules30234552>.

СОДЕРЖАНИЕ

Балашою М.А. Исследования структурных свойств углеродных волокон, полученных из отходов, и их потенциальные применения	4
Беспалко Ю.Н., Садыков В.А. Разработка материалов мембран для выделения кислорода и водорода, твердооксидных топливных элементов и структурированных катализаторов для преобразования топлива в синтез-газ	5
Бокова Е.С., Плотников Д.С., Терашкевич Д.И. Разработка и применение расходных материалов для химико-механической планаризации диэлектрических слоев полупроводниковых пластин	6
Буланова А.В., Шафигулин Р.В., Богдановская В.А., Виноградов К.Ю., Андреев В.Н., Фундаментальные исследования и разработка недорогих катализаторов рвк для топливных элементов	7
Горбунова М.Н. Самовосстанавливающиеся физически сшитые гидрогели на основе природных полимеров и гуанидиниевых полиамфолитов	8
Коваленко Г.М., Бокова Е.С., Капустин И.А. Синтетические кожи: от синтеза полиуретана до создания волокнисто-пористых структур	9
Лисичкин Г.В. Водородная энергетика в России: химические аспекты концепции развития	10
Медведева Н.А., Минкин А.М., Губина М.А. Управление анизотропией и кинетикой субмикронной обработки -кварца во фторсодержащих средах: физико-химические барьеры на пути создания высокочастотных мэмс-резонаторов	11
Первова И.Г., Дворянkin Д.Ю., Клепалова И.А. Сорбенты на основе модифицированных древесных опилок для извлечения ионов металлов	12
Першин Е.А., Фарберова Е.А., Цуканова А.Н., Ходяшев Н.Б. Активные углеродные материалы и перспективы их применения в процессах синтеза хемосорбентов	13
Плетнев М. А., Шарина А. Н., Морозов А. В., Бесогонов В.В., Потерочин М.А., Троегузова А.А. ПЭДОТ:ПСС и композиции на его основе	14
Сапожников Д.А., Забегасва О.Н., Чучалов А.В., Семенов С.Л., Косолапов А.Ф., Соломахин В.И., Борисов И.Л., Бурдуковский В.Ф., Холхоев Б.Ч. От синтеза полиимидов к функциональным материалам	15
Хименко Л.Л., Хадеева Р.Р. Влияние трибутилфосфата на структуру полимерного композита на основе полидивинилэпоксиуретанового каучука	16
Четверикова А.Г., Каныгина О.Н., Макаров В.Н. Влияние примесных ионов на формирование нанокристаллической структуры муллито-кремнеземистого композита	17
Аверкина А.С., Кондрашова Н.Б., Вальцифер В.А. Влияние типа матрицы на особенности кристаллов AgI в составе неорганических композитов	18
Аликина Е.Н., Мишкин В.Е., Некрасова С.А. Экстракция некоторых редкоземельных элементов в расслаивающейся системе антипирин – салициловая кислота – вода	19
Альтер А.Д., Андрейков Е.И., Диковинкина Ю.А. Получение изотропного пека термообработкой каменноугольного пека с поливинилхлоридом	20
Аскерова А.С., Блинов А.В., Момот Е.В. Синтез и исследование наночастиц	

оксида молибдена, стабилизированных амилопектином, используемых для повышения устойчивости зерновых культур	21
Астафьев Е.В., Богданов В.С., Красилин А.А., Лебедев Л.А. Анодный оксид титана и его допирование ионами переходных металлов для фотокаталитических приложений	22
Батуева Т.Д., Горбунова М.Н. Сорбция РЗМ импрегнатами и твердыми экстрагентами	23
Бороздин И.А., Даровских А.В., Михайлов Ю.М. Влияние количества нитратных групп в молекулах нитратов α - и β -циклодекстринов на объем их внутренней полости	24
Ботин А.В., Лебедева Е.А., Иванова Е.В., Трухинов Д.К., Пантелеев И.А., Астафьева С.А. моделирование ориентированной структуры коротких углеродных волокон в АБС-композитах при литье под давлением	25
Блинов А. В., Зурхаев Д. С., Попова А. Ю., Бочаров Н. М., Тюпеева С. А. Исследование морфологии наночастиц оксида висмута, стабилизированных кокамидопропилбетаином	26
Алосманов Р.М., Биннятова Н.М., Бунят-заде И.А. Нанотекстиль с антибактериальными свойствами	27
Валетова Н.Б., Семенычева Л.Л., Албуджамал Х.А., Румянцева В.О., Митин А.В. Коммерческий персульфатный инициатор в синтезе графт-сополимеров полиметилметакрилат - тресковый коллаген	28
Валуева С.В., Боровикова Л.Н., Чернова Л.М. Исследование селенсодержащих наноконплексов на основе радахлорина и поли-п-винилпирролидона методами уф/видимой спектроскопии и люминесценции	29
Васенева И.Н., Белых А.Г., Ситников П.А., Кучин А.В., Чукичева И.Ю., Федорова И.В. Модифицированные эпоксидные полимеры, устойчивые к уф- и термостарению	30
Ваулина В.Н., Чеканова Л.Г., Кононов Е.А., Гусев В.Ю. Тиокарбазаты – реагенты для извлечения меди из бедных техногенных растворов	31
Виноградов К.Ю., Шафигулин Р.В., Буланова А.В. Квантово-химическое моделирование каталитических свойств биметаллических катализаторов в реакции восстановления кислорода	32
Волков И.О., Шульгин А.М., Булычева Е.Г., Иванова П.В, Клеменкова З.С., Беломоина Н.М., Бузин М.И. Модификация поверхности полифенилхиноксалинов – перспективный способ получения новых материалов	33
Гайков Д.К., Гайкова Е.А., Борщев О.В., Свидченко Е.А., Сурин Н.М., Пономаренко С.А. Новые люминесцентные композиции для светоконверсионных фоторезистов	34
Гарынцева Н.В., Левданский В.А., Казаченко А.С., Лузина М.А. Лигнинсодержащая наноцеллюлоза соломы пшеницы как перспективный материал для получения функциональных материалов	35
Давыдов В.М., Виноградов К.Ю., Токранова Е.О., Шафигулин Р.В., Буланова А.В. Катализаторы щелочного электролиза воды на основе углеродных нанотрубок, модифицированных железом, никелем и палладием	36

Дауылбек А.А., Накып А.М., Рахматуллина А.П. Когезионная прочность резиновых смесей на основе модифицированного фосфолипидным концентратом синтетического изопренового каучука	37
Заболотных С.А., Чеканова Л.Г., Удоратина Е.В., Казакова Е.Г. Сорбция ионов La(III), Gd(III) и Er(III) на фосфорсодержащих целлюлозных материалах	38
Зефирова П.М., Фетин П.А., Кадников М.В., Зорин И.М. Влияние структуры концевой группы гребнеобразного полиэлектролита на активность в мицеллярном катализе	39
Зорин И.М., Кадников М.В., Фетин П.А. Полимеризованные мицеллы: как и зачем	40
Зубкова Д.Н., Скирденко И.И., Токранова Е.О., Шафигулин Р.В., Буланова А.В. Изучение влияния природы редкоземельного металла на адсорбционные свойства мезопористого силикагеля, модифицированного никелем и серебром, методом обращенной газовой хроматографии	41
Иванова Е.В., Лебедева Е.А., Трухинов Д.К., Астафьева С.А. Влияние волокнистого и дисперсного наполнителей на свойства акрилонитрилбутадиенстирола	42
Истомина Т.С., Астафьева С.А., Морозов В.В. Термические и огнезащитные свойства эпоксидных композиций, модифицированных эпоксифосфазеновой смолой	43
Кадников М.В., Фетин П.А., Зефирова П.М., Зорин И.М., Цветков Н.В. Гребнеобразные амфифильные сополимеры на основе катионных и неионогенных поверхностно-активных мономеров для проведения реакции сузуки в воде	44
Казакова Е.Г., Удоратина Е.В., Заболотных С.А., Чеканова Л.Г. Синтез целлюлозосодержащих сорбентов редкоземельных элементов	45
Капустина М.Д., Ельчищева Ю.Б. Изучение реакции комплексообразования ионов Gd(III) с арсеназо III	46
Кондрашова Н.Б., Савастьянова М.А., Саенко Е.В., Удалова А.И. Влияние способа синтеза металлоксидных систем CuO/ZnO/ZrO ₂ на их окислительно-восстановительные свойства	47
Кононов Е.А., Чеканова Л.Г., Гусев В.Ю. 1-алкокситиокарбонил-2-бензоилгидразины – новые собиратели в процессе ионной флотации цветных металлов	48
Лебедева Е.А., Трухинов Д.К., Иванова Е.В., Астафьева С.А. Влияние концентрации дисперсных наполнителей на их ориентацию и структуру полимерных композитов на основе термоэластопласта СЭБС	49
Липина А.К., Ельчищева Ю.Б., Чеканова Л.Г., Гусев В.Ю. Физико-химические свойства о-изопропил-2-(фенилсульфонил) гидразинкарботиоата	50
Макаренко Н.В., Ярусова С.Б., Арефьева О.Д., Егоркин В.С., Паротькина Ю.А. Очистка водных сред от cs^+ с использованием фосфорсодержащего продукта из рисовой мучки	51
Макарова М.А., Сеничев В.Ю., Перепада М.В. Влияние новых бор-содержащих стабилизаторов на термоокислительное старение полиуретановых эластомеров	52

Максимова Д.В., Шереметев А.Б. Акриловые эфиры нитроспиртов: разработка методов синтеза и изучение полимеризации	53
Малкина Д.А., Аюпов Р.Р., Виноградова И.Д., Шереметев А.Б. Нитраминополимеры с 1,2,3-триазольными и фуразановыми циклами. Трехкомпонентные реакции азид-алкинового циклоприсоединения	54
Маруф Х.Ф, Блинов А.В., Татов А.В., Пирогов М.А. Исследование влияния типа поверхностно-активного вещества на размерные характеристики гексацианоферрата серебра	55
Морозов И.А., Беляев А.Ю., Изюмов Р.И., Фагалов А.Р. Атомно-силовая микроскопия и машинное обучение в исследовании полимеров	56
Морозова М.А., Храмцов П.В. Исследование поли(этиленгликоль) диглицидилового эфира как реагента для функционализации альбуминовых наночастиц	57
Нужина Е.К., Заболотных С.А., Горохов В.Ю. Сорбционное извлечение ионов хрома (VI) силикагелем, модифицированным моноэтаноламином	58
Папулова Г.Н., Томшин В.О., Петропавловская В.Б. Колористические и технологические свойства красочных материалов для декорирования тонкой керамики	59
Пикурова Е.В., Бояндин А.Н., Суханова А.А., Тюлькина Е.Н., Хохлова А. А. Регулирование характеристик поли-L-лактида в процессе термической полимеризации с раскрытием цикла без использования инициаторов	60
Погорельцев Э.В., Сеничев В.Ю. Взаимосвязь гидроабразивного износа полиуретановых эластомеров и их физико-механических характеристик	61
Пономарева Д.А., Исмаилов Д.А., Серхачева Н.С., Прокопов Н.И., Черникова Е.В. Полистирольные частицы, стабилизированные сополимером п,п-диметиламиноэтилметакрилата, для сорбции ионов меди и хрома	62
Блинов А. В., Попова А. Ю., Бочаров Н. М., Горчаков Э. В. Исследование агрегативной устойчивости оксида марганца, стабилизированного бета-глюканом при различных показателях рН среды	63
Попова Д.С., Енова Ю.А., Коноводова Е.А., Шаров А.В. Сорбционные характеристики сшитой карбоксиметилцеллюлозы по отношению к компонентам препарата растительного происхождения сангвиритрин	64
Попок В.Н. Инвариантные зависимости для характеристик одноосного растяжения эластомеров при различных условиях испытаний	65
Псянчин А.А., Захарова Е.М., Захаров В.П. Физико-механические и теплофизические свойства композитов на основе полиэфирной смолы, наполненной тальком	66
Путилова Ю.А., Аликина Е.Н. Об экстракции ионов гадолиния (III) в расслаивающейся системе амидопирин – салициловая кислота – вода	67
Чеканова Л.Г., Рубцов И.М., Ваулина В.Н., Заболотных С.А., Чернова Г.В. Ацилгидразоны ацетона – потенциальные реагенты для флотации руд цветных металлов	68
Русев Н. А., Блинов А. В., Бочаров Н. М., Андиралов А.Ю., Маруф Х.Ф. оптимизация методики синтеза наноразмерного селена, стабилизированного	

поливинилпирролидоном	69
Сабурова А.И., Шамсутдинов А.Ш., Вальцифер И.В. Синтез супрачастиц гидроксида магния для высокоэффективных порошковых огнетушащих составов	70
Савастьянова М.А., Кондрашова Н.Б., Вальцифер В.А. Синтез и свойства металлоксидных систем CuO/ZnO/ZrO ₂	71
Саенко Е.В., Савастьянова М.А., Вальцифер В.А. Межфазная доступность и протонный обмен как факторы каталитической активности	72
Кочергин Ю.С., Самойлова Е.Э. Эпоксидно-каучуковая мастика, содержащая нанопорошок оксида алюминия, для ремонта гидротехнического оборудования	73
Самофалов П.С., Радышевская А.А., Голубчиков Д.О., Ларионов Д.С., Евдокимов П.В., Путляев В.И. Конденсированные фосфаты кальция и магния как прекурсоры порошков для биомедицинского применения	74
Санникова А.Д., Вальцифер В.А., Вальцифер И.В. Регулирование реологических свойств неорганических теплозащитных композиций	75
Санникова Ю.А., Заболотных С.А., Горохов В.Ю. Физико-химические свойства силохрома С-120, как потенциального сорбента ионов металлов	76
Ситников П.А., Кучин А.В., Броварова Д.А, Вавринчук К.С., Мартаков И.С., Михайлов В.И. Кислотно-основные свойства нанодисперсных оксидов	77
Тарабанько В.Е., Корсаков А.В., Кайгородов К.Л., Смирнова М.А., Челбина Ю.В. Кинетический и диффузионный режимы окисления порошка сосновой древесины в ванилин, целлюлозу и лигнокислоты	78
Татов А.В., Серов А.М., Голик А.Б., Русев Н.А. Стабилизация наночастиц селена яблочным и цитрусовым пектином для создания функционального молочного продукта профилактического назначения	79
Токранов Д.А., Токранов А.А., Токранова Е.О., Шафигулин Р.В., Буланова А.В. Систематизация экспериментальных данных и автоматизация расчётов адсорбционных характеристик мезопористых силикагелей, допированных рзэ и модифицированных Ag, Ni, Cu	80
Трухинов Д.К., Лебедева Е.А., Иванова Е.В., Балашою М., Астафьева С.А. исследование структурных и функциональных характеристик вторичных углеродных волокон	81
Торлопов М.А., Удоратина Е.В., Марков П.А. Потенциал модифицированных форм хитина в создании раневых покрытий следующего поколения	82
Фетин П.А., Зефирова П.М., Кадников М.В., Сеньчукова А.С., Лезов А.А., Зорин И.М. Преодолевая гидрофобность - гребнеобразные полиэлектролиты для мицеллярного катализа	83
Филимонова Л.В., Сергиенко Н.В., Тухватшин Р.Ш., Волков И.О., Никифорова Г.Г., Бузин М.И. Новые поли(диметилсилоксан-силсесквиоксаны) и цирконийсодержащие композиты на их основе	84
Целищев Ю.Г., Вальцифер В.А. Влияние взаимодействия частиц на структуру и реологические свойства дисперсной композиции	85
Ившина В.М., Стрекалова В.В., Черепанов И.С. Интерполимерные взаимодействия в системе поливиниловый спирт – альгинат натрия при формировании композитных гидрогелевых структур	86

Чурсина К.В., Ельчищева Ю.Б. Спектрофотометрическое определение ионов Eu(III) с хромазуолом в присутствии цетилпиридиния бромида	87
Шамсутдинов А.Ш., Сабурова А.И., Вальцифер И.В. Повышение эффективности подавления пламени за счёт применения композитных супрачастиц с комбинированным механизмом пожаротушения	88
Шарина А.Н, Плетнев М.А. Влияние пара-толуолсульфоновой кислоты на коррозию алюминия	89
Швецова Е.А., Аликина Е.Н. Исследование комплексообразования тербия (III) с 1,2-дигидрокси-3-N,N-диэтиламинотетрагидроксином спектрофотометрическим методом	90
Аксенов А.В., Аксенова И.В., Овчаров С.Н., Арутюнов Н.А. что можно получить из индолов и нитростиролов?	91
Бургарт Я.В., Грищенко М.В., Худина О.Г., Щегольков Е.В., Махаева Г.Ф., Салоутин В.И., Чарушин В.Н. Дизайн конъюгатов ипидакрина и такрина как путь борьбы с болезнью Альцгеймера	92
Коротаев В.Ю., Зимницкий Н.С., Гомзикова Е.М., Кочнев И.А., Мищенко М.А., Мильченко А.Д., Петракович П.Д., Ельцов О.С., Барков А.Ю., Сосновских В.Я. Хемо-, регио- и стереоселективные синтезы на основе 1-полифторалкил(арил)-3-стирил-1,3-дикетонов	93
Краснов В.П., Левит Г.Л. Аминокислоты в дизайне потенциальных лекарственных препаратов	94
Лузина О. А. Берберин 2.0: новые производные для борьбы с опухолями, инфекциями и метаболическими нарушениями	95
Мамедов В.А. Anngреакции (аза)хиноксалинонов	96
Островский В.А., Трифонов Р.Е. Илюшин М.А., Павлюкова Ю.Н., Путис С.М., Козлов А.С., Скрыльникова М.А., Кирюшкин А.А. 100 лет научной школе Д.И. Менделеева, С.П. Вуколова, Л.И. Багала в стенах Санкт-Петербургского технологического института	97
Русинов В.Л. Азолоаннелированные нитроазины – новый класс биологически активных соединений	98
Салахутдинов Н.Ф. Дизайн новых агентов для борьбы с респираторно-синцитиальным вирусом	99
Салоутин В.И., Горяева М.В., Куц С.О., Иванова А.Е., Бургарт Я.В. Новые мультикомпонентные циклизации полифторалкил-2/3-оксоэфиров	100
Сосновских В.Я., Обыденнов Д.Л. Новые производные 4-пиранов в синтезе гетероциклов	101
Сухоруков А. Ю.1,4,6,10-тетраазаадамantan (изоуротропин) и его производные: от открытия к применению	1022
Фисюк А.С., Черненко С. А., Костюченко А.С. Антрапиридоны. Синтез, свойства, применение	103
Чукичева И.Ю., Колегова И.Ю., Попова С.А., Федорова И.В. Полифункциональные производные фенолов: структурное разнообразие, свойства, перспективы применения	104
Шуталев А. Д., Фесенко А. А. β -(семикарбазидо)карбоновые кислоты и их	

производные: получение и использование в синтезе новых пептидомиметиков и биологически значимых полиазагетероциклов	105
Алексеев С.Г., Хонина Т.Г. Глицеролаты биогенных элементов в золь-гель синтезе средств биомедицинского назначения	106
Андреева А.А., Шкляев Ю.В., Масливец А.Н. Реакции ароилпировиноградных кислот и их производных с бинуклеофильными реагентами	107
Апкин Д.А., Дмитриев М.В., Масливец А.Н. Взаимодействие 1H-пиррол-2,3-дионов с диполем, генерируемым из азодикарбоксилата и трифенилфосфина	108
Аюпов Р.Р., Малкина Д.А., Шереметев А.Б. Производные 1,1,2,2-тетрацианоциклопропана с функциональными группами	109
Бакиев А.Н., Шкляева Е.В., Рубанов А.В., Старикова Н.Д. Синтез PUSH-PULL хромофоров на основе триазолопиримидина, исследование их оптических и электрохимических свойств	110
Башкирова А.Р., Глушков В.А. Синтез 2,3-секопроизводных лупана, модифицированных по атому С(28) 1,2,3-триазольным линкером	111
Блинов Д.И., Кобелев А.И., Масливец А.Н. образование тиазолидинов и пирролидинов на примере взаимодействия 3-ароил-1H-пирроло[2,1-С][1,4]бензоксазин-1,2,4-трионов с α -СН тиоамидами	112
Быкова Т.А., Никулин А.В., Кенжегулова А.А., Фомина Ю.А. Разработка и валидация методики количественного определения действующего вещества в таблетированной лекарственной форме нового неопиоидного анальгетика	113
Важенин Б.В., Голованов А.А. Синтез бициклических производных азабицикло[4.1.0]гептана на основе α -замещенных циклогексанонов	114
Варфоломеева В.В., Терентьев А.В. Новая схема конъюгации формилхлорида с глутатионом в метаболизме дихлорметана	115
Чобанов Н.М., Вахнин К.О., Логунов С.Е., Дьяконов Г.В., Джемилева Л.У., Дьяконов В.А. Синтез и биологическая активность новых конъюгатов камптотецина с стероидами и тритерпеновыми кислотами	116
Викторова В.В., Обыденнов Д.Л., Сосновских В.Я. Синтез 3-ацил-4-пиридонов и получение на их основе полициклических структур	117
Вшивков Д.К., Ожегов Н.А. Новый подход к синтезу спиропирролинов посредством Fe(II)-катализируемой спироциклизации	118
Галайко Н.В., Конин И.С., Гришко В.В. Комплексообразование гетероциклических производных лупанового и олеананового типа с циклодекстринами	119
Галушко Т.С., Аксенов Д.А., Аксенов А.В., Гаркуша Д.С., Аксенов Н.А., Арутюнов Н.А. 3,5-диарилфуран-2-амины в среде ПФК, как универсальный реагент в синтезе различных гетероциклических структур	120
Гармонов С.Ю., Горюнова С.М., Мирзаянов И.И. Обеспечение качества при разработке и производстве биологически активных продуктов малотоннажной химии	121
Ермакова Л.С., Глушков В.А. Развитие химии REPPSI-комплексов в ИТХ УрО РАН ПФИЦ	122
Горохов В.Ю., Гусев В.Ю., Полюдова Т.В., Заболотных С.А. 2-(9H-ксантен-9-	

ил)-О-алкилгидразинкарботиоаты: синтез, свойства и биологическая активность	123
Горшкова К.А., Кузнецова М.Г., Стороженко П.А., Фокин Д.С., Свистунов Ю.С. Синтез кремнийорганического олигомера как активного компонента замасливателя пан прекурсора, повышающего прочностные характеристики углеродного волокна	124
Гостев Н.С., Андрейков Е.И., Чистяков К.А. Первова М.Г. Кислотные углеродные катализаторы для синтеза 1,5-бензодиазепинов	125
Гребенников Я.Н., Чобанов Н.М., Джемилева Л.У., Дьяконов В.А. Ti-катализируемое цикломагнитирование в модификации ферроценсодержащих 1,2-диенов	126
Гуковская М.В., Бахметьев И.М., Виноградов Д.Б., Шереметев А.Б. Синтез производных динитраминоглиоксимов с нитроксиалкильной группой	127
Денисов М.С. Цитотоксические гетероилидены тритерпеноидов	128
Деревнина А.О., Андреева А.А., Масливец А.Н. Исследование взаимодействия фурандионов с мочевиной и тиомочевиной	129
Елхов И.А., Толмачева И.А., Гришко В.В. Синтез новых терминальных олеанановых А-гидроксиэпоксидов	130
Ерин К.Д., Юрин А.М., Краснокутская Е.А. Синтез и исследование 1,4'-бипиридиния сульфонов	131
Ермакова Л.С., Вахонина Т.В., Баландина С.Ю., Глушков В.А. Антимикробная активность димерных лигандов из 1,2,4-триазоло[3,4-а]изохинолинов и α,ω -дибромалканов	132
Зорин И.Ю., Васёва А.В., Галеев А.Р., Дмитриев М.В., Масливец А.Н. синтез и превращения кетиминов 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионов	133
Калюта Т. Ю., Федонников А. С. Континуум фармацевтической разработки химсинтетических лекарственных средств от химической лаборатории до клинического исследования на примере разработки инновационного неопиоидного анальгетика: важные аспекты регуляторики и практики	134
Караваев Д.А., Кобелев А.И., Шкляев Ю.В., Масливец А.Н. Синтез 3-ароил-1Н-пирроло[2,1-с][1,4]бензоксазин-1,2,4-трионов с индолом и их функционализация.	135
Кенжегулова А.А., Фомина Ю.А., Кенжегулов О.А., Калюта Т.Ю. Разработка готовой лекарственной формы нового неопиоидного анальгетика на основе синтетической фармацевтической субстанции	136
Клименко И.В., Нерсисян Э.С., Лобанов А.В. Супрамолекулярные системы на основе фталоцианина алюминия и β -циклодекстрина: синтез и исследование фотохимических свойств	137
Клименко И.В., Нерсисян Э.С., Лобанов А.В. Перспективные фотоактивные комплексы на основе димерных производных β - циклодекстрина и 5,10,15,20 – тетрафенилпорфирина	138
Козлов М.А., Конкин П.А., Чобанов Н.М., Дьяконов В.А. Zr-катализируемое циклоалюминирование винилферроцена в направленном синтезе фосфиновых лигандов	139
Конин И.С., Галайко Н.В., Гришко В.В. Исследование взаимодействия метил- β -ЦД и 2,3-секопроизводного бетулина с фрагментом оксадиазолина в растворе	140

Конкин П.А., Чобанов Н.М., Джемилева Л.У., Дьяконов В.А. Синтез новых спирохромановых структур на основе направленной модификации дигидрокумарина	141
Крашенинина М.П., Тарасов О.С., Голынец О.С. Разработка методики измерений массовой доли воды в фармацевтических субстанциях методом газовой хроматографии с детектором по теплопроводности	142
Крылов А.С., Ивкин Д.Ю. Синтез и изучение гипотензивных свойств фосфонилированных имидазолов	143
Леденева И.В., Сатаблаев Н.Р., Вандышев Д.Ю., Шихалиев Х.С. Тетрафторбораты пиразол-3(5)-диазония как предшественники в синтезе замещенных 3(5)-азидопиразолов и пиразол-3(5)-ил-1Н-1,2,3-триазолов	144
Лисник Г.Э., Голованов А.А. Препаративный трехстадийный метод получения 4,4,4-трифторбут-2-иналя из 2,3,3,3-тетрафторпропена	145
Малахов А.А., Алексеева Е.И., Рускол И.Ю., Баканов А.О. Исследование влияния концентрации активного водорода сшивающего агента на свойства полиаддиционных силиконовых медицинских композиций	146
Матвиенко В.В. Получение 1,7-дихлор-2,4,6-тринитро-2,4,6-триазагептана	147
Матвиенко В.В. Сравнение новых отверждающих агентов для полиглицидил-азида	148
Мещерякова А.А., Гришин С.Л., Фомина Ю.А. Применение ик-спектроскопии в анализе травы аврана лекарственного (<i>gratiola officinalis</i> l.)	149
Минаев Н.С., Естаева М.Т., Краснокутская Е.А. Азосочетание пиридил- и пиразолдiazоний сульфонатов с барбитуровой кислотой	150
Морозов В.В., Рожкова Ю.С., Шкляев Ю. В. Раскрытие неоспироенонов под действием кислот: новый путь к функционализированным бензо[f]индолонам	151
Муранова М.М., Бузмакова А.М., Галеев А.Р., Дмитриев М.В., Масливец А.Н. Особенности взаимодействия стабилизированных сульфониевых илидов с гетарено[е]пиррол-2,3-дионами	152
Нелькенбаум К.С., Замахина К.Д., Мусин А.И., Баулин О.А. Синтез и использование в технических целях эфиров спиртов 1,3-диоксациклоалканового ряда	153
Павельев А.Ю., Калюта Т.Ю. Оценка мультитаргетного антиноцицептивного действия G-104 IN SILICO и IN VIVO в рамках терапевтического профилирования его как неопиоидного анальгетика	154
Пегушина А.С., Горбунов А.А., Шкляев Ю.В. Синтез и окисление 5,5-диметил-5,6-дигидроимидазо[5,1-А] изохинолин-3(2Н)-она	155
Первухина О.Е., Крашенинина М.П. Разработка методики измерений массовой доли аминокислот в аллергенах белкового происхождения методом капиллярного электрофореза	156
Перевощикова А.Н., Горбунов А.А., Шкляев Ю.В. Перегруппировка Вагнера-Меервейна в синтезе гетероциклов типа азапропелланов по реакции Риттера	157
Першина Н.Н., Михайловский А.Г. Синтез бис-производных изохинолина реакцией гидрированных изохинолинов с гексаметилендиизоцианатом	158
Плеханова И.В., Рожкова Ю.С., Шкляев Ю.В. Синтез 1- <i>R</i> -4Н-	

спиро[ферроцено[с]пиридин-3,1'-циклоалканов]	159
Ившина И.Б., Плотницкая Н.А., Мальцева П.Ю., Ильина И.В., Волчо К.П., Салахутдинов Н.Ф. Биотрансформация растительных монотерпеноидов	160
Полежаева В.Д., Краснова А.И., Пулина Н.А. Синтез и поиск гипогликемической активности среди продуктов реакции 4-арил-N-(гетар-2-ил)-2-гидрокси-4-оксобут-2-енамидов с цинка дихлоридом	161
Половинкина М.А., Осипова В.П., Колумбет А.Д., Бурмистрова Д.А., Берберова Н.Т. Ферментоподобная активность производных пирокатехинов	162
Пузанов-Тюрин Д.А., Фомина Ю.А., Калюта Т.Ю., Смоляк А.А., Астафьева С.А., Решетова Е.Н., Стрельников В.Н., Федонников А.С. Воздействие на 5-НТ ₃ A и DP ₂ как основа мультитаргетного анальгетического действия производного изохинолина G-104	163
Решетова Е.Н., Смоляк А.А. Валидация ВЭЖХ методики для контроля фармацевтической субстанции нового неопиоидного анальгетика, производного 3,4-дигидроизохинолина – G-104	164
Рожкова Ю.С., Шкляев Ю.В. Синтез производных частично гидрированных спиро[индол-3,1'-циклогексан]-2'-ен-6'-онов	165
Савельева Д.О., Маркин З.А., Головачёва А.А., Смородин К.А., Атласкина М.Е., Казарина О.В. Регенерация отработанной отбелочной глины и переработка остаточного масла в биодизель	166
Севостьянова Н.Т., Баташев С.А., Козленко Д.К., Семенова М.С. Метоксикарбонилирование октена-1, катализируемое палладий-фосфиновой системой: закономерности, оптимальные условия, механизм	167
Севостьянова Н.Т. Алкоксикарбонилирование алкеновых субстратов растительного происхождения в синтезе сложных эфиров	168
Селезнев В.Е., Пушкаревский Н.А., Сухих Т.С., Конченко С.Н. Исследование восстановления 2,1,3-бензохалькогенадиазолов формамидинтом иттербия(II)	169
Сергеева А.С., Тарасов О.С., Шохина О.С., Макарова С.Г. О ходе разработки стандартного образца состава метилового эфира миристиновой кислоты	170
Старикова Н.Д., Шкляева Е.В., Бакиев А.Н. Продукты конденсации 4,5-дифенилтиофенкарбальдегида и их оптические и электрохимические свойства	171
Терентьев А.В., Варфоломеева В.В. Оценка точности методов DFT и связанных кластеров для описания структурно-энергетических характеристик ароматических спиртов и аминов	172
Толмачева И.А. Химические трансформации нитрилсодержащих пентациклических А-секотритерпеноидов	173
Устинов И.И. Гидролиз N ¹ ,N ⁴ -алкилированных-6,7-динитрохиноксалин-2,3-диононов	174
Устинов И.И. «One-pot» синтез трийодидов диэтилбензимидазолия	175
Фетисов Д.А., Канашин А.С., Красных Е.Л. Синтез фенольных антиоксидантов на основе 3,5-ди- <i>трет</i> -бутил-4-гидроксибензилового спирта: принципиальная технологическая схема	176
Филатова Е.В., Осипова В.П., Великородов А.В. Прогноз биоактивности и токсичности производных индена	177

Фомина Ю.А., Быкова Т.А., Никулин А.В., Пузанов Д.А. Разработка и валидация методики количественного определения вербаскозида в траве аврана лекарственного (<i>gratiolaofficinalisl.</i>)	178
Фролова В.М., Дёмин А.М., Валова М.С., Хонина Т.Г. Иммобилизация доксорубина магнитными наногелями на основе наночастиц Fe ₃ O ₄ в гелевой оболочке из глицеролатов железа, кремния и хитозана	179
Харламова Т.В., Габдракипов А.В.2, Шаповалов Ю.А. Химические трансформации алizarина для синтеза гибридных молекул	180
Цепенников М.А., Щербинин Ю.Г., Галеев А.Р., Муранова М.М., Дмитриев М.В., Масливец А.Н. Синтез 6-ацил 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионон	181
Цыпышева И.П., Юнусов М.С. (–)-Цитизин, метилцитизин и термопсин; химические трансформации и биологическая активность	182
Андреева А.А., Чакилев К.Е., Шкляев Ю.В., Масливец А.Н. Взаимодействие ароилпировиноградных кислот с гидразидом изоникотиновой кислоты	183
Чернов И.С., Эрхитуева Е.Б., Протас А.В., Шемчук О.С., Попова Е.А. Гибридные производные 1,3,5-триазина, содержащие бензимидазольный, азиридиновые и морфолиновые фрагменты, как потенциальные ингибиторы PARP И PI3K	184
Щербаков Р.О., Шмыков А.С., Учускин М.Г. Каскадная деароматизация 3-фурилпропан-1-онон действием 1,2-бинуклеофилов	185
Щербинин Ю.Г., Цепенников М.А., Галеев А.Р., Муранова М.М., Дмитриев М.В., Масливец А.Н. Особенности раскрытия цикла 6-ацил 2-азабицикло[3.1.0]гексан-3,4-дионон	186

Научное издание

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

Сборник тезисов докладов
IX Всероссийской конференции

Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, филиал «Институт
технической химии Уральского отделения Российской академии наук», Пермь

ул. Академика Королева, 3
614068, Пермь

Телефон: (342) 237 82 69, факс: (342) 237 82 62

E-mail: conf@itcras.ru

Сайт института: <http://www.itcras.ru>

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
URAL BRANCH

**INSTITUTE OF TECHNICAL
CHEMISTRY**