



**Казанский  
федеральный  
УНИВЕРСИТЕТ**



## **СБОРНИК ТЕЗИСОВ**

**ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ ШКОЛЫ-  
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ  
УЧЕНЫХ**

**«МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА»**



**Координационный совет по делам молодежи в  
научной и образовательной сферах при Совете  
при Президенте Российской Федерации по  
науке и образованию**

**Казань, 5-6 декабря 2024 года**

# СБОРНИК ТЕЗИСОВ

ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ ШКОЛЫ-  
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ  
УЧЕНЫХ

«МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА»



Казань, 5-6 декабря 2024 года

УДК 001.1(082)

ББК 72я43

С23

## Организатор

Казанский (Приволжский) федеральный университет

## Организационный комитет

### ***Председатель организационного комитета:***

Таюрский Д.А., первый проректор – проректор по научной деятельности КФУ.

### ***Сопредседатели и координаторы организационного комитета:***

Абрамский М.М., директор Института информационных технологий и интеллектуальных систем КФУ;

Гафуров М.Р., директор Института физики КФУ;

Зиганшин М.А., директор Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ;

Киясов А.П., директор Института фундаментальной медицины и биологии КФУ;

Силантьев В.В., и.о. директора Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ;

Егорчев А.А., директор Института вычислительной математики и информационных технологий КФУ.

### ***Члены организационного комитета:***

Билялов А.И.

Валиев И.Ф.

Валиева Л.Р.

Дьяконова Т.В.

Вахитов И.Р.

Герасимов А.В.

Каюмов А.Р.

Райманова М.А.

Хайдаров А.А.

Челнокова И.А.

## Партнеры конференции



Координационный совет по делам молодежи в научной и образовательной сферах при Совете при Президенте Российской Федерации по науке и образованию

**Сборник Тезисов Всероссийской с международным участием школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Материалы и технологии XXI века» / Отв. ред. А.В. Герасимов. [Электронный ресурс] – Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2024. – 275 с., 1 USB-flash-накопитель. – Систем. требования: ПК с процессором с тактовой частотой не менее 2 ГГц; Windows 8; USB 2.0; Adobe Acrobat Reader.**

**ISBN 978-5-00245-312-2**

ISBN 978-5-00245-312-2



9 785002 453122 >

УДК 001.1(082)

ББК 72я43

© Казанский (Приволжский)  
федеральный университет, 2024  
© Авторы, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 БИОМЕДИЦИНА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ .....	5
СЕКЦИЯ 2 БИОТЕХНОЛОГИИ И АГРОТЕХНОЛОГИИ .....	57
СЕКЦИЯ 3 НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	74
СЕКЦИЯ 4 ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	112
СЕКЦИЯ 5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИТ .....	245
СЕКЦИЯ 6 РОБОТОТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО .....	257
СЕКЦИЯ 7 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	262

## **СЕКЦИЯ 1 БИОМЕДИЦИНА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ**

## АНАЛИЗ ЭКСПРЕССИИ НАТРИЙ-ЗАВИСИМОГО ФОСФАТНОГО ТРАНСПОРТЕРА NaPi2b В СЕРОЗНЫХ КАРЦИНОМАХ ЯИЧНИКА

А.А. Абдуллина, Р.Г. Киямова, А.К. Нургалиева

*Научно-исследовательская лаборатория «Биомаркер», Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*az.abdullina@yandex.ru*

**Введение.** Таргетная терапия представляет собой одну из современных стратегий лечения, однако лечение рака яичника сопряжено с особыми трудностями, связанными с гетерогенностью заболевания и отсутствием персонализированного подхода. Это подчеркивает необходимость поиска новых терапевтических мишеней для повышения эффективности лечения. Одной из таких перспективных мишеней является натрий-зависимый фосфатный транспортер NaPi2b, который часто сверхэкспрессирован в карциномах яичника. В настоящее время разрабатываются терапевтические антитела, направленные против NaPi2b и установлено, что эффективность данной терапии коррелирует с уровнем экспрессии данного транспортера. Таким образом, мониторинг экспрессии NaPi2b может стать важным инструментом для выбора оптимальной стратегии лечения и повышения эффективности терапии.

**Материалы и методы.** Оценка уровня содержания транспортера NaPi2b в образцах 11 серозных карцином яичника, полученных из Республиканского клинического онкологического диспансера (г.Казань), осуществлялся с использованием Вестерн-блот анализа и оптимизированного протокола иммуногистохимического анализа. Корреляционный анализ между двумя методами проводился с использованием коэффициента корреляции Спирмена в программе GraphPad Prism.

**Результаты.** Мы провели анализ уровня содержания транспортера NaPi2b с помощью двух методов и показали, что они коррелируют между собой ( $R_s=0,85$ ). Мы выявили, что у 36% пациентов с серозной карциномой яичника был высокий уровень содержания транспортера NaPi2b (площадь NaPi2b-положительного сигнала среди опухолевых клеток  $\geq 75\%$ ).

**Заключение.** Протокол иммуногистохимического анализа оптимизированный для оценки содержания транспортера NaPi2b, может послужить основой для создания тест-систем, позволяющих выявлять пациентов с повышенной чувствительностью к таргетной терапии антителами против транспортера NaPi2b.

*Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030)*

**РОЛЬ ГЕНОВ *DRD2*, *SLC6A3*, *HTR2A*, *GRIN2B* В РАЗВИТИИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА**

А.Ю. Берёзов

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

*al.berezov@gmail.com*

Болезнь Паркинсона (БП) – хроническое прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, по распространенности в мире занимает второе место после болезни Альцгеймера. Болезнь характеризуется гибелью дофаминергических нейронов в черной субстанции стриатума и накоплением телец Леви в спинном и головном мозге. Согласно современным представлениям в патогенезе БП может участвовать дисфункция дофаминергической и других видов нейротрансмиссии.

Цель исследования - изучение влияния полиморфных вариантов генов трех нейромедиаторов: дофамина - *DRD2* (rs6277, rs12364283), *SLC6A3* (rs2652510), серотонина - *HTR2A* (rs6311), глутамата - *GRIN2B* (rs1806201) в развитии болезни Паркинсона у жителей Московского региона. Анализ аллельного состояния генов был проведен с использованием образцов ДНК 203 пациентов и группы контроля - 213 жителей Москвы и Московской области с помощью методов: ПЦР-ПДРФ, АС-ПЦР, ПЦР-RealTime.

В результате проведенных экспериментов в гене *GRIN2B*, кодирующего рецепторы глутамата, впервые установлена ассоциация полиморфного варианта (rs1806201) с БП ( $p = 1.8E-7$ ; OR= 3,07; CI95% [1,97- 4,83]). Определена ассоциация полиморфного варианта rs12364283 в гене *DRD2* с БП ( $p = 5,6E-3$ ; OR= 1,79; CI95% [1,17-2,74]). Для замены rs6277 установлена ассоциация аллеля G с БП ( $p = 8,0E-4$ ; OR=2,39; CI95% [1,41 – 4,13]). На выборке из России исследование проведено впервые. В работе установлена ассоциация локуса rs2652510 с БП в гене *SLC6A3* транспортера дофамина ( $p = 6,1E-7$ ; OR=3,73; CI95% [2,13- 6,67]). В гене *HTR2A* (rs6311), кодирующего рецептор серотонина, подтверждена ассоциация полиморфного варианта с БП ( $p = 4,2E-3$ ; OR= 2,49; CI95% [1,17-6,79]). Данные, полученные при генотипировании, были взяты для анализа комплексных генотипов. Наши результаты подтвердили комплексное совместное действие полиморфных вариантов на риск sporadicческой болезни Паркинсона. В работе показано, что в патогенезе болезни принимают участие несколько нейротрансмиттерных систем, подтвержден вклад рецепторов и транспортёров дофаминергической, рецепторов серотонинергической и глутаматергической систем в развитии болезни Паркинсона. Маркеры, несущие наибольший риск БП, могут быть использованы для ранней диагностики болезни Паркинсона.

## НАНОЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ В ТЕРАПИИ РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

И.В. Будилович, Д.Ю. Черногузов

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

*budik20035057@gmail.com*

Наночастицы металлов обладают уникальными физико-химическими свойствами, что делает их эффективными в терапии рака. Их малый размер (1-100 нм) обеспечивает высокую биодоступность и проницаемость через клеточные мембраны. Например, в фототермической терапии наночастицы золота разрушают раковые клетки при нагревании, минимизируя при этом повреждение здоровых тканей, находящихся в окружении. В магнитной гипертермии наночастицы оксида железа эффективно уничтожают опухоли под воздействием магнитного поля. Наночастицы серебра демонстрируют антимикробные свойства, что помогает предотвращать инфекции у пациентов, проходящих химиотерапию. Кроме того, они улучшают визуализацию опухолей в КТ и МРТ, благодаря таким оптическим свойствам как плазмонный резонанс, повышая контрастность изображений за счет поглощения и рассеивания света [1-3].

Биосовместимость является ключевым аспектом, позволяющим эффективно использовать металлические наночастицы в медицинских приложениях. Наночастицы золота и серебра, обладая высокой биосовместимостью, могут использоваться в организме без значительных иммунных реакций. Кроме того, наночастицы могут быть функционализированы с помощью молекул, таких как антитела или пептиды, что улучшает их специфичность в доставке лекарств непосредственно к опухолевым клеткам. Функционализированные наночастицы золота могут использоваться для целевой доставки химиопрепаратов, что снижает побочные эффекты [1].

Несмотря на множество преимуществ, существуют и риски, связанные с использованием наночастиц. Одним из основных является возможность токсических эффектов при их накоплении в организме, что может привести к непредсказуемым последствиям. Перспективы исследований следует направить на проведение дальнейших клинических испытаний для подтверждения безопасности и эффективности использования наночастиц [3].

1. Использование наночастиц металлов в терапии онкозаболеваний. Международный студенческий научный вестник (сетевое издание) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eduherald.ru/>. – Дата доступа: 01.11.2024.
2. Нанотехнологии в лечении рака в 2024 году. Booking Health [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bookinghealth.net/>. – Дата доступа: 02.11.2024.
3. Применение наночастицы, включающей металлический материал, покрытый материалом оксида гафния, в онкологии и композиция, ее содержащая : пат. ЕА 029635В1 / А. Поттье, Л. Леви, М. Э. Мер. – Оpubл. 30.04.2018.



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ В РАСТВОРЕ ОКСИДА ГРАФЕНА, ПОЛУЧЕННОГО ПО МЕТОДИКАМ БРОДИ И ХАММЕРСА, ПО ДАННЫМ ЯМР-РЕЛАКСАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

К.Р. Тимуршина, Э.Т. Гайфуллина, А.Б. Зиятдинова, Р.Р. Амиров,  
В.В. Брусско, А.М. Димиев

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*annette\_zb@mail.ru*

Оксид графена (ОГ) – доступный наноразмерный материал, представляющий собой листы из атомов углерода с функциональными группами. Наличие на углеродной двумерной платформе различных кислородсодержащими групп позволяет получать стабильные водные дисперсии ОГ, способные связывать ионы металлов. ОГ нашел применение для очистки вод, в каталитических системах, модификации окислительно-восстановительных процессов. Биосовместимость ОГ открывает возможности его использования и в медицинских целях. Несмотря на широкий спектр областей применения, структура ОГ и механизм взаимодействия с ионами металлов еще требует более детального изучения. Таким образом, исследование состояния ОГ в воде в присутствии ионов металлов является актуальной задачей.

В основе получения ОГ лежит реакция окисления графита серной кислотой (методика Хаммерса, продукт - ХГО) или хлоратом калия и азотной кислотой (методика Броди, продукт - БГО). В зависимости от условий синтеза листы ОГ будут обладать индивидуальной структурой, особенности которой можно исследовать методом парамагнитного ЯМР-релаксационного зондирования. В данной работе в качестве парамагнитного зонда использовали Gd(III), способный формировать высокорелаксивные аддукты с супрамолекулярными ансамблями дифильных соединений.

Установлено, что протонная релаксивность водных растворов ионов Gd(III) с БГО и ХГО различны и зависят от содержания ОГ, концентрации ионов парамагнитного металла и pH среды. С увеличением содержания ОГ значения спин-спиновой релаксивности росли и в одинаковых условиях достигали значений 40 и 120 мМ<sup>-1</sup>с<sup>-1</sup> для образцов БГО и ХГО соответственно. Различие можно объяснить меньшим числом функциональных групп в БГО по сравнению с ХГО, что согласуется с литературными данными. Полученные результаты, свидетельствующие о высокой релаксивности водных композиций Gd(III)-ОГ, полезны для разработки контрастных агентов для МРТ.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК МИКРОГЛИИ В РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ СПИННОГО МОЗГА ПОСЛЕ ТСМ

А.А. Гарифуллина, Э.И. Насыбуллина, Э.Р. Ахметзянова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*Alinagarifullina2902@gmail.com*

Травма спинного мозга (ТСМ) инициирует ряд биохимических реакций и взаимодействий между клетками, которые определяют регенеративные способности нервной ткани. Важную роль в процессе регенерации нервной ткани играет микроглия. Данный тип клеток принимает участие в формировании воспалительного ответа в ответ на повреждение. Микроглия, в силу своей пластичности, способна переключаться между про- и противовоспалительными состояниями. В зависимости от интенсивности и стадии воспалительного процесса, клетки микроглии могут оказывать как про-, так и противовоспалительный эффект, который определяет степень повреждения нервной ткани.

Мы провели исследование по изучению закономерности распределения клеток микроглии в четырех различных участках спинного мозга (шейном утолщении - ШУ, верхнем грудном - ГВ, нижнем грудном - ГН, поясничном - ПУ) у интактных животных и животных с ТСМ. Стоит отметить, что аналогичных исследований по изучению распределения клеток микроглии в четырех различных участках спинного мозга, ранее осуществлено не было.

Из шейного, верхнего/нижнего грудного и поясничного участков интактного и травмированного спинного мозга были выделены клетки микроглии. С выделенными клетками проводилась проточная цитометрия при помощи антител к CD86 и CD206.

У интактных животных в шейном утолщении (ШУ) уровень CD86 клеток микроглии значительно выше, чем в других отделах спинного мозга. Уровень CD206 клеток имеет максимальное значение в поясничном отделе. После ТСМ уровень CD86 провоспалительных клеток микроглии значительно возрастает во всех отделах, особенно в ШУ и ГВ. Уровень CD206 - маркера противовоспалительного фенотипа микроглии - также увеличивается во всех отделах спинного мозга после травмы, достигая максимального значения в ШУ.

Исходя из результатов исследования, можно сделать вывод, что в интактном спинном мозге распределение про- и противовоспалительной микроглии по отделам неоднородный: провоспалительный доминирует в ШУ, а противовоспалительный - в ПУ. После травмы происходит активация в сторону как провоспалительного, так и противовоспалительного фенотипа микроглии во всех отделах, но наиболее выраженные изменения происходят в верхних отделах (ШУ и ГВ).

Эти различия в распределении и активации разных фенотипов микроглии могут отражать особенности региональных реакций спинного мозга на травму и играть важную роль в патофизиологических процессах.

*Работа поддержана грантом Российского научного фонда, No. 23-24-00348, <https://rscf.ru/en/project/23-24-00348/>*

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТ-СИСТЕМЫ ПО ИЗМЕРЕНИЮ УРОВНЯ ОБЕЗВОЖЕННОСТИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

С.В. Гизбрехт, А.С. Румянцева

*ГБУ ДО КК ЦДЮТТ, Краснодарский край, Новороссийск, Россия*

*Sofkakolbasa@gmail.com*

По данным всемирной организации здравоохранения, ежегодно регистрируется огромное количество случаев острых кишечных инфекций, ротавирусных гастроэнтеритов, и многие из них приходится на тяжелые формы заболевания, которые не обходятся без обезвоживания организма. Также дегидратация является самой частой причиной смертности детей от острых кишечных инфекций.

В современном мире определить уровень обезвоженности организма человека возможно только по внешним показателям. В мире нет ни одной электронной тест - системы, которая могла бы обозначить потерю жидкости в организме в процентном соотношении. Эта тема актуальна как в современной медицине, так и в области спорта, так как во время интенсивных тренировок спортсмены теряют около 3-4% жидкости.

Перед нами была поставлена цель – изучить проблему обезвоженности организма, создать прототип тест-системы для определения уровня дегидратации организма человека и провести испытания прибора.

Созданная тест-система представляет собой прибор для определения влажности выдыхаемого воздуха (Рис. 1). Корпус построен в программе для 3D-моделирования Tincercad и распечатан на 3D-принтере из АБС-пластика. Внутри корпуса располагается выносной датчик уровня влажности и температуры. Себестоимость прибора 800 руб. При производстве в промышленных масштабах, прогнозируется снижение себестоимости тест-системы в 2 раза. В исследовании также применялись лакмусовые полоски для определения кислотности в ротовой полости.

Исследование проводилось в течение 5 месяцев. В эксперименте приняли участие 25 человек разных возрастных категорий.

В ходе работы нам удалось выяснить, что показатель влажности выдыхаемого воздуха у пожилых людей ниже, чем у людей среднего возраста, подростков и детей.

При заболеваниях ротавирусной инфекции и кишечных инфекция уровень влажности резко падает у детей младшего возраста, что очень опасно для их жизни и здоровья.

При обезвоживании меняется рН слюны – повышается кислотность.



Рисунок 1. Фотография прибора для определения влажности выдыхаемого воздуха.

## КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ В РАСТВОРЕ РЫБНОГО ЖЕЛАТИНА И КАРРАГИНАНОВ

А.Ш. Гильванов<sup>a,b</sup>, А.А. Никифорова<sup>a,b</sup>, Ю.Ф. Зуев<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский институт биохимии и биофизики, Федеральный исследовательский центр  
«Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

*gilvanovamir472@gmail.com*

Рыбный желатин, получаемый из кожи рыбы, активно используется в пищевой и фармацевтической промышленности, особенно из-за растущего спроса на него по экономическим, этнокультурным и эпидемиологическим причинам. Однако он имеет недостатки: низкая температура золь-гель перехода и низкая прочность гидрогелей [1]. Использование рыбного желатина в смесях с полисахаридами, такими как каррагинаны, может улучшить его физико-химические свойства и расширить область применения.

Методом турбидиметрического титрования изучено влияние массового соотношения полисахарид:белок, pH, концентрации биомакромолекул, концентрации и природы катиона неорганических солей (хлориды натрия и кальция) на фазовое поведение водных растворов рыбного желатина в присутствии каппа-, лямбда- и иота-каррагинанов. Образование нерастворимых белок-полисахаридных комплексов наблюдается в диапазоне между граничными значениями pH, которые уменьшаются по мере увеличения массового соотношения полисахарида к белку. Увеличение количества сульфатных групп в полисахариде в ряду каппа- < иота- < лямбда-каррагинан способствует снижению граничных значений pH. Электростатические взаимодействия между молекулами желатина и каррагинанов подавляются с увеличением ионной силы, что приводит к разрушению нерастворимых комплексов при добавлении солей. Увеличение концентрации биомакромолекул в растворе способствует к увеличению граничных значений pH.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 23-64-10020.*

1. Derkach S.R. et al. *Gels*, 2024, V.10, №8. 21 p.

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ IN VITRO ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ ТКАНЕИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВИДЕ ПЛАСТОВ ИЗ МЕЗЕНХИМНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК**

В.С. Глазьева, Еремичев Р.Ю., П.И. Макаревич, Н.А. Александрушкина

*Лаборатория медицинской биоинженерии, Центр регенеративной медицины,  
МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия*

*glazievavalentina@mail.ru*

В настоящее время наиболее перспективными, доступными и безопасными объектами регенеративной медицины являются продукты на основе мезенхимных стромальных клеток (МСК). Технология клеточных пластов (КП) представляет собой уникальную способность МСК генерировать трехмерные конструкции, состоящие из культивированных клеток и их депонированного внеклеточного матрикса (ВКМ). При этом регенераторный потенциал КП из МСК объясняется не только жизнеспособностью клеток и функциями ВКМ, а также паракринными эффектами МСК. Тем не менее широкое применение КП может быть ограничено в связи с свойствами МСК, приводящих к проблемам стандартизации протокола получения КП, оценке их качества и биологической активности. Данные трудности осложняют процесс получения тканеинженерной конструкции заданных характеристик в установленные сроки.

Нашим коллективом впервые исследовано влияние свойств донора и культуральных характеристик МСК на продолжительность сборки КП. Для прогнозирования времени, необходимого для получения готовой конструкции, предложено измерение длительности лаг-фазы на пассаже, предшествующем сборке КП. В ходе сравнительного анализа мы определили, что время формирования тканеинженерной конструкции не зависит от пола и возраста донора. При этом весьма важным оказывается количественное содержание коллагена I типа и IV типа, но не фибронектина, в культивируемых МСК, которое положительно коррелирует со сроками сборки КП. Кроме того, было показано обратная корреляция сроков сборки КП с содержанием в культуре клеток, положительных по белку ФАПа (белок активации фибробластов альфа), что может говорить о вкладе статуса дифференцировки МСК в составе КП. В настоящее время наша работа сосредоточена на уточнении процесса сборки КП и изучения различных параметров и их комбинаций, влияющих на сборку КП, таких как оценка продукции и укладки МСК белков ВКМ, дифференцировка клеток в миофибробласты, а также роль продукции растворимых факторов, способных регулировать процессы организации МСК в 3D-конструкции.

Детальная характеристика МСК в процессе сборки КП позволит расширить наше понимание функциональных изменений МСК в ходе организации трехмерной структуры. Разработки в данной области с одной стороны позволят получать более стандартизированные конструкции в заданные сроки, а с другой стороны дадут возможность использовать данные параметры для сходных направлений тканевой инженерии. Работа выполнена в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова и по перспективному направлению научно-образовательного развития Московского университета «Молекулярные технологии живых систем и синтетическая биология».

## СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ВАРТОНОВОГО СТУДНЯ СО СВЕРХЭКСПРЕССИЕЙ TRAIL СНИЖАЮТ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ КЛЕТОК ГЛИОБЛАСТОМЫ ЧЕЛОВЕКА *IN VITRO*

А.В. Городилова<sup>а</sup>, М.Г. Саидгараева<sup>а</sup>, И.И. Абдрахманова<sup>а,б</sup>, И.Ю. Филин<sup>а</sup>, В.М. Чернов<sup>а,б</sup>, А.А. Ризванов<sup>а</sup>, В.В. Соловьева<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия;

<sup>б</sup> ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

*anagorodilova@yandex.ru*

**Введение.** Глиобластома – злокачественное новообразование центральной нервной системы, в большинстве случаев приводящее к летальному исходу. Поиск новых адъювантных подходов при лечении данной нозологии является актуальной задачей в современной медицине. Мезенхимные стволовые клетки обладают природным тропизмом к опухолевым нишам, благодаря чему являются перспективной платформой для доставки противоопухолевых агентов, в частности, TNF-связанного апоптоз-индуцирующего лиганда (TRAIL). TRAIL способен вызывать апоптоз в опухолевых клетках, сохраняя при этом целостность здоровых клеток, что делает его привлекательным противоопухолевым средством для целенаправленной терапии злокачественных новообразований. Целью данной работы является оценка способности МСК, сверхэкспрессирующих TRAIL (МСК-TRAIL), вызывать апоптоз в клетках глиобластомы человека *in vitro*.

**Материалы и методы.** МСК, выделенные из вартонового студня, были модифицированы лентивирусным вектором, кодирующим последовательность TRAIL, для оценки эффективности трансдукции клетки параллельно были модифицированы лентивирусным вектором, кодирующим зеленый флуоресцентный белок. Клеточные линии U138 и SNB19 в течение 48 часов культивировались с МСК-TRAIL, после чего оценивали процент жизнеспособной популяции клеток с помощью окрашивания на Аннексин V.

**Результаты.** Процент жизнеспособной популяции клеток U138 при культивировании с нативными МСК снизился до 92%, тогда как показатель при культивировании с МСК-TRAIL составил 78%. Для линии SNB19 данный показатель при культивировании с нативными МСК был 91%, в отличие от культивирования с МСК-TRAIL - 80,5%.

**Заключение.** Полученные данные показывают, что генетически модифицированные МСК-TRAIL способны влиять на жизнеспособность опухолевых клеток *in vitro*. Дальнейшие эксперименты помогут установить новые механизмы борьбы с глиобластомой человека.

*Работа выполнена в рамках программы «Стратегическое академическое лидерство Казанского федерального университета» (ПРИОРИТЕТ-2030).*



## ПОЛУЧЕНИЕ КУЛЬТУРЫ НЕЙРОНОВ И ШВАННОВСКИХ КЛЕТОК ИЗ СПИНАЛЬНЫХ ГАНГЛИЕВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ БИОМАТЕРИАЛОВ

Р.А. Курбанов <sup>a</sup>, К. Даиоб <sup>a</sup>, Р.И. Муллин <sup>b</sup>, Т.И. Абдуллин <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> Республиканская клиническая больница Министерства РТ, Казань, Россия

*timur.abdullin@kpfu.ru*

Эффективное замещение и репарация тканей нервной системы с использованием биоимитирующих материалов является актуальной медицинской задачей. Создание подобных биоматериалов требует применения релевантных и доступных клеточных моделей для исследования процессов нейрорегенерации в условиях *in vitro*. Нами оптимизирована методика выделения клеток из спинальных ганглиев (DRG) неонатальной мыши для получения смешанной культуры первичных нейронов и шванновских клеток. Оптимизированная методика основана на предшествующих протоколах выделения DRG-нейронов, однако, она не требует градиентного фракционирования диссоциированных клеток DRG.

С использованием микрохирургических инструментов под стереомикроскопом производили постепенное удаление тканей, окружающих ганглии, с обеих сторон позвоночного столба. Проявляющие ганглии отделяли пинцетом вместе с корешком с последующим обрезанием корешков, подсчетом и переносом ганглиев в пробирку. Далее осуществляли стандартную ферментативную и механическую диссоциацию ганглиев с образованием гомогенной суспензии. Подобраны условия, позволяющие эффективно разделить клетки от дебриса без центрифугирования в градиенте плотности Percoll и получить очищенную суспензию клеток, в которой по данной фазово-контрастной микроскопии преимущественно содержатся нейроны.

Проведено сравнительное исследование адгезии и роста DRG-клеток на поверхности культурального планшета, модифицированного катионными полимерами и ламинином, при культивировании в бессывороточной среде с добавлением фактора роста нервов. В культуре детектировались крупные округлые нейроны и вытянутые/звездчатые клетки, как правило, ассоциированные с нейронами и делящиеся в процессе культивирования (морфологически соответствуют шванновским клеткам). Показано, что катионизация поверхности способствует первичной адгезии DRG-клеток, а в присутствии ламинина наблюдается интенсивный рост нейритов и увеличение числа шванновских клеток. С использованием программного обеспечения ImageJ проводили количественный анализ параметров формирующихся нейритов. Модификация поверхности различными биологическими полимерами и компонентами модулировала образование нейритов и пролиферацию шванновских клеток.

Результаты могут быть использованы для скрининга композиций внеклеточного матрикса, обладающих нейрогенной активностью *in vitro*.

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (проект FZSM-2022-0020).*

## ЛИПИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК БИОМАРКЕРЫ ИММУНОДЕФИЦИТА, ИНДУЦИРОВАННОГО ЦИКЛОФОСФАМИДОМ

Е.И. Демичева <sup>a,b</sup>, Ф.Е.Д. Поланко <sup>a</sup>, В.А. Шевырин <sup>a</sup>, Е.А. Мухлынина <sup>a, b</sup>,  
Е.Г. Ковалева <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Уральский Федеральный университет (УрФУ), Екатеринбург, Россия

<sup>b</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*fimby@mail.ru*

Вторичные иммунодефицитные состояния (ИДС) – обширная группа заболеваний, в основе которых лежит нарушение иммунного ответа [1]. Проявляясь как на фоне других заболеваний, так и под воздействием внешних факторов, вторичные ИДС остаются одними из наиболее труднодиагностируемых заболеваний. В настоящее время их диагностика осуществляется на основе клинических симптомов, однако, современные подходы позволяют применить новую стратегию – диагностику на основе идентификации биомаркеров в биологических жидкостях пациентов, например, липидов в плазме крови.

В данном исследовании было проведено определение липидного профиля плазмы крови лабораторных мышей с помощью ВЭЖХ-МС и методов биоинформатики. В исследовании было задействовано 30 мышей-самцов трехмесячного возраста линии СЗН. Особи были поделены на 2 экспериментальные группы (контрольная и ИДС) по 15 мышей в каждой. ИДС моделировалось однократным введением циклофосамида и было подтверждено результатами проточной цитометрии и гематологического анализа. Проведение ВЭЖХ-МС включало экстракцию липидных соединений из плазмы крови с использованием метил трет-бутилового эфира. Масс-спектры, полученные после проведения ВЭЖХ-МС, были проаннотированы при помощи базы данных LIPID MAPS и затем обработаны библиотеками языка программирования R для анализа масс-спектрометрических данных (Lipidfinder, XCMS). В ходе статистического анализа было отобрано 15 потенциальных липидных биомаркеров ИДС, имеющих значимые отличия между экспериментальными группами. Среди преобладающих биомаркеров отмечены глицерофосфохолины, сфингомиелины и триацилглицеролы. Предлагаемая методика обладает большим потенциалом для диагностики широкого спектра заболеваний и может быть оптимизирована для анализа других биологических жидкостей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Программы развития Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина в соответствии с программой стратегического академического лидерства "Приоритет-2030".

1. Tuano KS, Seth N, Chinen J. Secondary immunodeficiencies: An overview. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2021;127(6):617-626.



## ОСОБЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КИНУРЕНИНОВЫХ МУТАНТОВ *D. MELANOASTER* В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОУГЛЕВОДНОЙ ДИЕТЫ

Д.Г. Жудловский, В.В. Костенко, Р.Р. Нигматулина

*Кафедра генетики, Институт Фундаментальной Медицины и Биологии, Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия*

*dgzhudlovskiy@kpfu.ru*

**Актуальность и цель:** Недавние данные свидетельствуют о том, что нарушенный метаболизм триптофана по кинурениновому пути (КПОТ) может влиять на патогенез метаболических нарушений, в том числе на возникновение сахарного диабета, что дает возможность рассматривать данный механизм как мишень в поиске профилактики и терапии при СД [1]. Дрозофила была выбрана в качестве модели для изучения влияния дисбаланса метаболитов триптофана по причине удобства, поскольку существуют мутантные линии дрозофилы с нарушением кинуренинового метаболизма. Установлено, что воздействие диеты с высоким содержанием сахара (HSD) вызывает у дрозофил гипергликемию и признаки резистентности к инсулину [2].

**Материалы и методы:** В работе были использованы следующие линии мух: Canton-S (CS), штамм дикого типа. Vermilion (v) – мутация в гене триптофан 2.3-диоксигеназы (TDO); Cinobar (cn) – мутация в гене кинуренин 3-монооксигеназы (КМО); Scarlet (st) - мутация ABC-транспортера, ответственного за транспорт метаболитов, таких как 3-гидроксикинуренин. Линии мух выращивали на питательной среде, содержащей сахарозу в концентрации 0.6М в течение двух последовательных поколений. Методика эксперимента включала в себя измерение таких показателей, как масса тела мутантов и мух дикого типа, расчет индекса локомоции, оценка проницаемости стенки кишечника методом СМУРФ теста [3], микроскопирование жирового тела, нервного ганглия и цельного кишечника личинок мух 3-го возраста, предварительно окрашенных Суданом черным [4], определение относительных уровней мРНК гена фактора транскрипции forkhead box O (dFOXO) и гена рецептора серотонина 5HT1-B. Статистически значимые различия между исследуемыми группами оценивали с использованием теста Тьюки.

**Результаты:** Были получены данные о различиях в исследуемых показателях между экспериментальными и контрольной группами, данные были визуализированы в виде столбчатых диаграмм с результатами статистических тестов.

**Выводы:** В ходе эксперимента были получены сведения о влиянии высокоуглеводной диеты на формирование признаков приспособленности и поведения у мутантных линий дрозофилы с нарушениями КПОТ.

1. Koziel K. and Urbanska E. Kynurenine Pathway in Diabetes Mellitus—Novel Pharmacological Target? [Text] / Koziel K. and Urbanska E. // Cells (2023-V.2 – P.460.1).
2. Musselman L.P. A high-sugar diet produces obesity and insulin resistance in wild-type Drosophila [Text] / Musselman L.P., Fink J.L., Narzinski K., Ramachandran P.V., Hathiramani S.S., Cagan R.L., Baranski T.J. // Dis. Model. Mech. 2011 - V.4 - P.842–849.
3. Martins R.R. How to Catch a Smurf? - Ageing and Beyond... In vivo Assessment of Intestinal Permeability in Multiple Model Organisms [Text] / Martins R.R., McCracken A.W., Simons M.J.P., Henriques C.M., Rera M. // Bio Protoc – 2018 V.5.
4. Tennessen J. M. Methods for studying metabolism in Drosophila. [Text] / Tennessen J. M., Barry W. E., Cox J., Thummel C. S. // Methods-2014 (San Diego, Calif.).

## SWITCHING MAGNETS SETUP FOR MAGNETO-MECHANICAL CELL DESTRUCTION

D. Zinnyatullina, I. Shamanov, A. Anikin, V. Belyaev

*Immanuel Kant Baltic Federal University, 236004, Nevskogo 14, Kaliningrad, Russia*

*daniya2908@icloud.com*

Modern science actively seeking new methods and technologies for the treatment of cancer. One of the promising methods in this field is magnetomechanical therapy, which uses low-frequency magnetic fields with strengths typically from 10 to 100 mT to guide and/or control magnetic nanoparticles to destroy cancer cells [1]. The shape and size of magnetic nanoparticles play an important role in their cancer treatment effectiveness. Anisotropic nanoparticles (e.g., nanodiscs or nanowires) can interact with cells more effectively and provide better tumor penetration due to enhanced permeability and retention effects, and their size can range from 1 to 1000 nm [2]. These nanoparticles can be made of different chemical elements such as iron oxides, nickel or ferrites and be capable of different kinds of motion such as rotational and/or translational. A minimum force of 1 to 100 pN is required to effectively rupture cell membranes, which depends on the characteristics of the nanoparticles, the magnitude of the magnetic field strength and its gradient [2]. Combination of magneto-mechanical and photothermal therapies can increase the treatment effectiveness, but imposes additional restrictions on the temperature of the electromagnet to avoid damage to healthy tissues.

To study the magnetomechanical properties of nanoparticle solutions, we have developed an experimental setup consisting of a pair of switching dipole electromagnets. Its magnetic field and operational characteristics were studied. The parameters of the setup are as follows: operating frequency range 1÷100 Hz, maximum pulsed current up to 7 A, voltage up to 100 V and magnetic field up to 75 mT. The working area is a 5 cm diameter circle with a gap between the magnets to accommodate a 96-well plate, standard for *in vitro* experiments. The unit can be operated continuously for 10 to 45 minutes with a maximum heating up to 44 degrees Celsius, with a purge system provided to protect the plate from heat. The unit also supports combination with phototherapy by having an open optical axis along the axis of the electromagnets.

1. Kim D. H. et al. Biofunctionalized magnetic-vortex microdiscs for targeted cancer-cell destruction // *Nature materials*. – 2010. – T. 9. – №. 2. – С. 165-171.
2. Naud C. et al. Cancer treatment by magneto-mechanical effect of particles, a review // *Nanoscale Advances*. – 2020. – T. 2. – №. 9. – С. 3632-3655.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИМФОТРОПНОЙ ДОСТАВКИ НАНОФОРМУЛЯЦИЙ НА ЛОКАЛИЗАЦИЮ В ЗОНЕ ОПУХОЛЕЙ МОЗГА

А.С. Золотарева, В.О. Шипунова

*Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия*

*zolotareva.as@phystech.edu*

Опухоли мозга являются одними из наиболее сложных и опасных видов онкологических заболеваний. При этом широкий спектр применяемых для химиотерапии препаратов, обладает низкой эффективностью, поскольку они не способны преодолевать гематоэнцефалический барьер (ГЭБ). Доставка наночастиц лимфотропным путем представляет собой инновационную стратегию, которая позволяет направлять терапевтические агенты к опухолевым тканям через лимфатическую систему. Этот метод имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами введения, такими как системные инъекции или пероральный прием в связи с тем, что доставка происходит непосредственно в мозг через ликвор, минуя ГЭБ.

Целью данного исследования являлась оценка эффективности лимфотропной доставки наноформуляций по сравнению с другими методами введения для терапии опухолей мозга.

В качестве агентов доставки использовались белковые наночастицы, поскольку они являются природными биоматериалами, что снижает риск токсичности по сравнению с другими типами частиц. Провели сравнительный анализ эффективности доставки частиц в мозг лимфотропным путем в зависимости от зоны их введения. Анализ распределения наночастиц в органах *ex vivo* показал высокое накопление наночастиц в головном мозге при введении белковых наночастиц в челюстные лимфоузлы. В работе определены наиболее эффективные системы лимфотропной доставки, учитывающие специфику лимфотока, также проведен анализ эффективности разработанной системы доставки на моделях опухолей мозга.

Таким образом, вариации путей введения белковых наночастиц позволили выявить наиболее эффективный способ инъекции для большей локализации наночастиц в опухоли. В результате, мы определили, что синтезированные наночастицы белкового происхождения, введенные лимфотропным путем, обходят ГЭБ и увеличивают их локализацию в зоне мозга.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России, проект FSMG-2023-0015.*

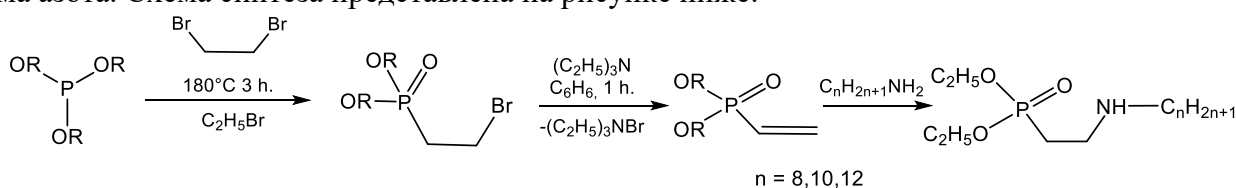
## СИНТЕЗ $\beta$ -АМИНОФОСФОНАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ВЫСШИЕ АЛКИЛЬНЫЕ ЗАМЕСТИТЕЛИ У АТОМА АЗОТА

Г.А. Зорин, Р.Р. Давлетшин, Е.А. Ермакова, Н.В. Давлетшина

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*gleb.zorin.2003@mail.ru*

$\beta$ -Аминоэтилфосфоновые представляют собой бесцветные высокоплавкие кристаллические вещества, растворимые в воде. [1] Диэфиры N-монозамещенных аминокислот проявляют свойства протонсодержащих нуклеофилов: они легко фосфорилируются диалкилхлорфосфитами в присутствии триэтиламина, алкилируются галоидными алкилами, присоединяются к гетерокумуленам — изоцианатам и N-оксиям. В настоящем исследовании получен ряд  $\beta$ -аминофосфонатов, содержащих один длинноцепочечный алкильный радикал у атома азота. Схема синтеза представлена на рисунке ниже:



На первой стадии смесь триэтилфосфита и дибромэтана нагревали в течение трех часов при температуре 180 °С при отгонке выделяющегося бромистого этила. На второй стадии смесь 1-бром-2-диэтилфосфоната и триэтиламина в абсолютированном бензоле нагревали в течение 1 часа с обратным холодильником. После суточного стояния осадок отфильтровывали, бензол отогнали в вакууме.

На третьей стадии смешивали полученный винилфосфонат с диалкиламинами и оставляли перемешиваться при комнатной температуре на 5-6 часов, без растворителя. Реакцию контролировали методом ИК- и ЯМР  $P^{31}$  и  $H^1$  спектроскопии.

Все соединения выделены из реакционной смеси и охарактеризованы комплексом физических методов исследования.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета ("Приоритет-2030").*

1. Губницкая Е. С,  $\beta$ -аминофосфонатов И  $\beta$ -аминофосфинатов, синтез и свойства/ Губницкая Е. С, Пересыпкина Л. П., Самарай Л. И/ *Успехи химии* Т.59 с.1386-1400.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БИОКОМПОЗИТА ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ ДОСТАВКИ ВАНКОМИЦИНА

О.В. Капустина, Я.Г. Зернов, С.М. Писарев, О.О. Шичалин

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

kapustina.ov@mail.ru

На данный момент не существует оптимального решения проблемы лечения костных инфекций, что актуализирует проведение исследований по разработке материалов для направленной доставки антибактериальных препаратов в костную ткань.

Для придания матрице остеогенных свойств могут быть использованы соединения кальция за счет качественного и структурного сходства с нативной костной тканью.

В данной работе был разработан синтез биокompозита на основе силиката кальция и гидроксиапатита кальция (ГАП) для применения в качестве доставщика ванкомицина.

Метод синтеза композита заключался в совместном осаждении солей из раствора с последующей гидротермальной обработкой при 180 °С в течение 6 часов и отжигом на воздухе при 400, 600, 800 °С.

Согласно полученным данным при повышении температуры отжига увеличивается кристалличность материалов.

Также при повышении температуры отжига увеличивается эффективность сорбции, которая для материала, полученного при 800 °С достигает 17,7 % (Рис. 1).

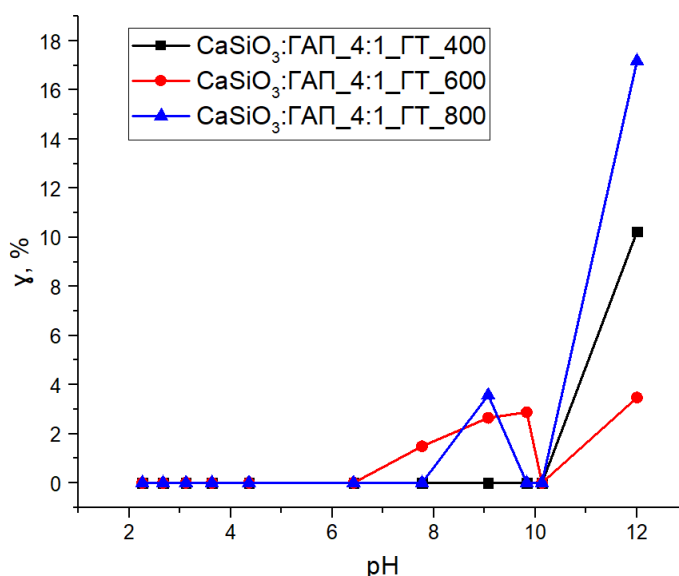


Рисунок 1. Влияние pH на эффективность сорбции ванкомицина

## **ОЦЕНКА КСЕРОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ЛИОФИЛИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО БАКТЕРИОФАГА СЕКСТАФАГ® ПИОБАКТЕРИОФАГ ПОЛИВАЛЕНТНЫЙ**

Н.А. Ковязина, А.М. Николаева

*Пермская государственная фармацевтическая академия, Пермь, Россия*

*natanat.pgfa@gmail.com*

Одним из направлений промышленной фармации является развитие рынка биофармацевтики, лекарственных препаратов лечебно – профилактических бактериофагов для использования в качестве антибактериальной терапии, альтернативной приему антибиотиков. Расширение линейки биотехнологических фагопрепаратов направлено на получение твердых лекарственных форм бактериофагов (порошки, таблетки, капсулы) для обеспечения стабильности и придание качественно новых потребительских свойств.

Целью данных исследований явилось выявление ксепротекторных свойств вспомогательных веществ при лиофилизации комбинированного бактериофага Секстафаг® Пиобактериофаг поливалентный.

Экспериментально изучены ксепротекторные свойства вспомогательных веществ: агар-агар, аэросил, гидроксипропилметилцеллюлоза, глюкоза, декстрин, желатин пищевой, калия хлорид, кальция глюконат, кальция карбонат, кальция фосфат, карбопол, коллаген, крахмал картофельный, лактоза, магния карбонат основной, магния оксид, мальтодекстрин, маннит, микрокристаллическая целлюлоза, метилцеллюлоза (МЦ–15, МЦ–35, МЦ–100), мука пшеничная, натрий карбоксиметилцеллюлоза, натрия альгинат, натрия гидрокарбонат, натрия карбонат, натрия хлорид, оксипропилметилцеллюлоза, пектин цитрусовый, пектин яблочный, поливинилпироллидон, пудра сахарная, сахароза, сорбит, спирт поливиниловый, фруктоза.

Методом математического планирования среди множества Парето по показателю специфической активности композиции комбинированного бактериофага с вспомогательными веществами после лиофилизации и коэффициенту ксепротекции выявлено, что агар-агар, желатин пищевой, метилцеллюлоза, лактоза, кальция карбонат, сорбитол обладают ксепротекцией, препятствуют в процессе лиофилизации разрушению оболочки и денатурации белковой молекулы компонентов комбинированного бактериофага Секстафаг® Пиобактериофаг поливалентный.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ КЛАСТЕРНОГО КОМПЛЕКСА $\text{Cs}_3\text{Na}_5[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{S}_2\text{O}_3)_6]$ *IN VIVO*

С.В. Короткова, Т.Н. Позмогова, М.В. Вегнер, М.А. Шестопапов

*Институт неорганической химии имени А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия*

*s.korotkova@g.nsu.ru*

**Введение.** Проблема злокачественных опухолей уже долгие годы является одной из важнейших для сферы здравоохранения. Фотодинамическая терапия (ФДТ) – это сравнительно новый подход, обладающий высокой эффективностью, малой инвазивностью и минимумом побочных эффектов в сравнении с прочими методами лечения злокачественных опухолей, так как химические агенты для ФДТ – фотосенсибилизаторы приобретают токсичные свойства только при облучении светом целевого участка [1]. Однако, ФДТ имеет ограниченную область применения ввиду того, что свет не может проникать в глубь тканей и не подходит для лечения глубоко залегающих опухолей. Для октаэдрических кластерных комплексов переходных металлов в последние годы была показана способность активироваться не только посредством света, но и посредством рентгеновского излучения, что потенциально позволяет расширить область применения ФДТ.

**Цель.** Оценить безопасность иодидного октаэдрического кластерного комплекса молибдена с тиосульфатными внешними лигандами ( $\text{Cs}_3\text{Na}_5[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{S}_2\text{O}_3)_6]$ ) на мелких лабораторных животных.

**Материалы и методы.** Для исследования острой токсичности мыши линии CD-1 были сформированы в 5 экспериментальных групп и 1 контрольную. Все животные получали инъекцию  $\text{Cs}_3\text{Na}_5\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{S}_2\text{O}_3)_6$  в физрастворе внутривенно в дозах 868,13 мг/кг, 1736,27 мг/кг, 2604,4 мг/кг, 3472,53 мг/кг и 4340,66 мг/кг. Контрольная группа получала инъекцию физраствора. Через 7 дней животные выводились из эксперимента, а их органы – сердце, печень, почки, селезенка, легкие забирали для исследования их морфологии. Из данных о смертности вычислялась полулетальная доза  $\text{Cs}_3\text{Na}_5[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{S}_2\text{O}_3)_6]$ .

**Результаты.** По истечении 7 дней после введения раствора кластерного комплекса выживаемость животных составила 0%, 20%, 80%, 100% и 100% для концентраций 4340,66 мг/кг, 3472,53 мг/кг, 2604,4 мг/кг, 1736,27 мг/кг и 868,13 мг/кг, соответственно. Животные, получавшие дозу 4340,66 мг/кг умирали в течение 2 часов после введения раствора  $\text{Cs}_3\text{Na}_5[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{S}_2\text{O}_3)_6]$  и в дальнейших исследованиях не участвовали. Полулетальная доза ( $\text{LD}_{50}$ ) составила 3041,15 мг/кг. Исследование патологий органов выявила, что корковая зона почек животных, получавших дозу 3472,53 мг/кг, подверглась серьезным дистрофическим изменениям, а в мозговой зоне наблюдаются множественные кисты из мочи и белка. У животных, получавших дозы 2604,4 мг/кг и менее, патологических изменений не обнаружено в исследованных органах.

**Вывод.** Результаты исследования острой токсичности указывают на то, что  $\text{Cs}_3\text{Na}_5[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{S}_2\text{O}_3)_6]$  обладает низкой токсичностью *in vivo*. Таким образом  $\text{Cs}_3\text{Na}_5[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{S}_2\text{O}_3)_6]$  может стать многообещающим агентом для терапии раковых опухолей.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 19-73-20109).*

1. Rkein A. M., Ozog D. M. Photodynamic therapy //Dermatologic clinics. – 2014. – Т. 32. – №. 3. – С. 415-425.
2. Kirakci K., Shestopalov M. A., Lang K. Recent developments on luminescent octahedral transition metal cluster complexes towards biological applications //Coordination Chemistry Reviews. – 2023. – Т. 481. – С. 215048.



## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МАРКЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АПОПТОТИЧЕСКОЙ ГИБЕЛИ ЛИМФОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА В ПРИСУТСТВИИ РЕСВЕРАТРОЛА И ЦИКЛОАСТРАГЕНОЛА

Е.И. Корпусова, Н.Г. Сараджи, М.А. Наквасина

*Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия  
erlizaveta.korpusova03@mail.ru*

Перспективными биогенными соединениями, проявляющими противовоспалительное, антивозрастное, противоопухолевое, кардио- и нейропротективное, иммуномодулирующее действие, являются ресвератрол и циклоастратегенол. Ресвератрол и циклоастратегенол – активаторы теломеразы. Эффекты этих биогенных агентов опосредуются целым рядом сигнальных молекул и транскрипционных факторов клеток (сиртуины, киназы, p53 и др.). Их клиническое применение сдерживается недостатком сведений о клеточно-молекулярных механизмах действия и возможном канцерогенном потенциале. В этой связи представляется актуальным исследование влияния циклоастратегенола и ресвератрола на структурно-функциональное состояние лимфоцитов крови человека в условиях воздействия факторов, инициирующих процессы клеточной гибели и клеточного старения - УФ-света и пероксида водорода.

С использованием методов спектрофотометрии, флуоресценции, проточной цитофлуорометрии исследованы изменения уровня продукции активных форм кислорода (АФК) и оксида азота, внутриклеточного кальция и количественных показателей процессов клеточной гибели лимфоцитов, модифицированных воздействием пероксида водорода ( $10^{-5}$  моль/л) и УФ-света (254 нм, 1510 Дж/м<sup>2</sup>) в присутствии ресвератрола ( $10^{-7}$ ,  $10^{-5}$  моль/л) и циклоастратегенола ( $10^{-8}$ ,  $10^{-5}$  моль/л).

Установлено, что циклоастратегенол ( $10^{-8}$ ,  $10^{-5}$  моль/л) и ресвератрол ( $10^{-7}$ ,  $10^{-5}$  моль/л) инициируют снижение уровня АФК и цитозольного кальция, повышение концентрации монооксида азота в лимфоцитах в условиях воздействия пероксида водорода и УФ-света по отношению к таковым для модифицированных иммуноцитов в отсутствие биогенных соединений. С использованием проточно-цитометрического метода анализа обнаружено достоверное снижение количества апоптотических клеток после УФ-облучения в присутствии циклоастратегенола ( $10^{-8}$  моль/л) по сравнению с уровнем исследуемого параметра для свободных фотомодифицированных иммуноцитов.

На основании анализа собственных экспериментальных и литературных данных предложены схемы возможного цитопротективного эффекта ресвератрола и циклоастратегенола по отношению к лимфоцитам.

Свойство ресвератрола и циклоастратегенола изменять уровень важнейших внутриклеточных сигнальных агентов и медиаторов апоптоза – АФК, NO, Ca<sup>2+</sup> – можно использовать для разработки способов регулирования процессов клеточной гибели иммуноцитов. Результаты наших исследований полезны при обсуждении вопросов, связанных с выявлением механизмов клеточной смерти и разработки подходов к её регулированию.



## ИММОБИЛИЗАЦИЯ ПАПАИНА НА МАТРИЦЕ ХИТОЗАНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИ-*N*-ВИНИЛПИРРОЛИДОМ

Е.К. Кузнецова, А.Н. Дубовицкая, М.Г. Холявка, А.В. Сорокин, М.С. Лавлинская,  
В.Г. Артюхов

*ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия*

*kuznetsovaliza1201@gmail.com*

Папаин — энзим, получаемый из латекса дынного дерева (*Carica papaya* L.). Его молекула состоит из одной полипептидной цепи, стабилизированной тремя дисульфидными мостиками. Папаин превосходит ферменты поджелудочной железы по своей способности расщеплять белки. Он используется для ускорения заживления ран и ожогов, размягчения тканей перед хирургическими вмешательствами, тендеризации мяса, а также в качестве пищеварительного фермента [1].

В данном исследовании проводилась иммобилизация папаина на матрице хитозана, модифицированного поли-*N*-винилпирролидоном в соотношении 1 мг фермента на 50 мг носителя с предварительной активацией цистеином. В работе использовались соединения, полученные в результате двух синтезов: хтз-вп 4 (мольное соотношение хитозана к мономеру 1:5) и хтз-вп 5 (мольное соотношение 1:1,25). Инкубация осуществлялась при комнатной температуре до полного высыхания препарата. Протеазную активность измеряли по отношению к субстрату азоказеину спектрофотометрически при длине волны 410 нм. Количество белка в препарате измеряли методом Лоури.

В результате исследования папаин продемонстрировал высокую способность связываться с носителем и довольно высокий показатель общей активности. Однако удельная активность иммобилизованных форм этого фермента не превышала ~ 15 %.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2023-2025 годы, проект № FZGU-2023-0009*

1. Feijoo-Siota L., Villa T. G. Native and biotechnologically engineered plant proteases with industrial applications // Food and Bioprocess Technology. – 2011. – Т. 4. – С. 1066-1088.

## ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЫ ROSIGLITAZONE-2

Г.Е. Лазаренко<sup>a</sup>, А.Е. Стефанович<sup>b</sup>, С.Н. Шахаб<sup>b</sup>

<sup>a</sup> ГУО «Университет НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь

<sup>b</sup> Белорусский Государственный Университет, МГЭИ БГУ, Минск, Республика Беларусь

*gabi.laz@mail.ru*

В данной работе изучены фармакокинетические свойства молекул Rosiglitazone и модифицированная Rosiglitazone-2. При исследовании использовались веб-сайты SwissADME, Biosig lab и pkCSM.

Rosiglitazone – препарат для лечения диабета из класса тиазолидиндионов, который снижает устойчивость к инсулину, что представляет собой главную причину метаболических расстройств с сахарным диабетом 2-го типа. В исследованиях на животных, с устойчивостью к инсулину, росиглитазон уменьшает концентрацию глюкозы, инсулина и триглицеридов в крови, смягчает либо прекращает развитие диабетической нефропатии и предотвращает гибель бета-клеток поджелудочной железы [1].

Таблица

Препарат	Субстрат Р-гр	Проницаемость через ГЭБ	Ингибитор CYP1A2	Ингибитор CYP2C19	Ингибитор CYP2C9	Ингибитор CYP2D6	Ингибитор CYP3A4	Мутагенность по тесту Эймса
Rosiglitazone	+	+	-	+	+	+	+	+
Rosiglitazone-2	-	-	-	-	-	-	-	+

Согласно таблице, молекула Rosiglitazone 2 не способна проникнуть через (гематоэнцефалический барьер) ГЭБ, что указывает на возможность использования модифицированной молекулы в терапии без угрозы токсического воздействия на головной мозг. Rosiglitazone-2 не оказывает ингибирующего эффекта на цитохромы суперсемейства P450. Это свидетельствует о том, что активность ферментов этих цитохромов сохраняется при применении модифицированного соединения [2].

Также, в ходе работы, были изучены водорастворимость, кожная проницаемость и кишечная абсорбция. Для молекул Rosiglitazone и Rosiglitazone-2 показатели составили: растворимость в воде -3,91 log моль/л и -2,08 log моль/л, проницаемость через кожу -3,425 log Кр и -3,404 log Кр, всасывание через кишечник 96,11% и 94,31%, соответственно.

Проведённые исследования показали, что молекула Rosiglitazone-2 обладает рядом преимуществ перед Rosiglitazone. Эти улучшения касаются таких параметров, как распределение вещества в организме, скорость метаболизма и выведения, а также стабильность молекулы в биологических средах. Несмотря на эти положительные изменения, смоделированная структура характеризуется сниженным показателем всасывания, что может ограничить его эффективность при использовании в терапевтической практике. В связи с этим, возникает необходимость дальнейшего совершенствования молекулярной структуры Rosiglitazone-2 для повышения уровня абсорбции препарата в организме пациента.

1. Balfour, J. A. B., Plosker, G. L. Rosiglitazone / J. A. B. Balfour, G. L. Plosker // Drugs. – 1999. – Т. 57. – С. 921-930.
2. Synthesis, DFT study and bioactivity evaluation of new butanoic acid derivatives as antiviral agents / H. A. Almodarresiyeh [et al.] // Biointerface Research in Applied Chemistry. – V. 12, iss. 3. – 2022. – P. 3522–3539.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЫ ROSIGLITAZONE-2

Г.Е. Лазаренко<sup>a</sup>, А.Е. Стефанович<sup>b</sup>, С.Н. Шахаб<sup>b</sup>

<sup>a</sup> ГУО «Университет НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь

<sup>b</sup> Белорусский Государственный Университет, МГЭИ БГУ, Минск, Республика Беларусь

*gabi.laz@mail.ru*

В данной работе смоделирована и усовершенствована молекула Rosiglitazone-2 на основе молекулы Rosiglitazone с целью улучшения ее биологических параметров. Изучены электрические свойства Rosiglitazone и Rosiglitazone-2. При расчетах использован метод молекулярной механики MM2 программного пакета ChemBioOffice 2016 для квантово-химического моделирования.

Таблица

Number	E <sub>LUMO</sub> , eV	E <sub>HOMO</sub> , eV	E <sub>g</sub> , eV	IP, eV	EA, eV	η, eV	S, eV <sup>-1</sup>	μ, eV	ω, eV	ω <sup>+</sup> , eV	ω <sup>-</sup> , eV
1	-0,319	-0,036	0,283	0,319	0,036	0,141	3,532	-0,177	0,002	0,040	0,217
2	-0,319	-0,031	0,287	0,319	0,031	0,143	3,475	-0,175	0,002	0,037	0,212

Потенциал ионизации (IP) представляет собой энергию, необходимую для отрыва электрона от молекулы. Сродство к электрону (EA) определяется как энергия, которая выделяется при присоединении электрона к системе:  $IP = -E_{HOMO}$ ;  $EA = -E_{LUMO}$ . Глобальная жесткость (η) вычисляется следующим образом:  $\eta = (IP - EA) / 2$ . Химическая мягкость (S) характеризует способность атома или группы атомов принимать электроны и выражается формулой:  $S = 1 / \eta$ . Электроотрицательность (μ) находится по формуле:  $\mu = -(IP + EA) / 2$ . Электрофильный индекс (ω) показывает стабильность системы при насыщении её электронами и определяется так:  $\omega = \mu^2 / 2\eta$  [1]. Нуклеофилы с низкими значениями μ и ω считаются сильными, тогда как сильные электрофилы характеризуются высокими показателями μ и ω. Соответственно, молекула Rosiglitazone-2 проявляет себя как сильный электрофил, в то время как Rosiglitazone – слабый.

1. Shahab S. [et al.] Geometry Optimization, UV/Vis, NBO, HOMO and LUMO, Excited State and Antioxidant Evaluation of Pyrimidine Derivatives // Letters in Organic Chemistry. 2021. V. 18. № 6. P. 465-476.

## ПОЛУЧЕНИЕ РЕКОМБИНАНТНОЙ ПРОТЕАЗЫ ИЗ *BACILLUS SUBTILIS* 168 ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В БИОМЕДИЦИНЕ

А.А. Толкачева <sup>а</sup>, О.В. Лепехина <sup>а</sup>, А.Р. Арзуманова <sup>а</sup>, К.Ю. Кукушкина <sup>а</sup>, С.Д. Новикова <sup>б</sup>, Д.А. Черенков <sup>а</sup>

<sup>а</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,  
Воронеж, Россия

<sup>б</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

*anna-biotech@yandex.ru*

Ферментные препараты нашли широкое применение в медицине благодаря высокоспецифичному, быстрому и пролонгированному действию, а также низкому уровню токсичности и практически полному отсутствию побочных явлений. В современной практике широко применяются протеолитические ферменты: растворяя денатурированные белки, они способствуют очищению раны, и, как следствие, более быстрому ее заживлению. В настоящее время особый интерес представляет разработка модифицированных перевязочных средств, в которых помимо механического (дренажного) слоя есть прослойка с иммобилизированной протеазой и заживляющими компонентами.

В современной биотехнологии для увеличения активности и производительности все чаще прибегают к применению рекомбинантных штаммов-продуцентов, поэтому целью нашей работы стала разработка нового генно-модифицированного продуцента протеазы.

В ходе скрининга базы данных NCBI и Pubmed, на основе сравнительного анализа физико-химических свойств протеаз, нами был выбран ген глутаминовой трансмембранной протеазы PrsW из бактерии *Bacillus subtilis* 168. Генетическая конструкция была собрана на основе плазмидного вектора pET-30b+. Протеазу экспрессировали в культуре трансформированных клеток *Escherichia coli* Top 10, в течение 3х часов после добавления 5мМоль индуктора (IPTG). Целевой белок выделяли из лизата клеток с помощью аффинной хроматографии. Протеолитическая активность очищенной протеазы, измеренная по методу Ансона, составила 559 ед/г белка.

Полученная рекомбинантная протеаза может применяться в ранозаживляющих средствах, направленных на мягкое и эффективное очищение раны, предотвращая развитие инфекции и способствуя скорейшему началу заживления.

## КАТИОННЫЕ АМФИФИЛЬНЫЕ МЕРОТЕРПЕНОИДЫ НА ОСНОВЕ (1R,2S,5R)-МЕНТОЛА И S-БОРНЕОЛА: СИНТЕЗ И МЕМБРАНОТРОПНАЯ АКТИВНОСТЬ

С.М. Макарова, А.А. Ахмедов, Р.Р. Гамиров, Ю.В. Панина, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

*Химический институт им. А. М. Бутлерова, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*sofanmakaran345@gmail.com*

Одной из мишеней антимикробных препаратов являются клеточные мембраны патогенов [1]. По сравнению с мембранами бактериальных и грибковых клеток, которые заряжены отрицательно, плазматические мембраны клеток млекопитающих имеют меньший заряд. Эти различия в структуре бактериальных и грибковых клеточных мембран по сравнению с мембранами клеток млекопитающих дают рациональную основу для разработки нескольких типов положительно заряженных кандидатов на лекарственные препараты. Наиболее перспективными соединениями с этой точки зрения являются катионные амфифильные соединения из-за их высокого сродства к липидной мембране [2].

В последние годы все больше внимания уделяется разработке антимикробных средств на основе природных и полусинтетических источников. Терпеноиды представляют собой одну из самых обширных и структурно разнообразных групп природных соединений. В последнее время показана противогрибковая и антибактериальная активность природных терпеноидов и производных на их основе. Поэтому введение в природные терпеноиды, содержащие липофильные фрагменты с высокой биологической активностью, четвертичных аммониевых групп представляет особый интерес для создания терапевтических средств.

В этой работе были синтезированы аммониевые производные (1R,2S,5R)-ментола и S-борнеола, методом динамического светорассеяния была изучена самосборка синтезированных соединений в водных растворах, также была изучена возможность взаимодействия полученных соединений с модельной фосфолипидной мембраной.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 24-73-00236).*

1. D.G. Sant, S.G. Tupe, C.V. Ramana, M.V. Deshpande *J. Appl. Microbiol.* 2016. V. 121. I. 6. P. 1498–1510.
2. M.A Cook, G.D Wright, *Sci. Transl. Medicine* 2022; V. 14. I. 657. eabo7793

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МУТАЦИЙ В ОБРАТНОЙ ТРАНСКРИПТАЗЕ ВИЧ-1 НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С НЕВИРАПИНОМ И ЭФАВИРЕЗОМ У БОЛЬНЫХ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ТЕРАПИИ НЕНУКЛЕОЗИДНЫМИ ИНГИБИТОРАМИ

А.Э. Махмедова<sup>a,b</sup>, П.В. Казимиров<sup>a</sup>, Н.И. Акберова<sup>b</sup>

<sup>a</sup> ГАУЗ «Республиканский центр по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями» Минздрава Республики Татарстан, Казань, Россия

<sup>b</sup> ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия

*maxmedovaa@inbox.ru*

**Актуальность:** Обратная транскриптаза (ОТ) является одной из главных мишеней при терапии ненуклеозидными ингибиторами, эффективность которых снижается из-за возникновения мутаций в ОТ. Для коррекции лечения у пациентов с устойчивостью важно выявлять эти мутации и выяснять их влияние на структурное взаимодействие ОТ с этими препаратами. Разработка технологии, сочетающая в себе определение мутаций с использованием секвенирования и молекулярного моделирования, эффекта этих мутаций на взаимодействие ОТ с препаратами, является актуальной задачей, решение которой позволит подобрать эффективное лечение для таких пациентов.

**Цель:** разработка метода, позволяющего определить влияние мутаций в обратной транскриптазе ВИЧ-1 на ее структурное взаимодействие с ненуклеозидными ингибиторами.

**Материалы и методы:** Вирусную нагрузку определили с помощью коммерческой тест-системы «РеалБест ВИЧ ПЦР» (АО «Вектор-Бест», РФ). Для определения лекарственной устойчивости использовали тест-системы ViroSeq™ HIV-1 Genotyping System v.2.0 (Abbott Molecular, США). Далее проводили обработку электрофореграмм с помощью ПО Sequencing Analysis 5.2 (Applied Biosystems, США) с дальнейшим выравниванием на референсную последовательность с помощью программы ViroSeq HIV-1 Genotyping Software v 3.0 (Celera Diagnostics, Applied Biosystems, США) на секвенаторе «Нанофор-05» (НПО «Синтол», РФ). Наличие мутаций в последовательности установили с помощью базы данных Stanford HIVDB. В PDB были найдены структуры обратной транскриптазы без мутаций (1C0T) и структуры с найденными мутациями (2HNZ, 2OPR). Структуры невирапина и эфавиренза были взяты из ZINC. Молекулярный докинг проводили на сервере SwissDock и в программе AutoDock. Результаты докинга анализировали в USCF Chimera.

**Результаты:** В пробах пациентов были обнаружены мутации V106I, E138K, K101E, Y181C, G190S, K101E+Y181C, которые были внесены в модель структуры ОТ. С помощью молекулярного докинга оценили взаимодействия ненуклеозидных ингибиторов со структурой ОТ. В области активного центра ОТ мутации K101E, Y181C и G190S ослабляли взаимодействие с невирапином, энергия сродства -8.19 ккал/моль (в структуре без мутаций -8.36 ккал/моль). Мутации E138K и V106I ослабляли взаимодействие эфавиренза с активным центром ОТ, энергия сродства равна -8.37 ккал/моль (без мутаций -9.04 ккал/моль).

## ***IN SILICO* АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МУТАЦИЙ В ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ САЙТАХ ДИСУЛЬФИДНЫХ СВЯЗЕЙ НА СТРУКТУРУ БОЛЬШОГО ВНЕКЛЕТОЧНОГО ДОМЕНА НАТРИЙ-ЗАВИСИМОГО ФОСФАТНОГО ТРАНСПОРТЕРА NaPi2b**

А.Р. Шайдуллина, А.К. Мейр, Н.И. Акберова

*Кафедра биохимии, биотехнологии и фармакологии, Казань, Россия*

*seuta21@gmail.com*

Натрий-зависимый фосфатный транспортер NaPi2b сверхэкспрессируется в тканях ряда злокачественных новообразований. Большой внеклеточный домен NaPi2b (ВКД) содержит эпитоп, распознаваемый многими моноклональными антителами. В ВКД имеется 4 цистеина в положениях 303, 322, 328, 350, которые могут образовывать дисульфидные связи, влияющие на конформацию ВКД и на его взаимодействие с антителами. Структура NaPi2b не определена, что делает методы моделирования его структуры особенно актуальными.

Целью данной работы является оценка влияния мутаций потенциальных сайтов дисульфидных связей в ВКД NaPi2b на его пространственную структуру с использованием методов равновесной молекулярной динамики. В работе использовали AlphaFold модель NaPi2b AF-O95436-F1, которую помещали в липидный бислой с помощью CHARMM-GUI, добавляли молекулы воды и ионов. Минимизацию энергии, нагрев, эквilibрацию и динамику проводили в пакете NAMD в силовом поле CHARMM36. Визуализацию и анализ систем на каждом этапе проводили в пакете VMD[4]. Мутации замены остатков цистеина в ВКД на аланин проводили с использованием Swiss-PdbViewer. Для сравнительного анализа траекторий молекулярной динамики применяли значения средне-квадратичного отклонения RMSD, флуктуации RMSF, площади доступной для растворителя SASA.

Сравнительный анализ траекторий молекулярной динамики (общее время симуляции 70 нс) показал, что введение дисульфидных связей в положениях 303-350 и 303-328 не изменило подвижность атомов в ВКД, но увеличило флуктуацию атомов (при этом самый подвижный в эпитопе - Пе333), и привело к уменьшению SASA всего ВКД и эпитопа. Для уточнения положения и количества дисульфидных связей в ВКД и оценки вклада остатков цистеинов в каждом из 4 положений был подготовлен набор мутантных систем со всеми возможными вариантами замены остатков цистеинов на аланин в ВКД NaPi2b для симуляции равновесной молекулярной динамики.



## КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНА ГЕМОЛИЗИНА *MORGANELLA MORGANII*

Л.Ф. Миннуллина, Г.И. Мухтарова, П.С. Мишеева

Институт фундаментальной медицины и биологии КФУ, Казань, Россия

LFMinnullina@kpfu.ru

Одним из ключевых факторов вирулентности уропатогенных микроорганизмов являются порообразующие токсины, способные повреждать клетки и ткани хозяйского организма. Известно, что некоторые штаммы *Morganella morganii* – возбудителя оппортунистических инфекций мочевыводящих путей – синтезируют RTX-токсин, гомологичный  $\alpha$ -гемолизину *E. coli* (HlyA). HlyA кодируется опероном *hlyCABD*, который также включает ген активатора токсина – ацетилтрансферазы HlyC, и гены *hlyB* и *hlyD*, ответственные за синтез транспортных белков [1].

Для оценки токсичности и физико-химических свойств гемолизина *M. morganii* необходимо выделить его в чистом виде. С целью получения активного гемолизина гены *hlyA* и *hlyC* уропатогенного штамма *M. morganii* MM 190 были клонированы в плазмиды pET-28a и pET-16b соответственно согласно [2]. Плазмиды были выделены из клеток *E. coli* DH5 $\alpha$  pET-28a (Kan<sup>R</sup>) и *E. coli* DH5 $\alpha$  pET-16b (Amp<sup>R</sup>), которые предварительно обрабатывали 170 мкг/мл хлорамфеникола для увеличения копияности плазмид [3], что позволило увеличить выход плазмидной ДНК до 700 нг/мкл (для pET-28a из 100 мл культуры). Для синтеза ДНК-вставки были сконструированы праймеры к генам *hlyA* и *hlyC*, несущие на 5'-концах сайты рестрикции для эндонуклеаз BamHI/NotI и FauNDI/BamHI соответственно. Полученные ПЦР-продукты размером около 3100 н.п. (*hlyA*) и 530 н.п. (*hlyC*) лигировали с векторами pET-28a и pET-16b, после чего использовали для трансформации химически компетентных клеток *E. coli* DH5 $\alpha$  (*recA1*, Amp<sup>S</sup>, Kan<sup>S</sup>). ПЦР-скрининг и секвенирование плазмидной ДНК подтвердило присутствие клонируемых генов у трансформантов *E. coli* DH5 $\alpha$  pET-28a/*hlyA* (Kan<sup>R</sup>) и *E. coli* DH5 $\alpha$  pET-16b/*hlyC* (Amp<sup>R</sup>). Последующее использование рекомбинантных плазмид для трансформации клеток *E. coli* BL21 (DE3) pLysS (Cm<sup>R</sup>), способных поддерживать экспрессию токсичных генов, позволит получить активную форму гемолизина.

Работа выполнена за счет средств гранта РФФ №22-75-00017.

1. I. Linhartová, L. Bumba, J. Masin, M. Basler, R. Osicka, J. Kamanova, K. Prochazkova, I. Adkins, J. Holubova, L. Sadilkova, J. Morova, P. Sebo. *FEMS Microbiol. Rev.*, 2010; **34**, 1076-1112.
2. V. Verma, S. Gupta, P. Kumar, A. Rawat, R. Singh Dhanda, M. Yadav. *Prep. Biochem. Biotechnol.*, 2019; **49**, 616-622.
3. F.M. Ausubel, R. Brent, R.E. Kingston, D.D. Moore, J.G. Seidman, J.A. Smith, K. Struhl. *Current Protocols in Molecular Biology*, 2003; John Wiley & Sons, Inc.



## ПОРТАТИВНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИАЛЬНОГО БИОМОНИТОРИНГА

Е.И. Михеева

*Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия*

*[ei.mikheeva@yandex.ru](mailto:ei.mikheeva@yandex.ru)*

Наличие микробиологической активности на промышленных объектах зачастую является индикатором повышенного уровня риска надежности их эксплуатации. Например, гетерогенная группа микроорганизмов, обладающая коррозионной активностью на промышленных площадках, может привести к разрушению трубопроводов и емкостей в нефтяном сегменте [1]. Кроме того, данная проблема наблюдается на гидро- и строительных сооружениях. Разработка единого подхода к молекулярной идентификации и количественного определения с использованием мобильных устройств, включая применение микрофлюидных технологий, позволит проводить биомониторинг с минимальным участием лаборанта [2].

В качестве объектов разработки системы были рассмотрены коррозионно-активные микроорганизмы (КАМ), при этом в панель системы были включены три штамма, индуцирующие критический уровень коррозионной нагрузки. Система предполагает проведение биомониторинга на основе следующих этапов: экстракция тотальной геномной ДНК из водной фазы образцов, амплификацию консервативных повторов и гибридизационно-флуоресцентную детекцию с зондами TaqMan. Реализация полного цикла анализа на портативной платформе занимает не более 1,5 часа с достижением коэффициента вариации, CV, равным  $(1,2 \pm 0,5)\%$ .

Данный подход к объединению ключевых этапов идентификации и количественного определения бактериальных штаммов, в частности, обладающих коррозионной активностью, позволяет проводить высокопроизводительный анализ по аналогии с принципом работы point-of-care систем. Применение портативной системы в биомониторинге не менее трех таргетных штаммов КАМ с получением количественных данных в копий/мл и создание системы рекомендаций ускоряет процесс принятия решения по превентивной обработке объектов с критической коррозионной нагрузкой. В рамках решения рассмотрен системный подход к биомониторингу микробиологической коррозии, объединяющий несколько этапов молекулярно-генетического анализа в портативной системе. Потенциал применения решения предполагается в промышленных направлениях в рамках оптимизации рутинных анализов.

1. Puentes-Cala E., Tapia-Perdomo V., Espinosa-Valbuena D. et al. Microbiologically influenced corrosion: The gap in the field // Front. Environ. Sci. – 2022. – Vol. 10.
2. Mesquita P., Gong L. and Lin Y. Low-cost microfluidics: Towards affordable environmental monitoring and assessment // Front. Lab. Chip. Technol. – 2022. – V. 1.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЗИКУЛ МЕЗЕНХИМНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК НА КСЕНОГРАФТНОЙ МОДЕЛИ ОПУХОЛИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Д.В. Молдавский, Е.А. Лузина, А.С. Кадырова, З.Е. Гилязиева, В.В. Соловьева,  
А.А. Ризванов

ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

*daniilmoldavskiy2@gmail.com*

**Ключевые слова:** опухолевые сфероиды, ксенографт, иммунодефицитные мыши, аденокарцинома молочной железы, мезенхимные стволовые клетки, внеклеточные везикулы, цитохалазин В

**Введение.** Внеклеточные везикулы представляют собой гетерогенные мембранные органеллы, секретируемые каждым типом клеток. Везикулы играют важную роль в развитии множественной лекарственной резистентности, а также большое значение имеет их роль в росте злокачественных опухолей. Такой способностью они обладают благодаря тому, что могут переносить функциональные белки и молекулы, способствующие приобретению лекарственной устойчивости.

Для оценки влияния везикул на лекарственную резистентность и пролиферативную активность опухолевых клеток необходимо создать модель, которая отражала бы биологические особенности опухоли.

**Цель.** Установить возможность использования ксенографтной модели, полученной из опухолевых сфероидов аденокарциномы молочной железы для оценки влияния внеклеточных везикул на данной модели.

**Материалы и методы.** Клетки аденокарциномы молочной железы (MCF-7) использовались для создания опухолевых сфероидов в суспензии. Мезенхимные стволовые клетки (МСК) жировой ткани были использованы для выделения везикул с помощью 10 мкг/мл цитохалазина В. Везикулы были добавлены к опухолевым сферам в концентрации 50 мкг/мл. Далее сфероиды были смешаны с матригелем и подкожно введены иммунодефицитным мышам, которым была проведена противоопухолевая терапия цисплатином (CDDP). После терапии влияние везикул на полученные ксенографты изучали с помощью гистологического анализа и ПЦР-РВ.

**Результаты.** С помощью гистологического анализа было показано, что у ткани имеются более плотные и рыхлые участки. После противоопухолевой терапии уровень некроза ткани был выше в обеих опытных группах. Однако достоверная разница между группами отсутствовала. С помощью ПЦР-РВ было показано, что при добавлении везикул МСК происходило увеличение уровня мРНК генов *OCT4*, *SOX2* и *NANOG* в 2,4, 2,6 и 2,04 раза соответственно. Также увеличение уровня мРНК генов *OCT4*, *SOX2* и *NANOG* по сравнению с контролем наблюдалась в группе с терапией CDDP после добавления везикул МСК в 2,5, 2,1 и 2,25 раза соответственно.

**Заключение.** Таким образом, была получена ксенографтная модель опухоли из сфероидов аденокарциномы молочной железы, которую можно использовать для изучения влияния везикул.

*Работа выполнена за счет средств Российского научного фонда (грант № 21-74-10021).*

## РАЗРАБОТКА ДЕТСКОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ МЕЛИССЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ, СИНЮХИ ГОЛУБОЙ И ГЛИЦИНА

А.М. Мустафаева, Т.А. Ибрагимов, Н.М. Абдуллаева

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Дагестанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, Махачкала, Россия*

*abi.mustafaeva.10@bk.ru*

Цель работы заключалась в разработке инновационной детской лекарственной формы на основе Мелиссы лекарственной, Синюхи голубой и глицина. Новизна разрабатываемой детской лекарственной формы заключается в том, что в состав входит Синюха голубая, впервые использованная в разработке фитопрепарата седативного действия, успокаивающий эффект которой должен быть в 7-8 раз сильнее валерианы или пустырника. Фитопрепарат должен будет оказывать комплексный седативный эффект, снижать рефлекторную возбудимость, снимать тревожности и стресс, нормализовывать сон. Побочные эффекты должны отсутствовать. Средство должно иметь удобную и привлекательную для детей форму в виде жевательных пластинок. Методология проведения работы заключалась в получении сухого экстракта на основе Мелиссы лекарственной и Синюхи голубой путем перколяции на спиртовой основе и вакуумной сушки растительного сырья, далее получали лекарственный растительный сироп 10 процентный. Создавали лабораторного образца фитопрепарата двумя способами. Для первого в сиропе растворяли желатин до набухания и заливали в форму. Для второго растворяли в водном растворе сухой экстракт и формировали форму бруска. Лабораторный образец являл собой твёрдую лекарственную форму, представляющую собой упруго-пластичную основу с равномерно распределённым в ней действующими веществами, предназначенную для рассасывания.

1. Алексеева, А.В. Трава мелиссы лекарственной – перспективный источник импортозамещающих нейротропных препаратов / А.В. Алексеева// Медицинский альманах, № 1, (14) март, 2011. – С. 233-237.

## ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КЛЕТОК МИКРОГЛИИ К ПОПУЛЯЦИЯМ M1 И M2 ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА

Э.И. Насыбуллина, А.В. Тимофеева, А.А. Гарифуллина, Э.Р. Ахметзянова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*Evelineva28@gmail.com*

В последние годы наблюдается постоянный рост интереса к различным аспектам функциональной активности микроглии. При травме спинного мозга (ТСМ) вышеуказанные клетки претерпевают ряд морфологических и функциональных изменений, в конечном итоге отражающихся в статусе поляризации. Различают классически активированную микроглию (M1) и альтернативно активированную микроглию (M2). Микроглия M1 высвобождает провоспалительные факторы, в то время как микроглия M2 оказывает нейропротекторное действие, способствуя нейрорегенерации.

В данном исследовании мы сравнили вклад нейротоксического (M1) и нейропротекторного (M2) фенотипов микроглии в хронический период (60 сутки) после ТСМ средней степени тяжести (2,5 м/с) в эпицентре травмы (Th8), а также в отделе, отдаленном от ТСМ в растральном направлении (C6-C7).

Крысам породы Wistar наносили дозированную контузионную ТСМ средней степени тяжести на уровне T8 при помощи импактора Leica Impact One Stereotaxic Impactor. На 60 сутки после нанесения ТСМ забирали область повреждения (Th8) и область шейного утолщения (C6-C7). Далее был проведен мультиплексный анализ для выявления количественного содержания таких цитокинов, как противовоспалительный IL-10 и провоспалительный IL-18. Также для анализа применялся метод ПЦР в реальном времени для оценки относительной экспрессии мРНК генов маркера клеток микроглии *Iba1*, *Il6* (M1 фенотип) и *Tgfb* (M2 фенотип).

Результаты мультиплексного иммуноанализа не выявили достоверных различий в содержании IL-10 между шейным и грудным отделами. Это может быть связано с большим временным промежутком, прошедшим после нанесения травмы, и уменьшением концентрации противовоспалительного цитокина в хронический период. Содержание IL-18 было повышено во всех исследуемых отделах, что говорит о пролонгированном провоспалительном ответе. Данные ПЦР показали, что относительная экспрессия мРНК гена *Iba1* в эпицентре травмы было выше приблизительно на 50%, что говорит об активной миграции данного типа клеток при травме, в том числе и в хронический период после ТСМ. Уровень экспрессии мРНК *Il6* превышал аналогичный показатель для *Tgfb* в исследуемых отделах, что также свидетельствует об активных провоспалительных реакциях в хронический период.

Таким образом, количественные показатели, характерные для клеток микроглии с фенотипом M1, преобладают в исследуемых нами отделах травмированного спинного мозга, что указывает на пролонгированное доминирование провоспалительных реакций при ТСМ. Полученные результаты подчеркивают важность дальнейших исследований роли микроглии для разработки эффективных терапевтических стратегий, направленных на модуляцию воспалительного ответа после травмы спинного мозга.

*Работа поддержана грантом Российского научного фонда, No. 23-24-00348, <https://rscf.ru/en/project/23-24-00348/>*

ВЛИЯНИЕ КОФЕИНА НА МАРКЕРЫ ФЕРМЕНТА  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазыС. Нгомси<sup>a</sup>, Г.Ф. Закирьянова<sup>b,c</sup>, А.М. Петров<sup>b,d</sup><sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия;<sup>b</sup> Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия;<sup>c</sup> Московский государственный университет, Москва, Россия;<sup>d</sup> Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

danicastats@yahoo.fr

**Введение.** Синаптическая щель это специализированная часть, отвечающая за общение между нейронами. Она состоит из трех основных частей: Пресинаптическая мембрана: мембрана пресинаптического нейрона, содержащая нейромедиаторы. Постсинаптическая мембрана: мембрана постсинаптического нейрона, получающая нейромедиаторы.[1] Синаптическая щель: узкое пространство, заполненное жидкостью, которое разделяет две мембраны. Ионы натрия ( $\text{Na}^+$ ) и калия ( $\text{K}^+$ ) играют решающую роль в синаптической передаче:[3] Потенциал-зависимые натриевые каналы (Nav): расположены в пресинаптической мембране, открываются, когда потенциал действия достигает пресинаптического окончания. Потенциал-зависимые калиевые каналы (Kv): расположены в пресинаптической и постсинаптической мембранах, открываются после открытия каналов Nav, что позволяет ионам  $\text{K}^+$  вытекать из пресинаптического нейрона и синаптической щели. Натрий-калиевый насос ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФ-аза): [2] расположен в пресинаптической и постсинаптической мембранах, активно переносит ионы  $\text{Na}^+$  из клетки и ионы  $\text{K}^+$  в клетку, поддерживая ионный градиент через мембраны. Внедрение ионов  $\text{Na}^+$  в пресинаптический нейрон запускает высвобождение нейромедиаторов в синаптической щели. Высвобождение нейромедиаторов может затем активировать рецепторы на постсинаптической мембране, что приводит к открытию ионных каналов. [1] Выход ионов  $\text{K}^+$  из постсинаптической мембраны и синаптической щели способствует реполяризации постсинаптической мембраны. Цель: изучить воздействие кофеина на насосы  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФ-аза и ионные каналы, которые регулируют электролитный баланс мышечных клеток.

**Материалы и методы:** Использование мышечных клеток мышей (n=10). Введение кофеина (10 мМ) Окрашивание клеток DAF-FM, флуоресцентным маркером ионов натрия. Был использован блокатор ORM-10103 (1μM), плебинид ингибитор фермента  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы. Измерение флуоресценции для оценки активности насосов  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФ-аза. Микроскоп.

**Результаты:** Значительное увеличение флуоресценции было отмечено после добавления кофеина в каждой испытанной концентрации. Тест ORM показал снижение флуоресценции, которая увеличивалась при добавлении кофеина. Этот результат предполагает, что кофеин повышает активность ионных каналов  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  через синаптическую мембрану.

**Вывод:** Результаты этого исследования показывают, что кофеин оказывает стимулирующее действие на насосы  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФ-аза в мышечных клетках. Этот эффект может улучшить электрофизиологическую связь и общую мышечную функцию.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 23-75-10022.*

1. Brandalise F., Ramieri M., Pastorelli E., Priori E. C., Ratto D., Venuti M. T., et al. Role of  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  Exchanger (NCX) in Glioblastoma Cell Migration (In Vitro) // International Journal of Molecular Sciences. 2023. Vol. 24, Issue 16. Accession Number: 37628853.
2. Loeck T., Schwab A. The role of the  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -exchanger (NCX) in cancer-associated fibroblasts // Biological Chemistry. 2023. Vol. 404, Issue 4. C. 325-337. Accession Number: 36594183.
3. Sheikh I. A., Midura-Kiela M. T., Herchuelz A., Sokolow S., Kiela P. R., Ghishan F. K. The  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  exchanger NCX3 mediates  $\text{Ca}^{2+}$  entry into matrix vesicles to facilitate initial steps of mineralization in osteoblasts // Journal of Extracellular Vesicles. 2024. Vol. 13, No. 6. C. e12450. Accession Number: 38859730.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ДРОЗОФИЛ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Р.И. Нурасов, В.В. Костенко, О.А. Евграфова, Я.Г. Ящемская

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

*rifat.nurasov99@gmail.com*

В данном исследовании нами проведён сравнительный анализ лабораторных линий *Drosophila melanogaster* (Canton-S, Harwich, Oregon) и линий из природных популяций Республики Татарстан (Болгар, Верхний Услон) по показателям репродуктивной способности, жизнеспособности, продолжительности жизни, нейромышечной активности и экспрессии генов иммунного ответа.

Результаты показали, что лабораторные линии Harwich и Oregon имели более высокие показатели яйцепродукции и жизнеспособности эмбрионов по сравнению с Canton-S. Природные популяции Болгар и Верхний Услон характеризовались повышенной эмбриональной гибелью и сниженной плодовитостью. Анализ жизнеспособности имаго выявил снижение этого показателя у природных линий в сравнении с лабораторными. Индексы отбора на эмбриональных и постэмбриональных стадиях развития были выше у природных популяций, что может быть связано с их недавним сбором и отсутствием полной лабораторной адаптации.

Нейромышечная активность не показала достоверных различий между лабораторными и природными линиями. По продолжительности жизни самки и самцы из популяции Верхний Услон имели сниженную медианную продолжительность жизни по сравнению с другими линиями, тогда как особи из популяции Болгар не отличались от лабораторных линий. Анализ экспрессии генов иммунного ответа показал повышение относительной экспрессии генов антимикробных пептидов и стресс-ответа у природных популяций по сравнению с лабораторными линиями. Это свидетельствует о более высокой иммунной активности мух из природных популяций, что может быть обусловлено воздействием природных факторов среды и необходимостью адаптации.

Таким образом, исследование выявило существенные различия между лабораторными и природными линиями *D. melanogaster* по ряду физиологических и генетических показателей. Эти различия важно учитывать при использовании мух из природных популяций в генетических и экологических исследованиях, поскольку они отражают особенности адаптации к природным условиям и могут влиять на результаты экспериментов.

1. Захаров, И. К. Источники генетической изменчивости в природных популяциях *Drosophila melanogaster* / И. К. Захаров и др. // Информационный Вестник ВОГиС. – Т. 12(1–2). – 2008. – С. 112–126
2. Набеева, Э. Г. Оценка качества воды куйбышевского водохранилища в Районе Г. Казань по организмам зообентоса / Э. Г. Набеева, Н. М. Мингазова, А. С. Коновалова // Проблемы экологии Волжского бассейна. – 2021. – С. 23–23
3. Скипин, Л. Н. Оценка радиационного состояния окружающей среды на месте подземного ядерного взрыва под кодовым названием Тавда / Л. Н. Скипин, В. З. Бурлаенко // Серия конференций ИОР: Наука о Земле и окружающей среде. ИОР Publishing. – Т. 272(2). – 2019. – С. 022156
4. Фролькис, В. В. Старение, эволюция и продление жизни / В. В. Фролькис, Х. К. Мурадян // Киев: Наукова думка. – Т. 336 – 1992
5. Чернышова, Д. О. Возраст-зависимые изменения жизнеспособности и профиль экспрессии генов стресс-ответа *DROSOPHILA MELANOGASTER* при воздействии химических и физических стресс-факторов / Д. О. Чернышова // Ин-т биологии Коми науч. центра УрО РАН. – 2017



## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕМОДУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ М2-МАКРОФАГОВ, ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ИЗ МОНОНУКЛЕАРНЫХ КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ *IN VITRO*

М.Н. Осинникова, В.С. Дмитриенко, Д.В. Осадчая, К.В. Китаева, И.Ю. Филин,  
А.А. Ризванов, Ю.П. Маясин

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный Университет», Казань, Россия

*osinnikova.2003@gmail.com*

**Ключевые слова:** макрофаги, дифференцировка клеток, микроокружение, опухоль

В современных исследованиях опухолей акцентируется внимание на микроокружении, а не исключительно на опухолевых клетках. Ассоциированные с опухолью макрофаги, в частности М2-макрофаги, играют критическую роль в ремоделировании опухолевого микроокружения и содействуют прогрессии злокачественных новообразований. У макрофагов М2 наблюдается повышенная экспрессия матриксной металлопротеиназы 9 (MMP9), что связано с ангиогенезом и ремоделированием внеклеточного матрикса, а также увеличение экспрессии STAT3, регулирующего транскрипцию цитокинов. По этой причине целью работы было сравнение уровня экспрессии CD206, MMP9 и STAT3 между популяциями макрофагов (M0, M1, M2), дифференцированных из мононуклеарных клеток периферической крови *in vitro*.

Мононуклеарные клетки периферической крови человека (МКПК) были выделены из цельной крови в градиенте плотности фикола. Расчетная жизнеспособность клеточной культуры составила 96,7%. Дифференцировка в субпопуляции макрофагов производилась из CD14+ моноцитов с добавлением GM-CSF (популяция M0), INF- $\gamma$ , LPS (популяция M1), IL-4 и TGF- $\beta$  (популяция M2), факторы добавляли в питательную среду RPMI-1640 на 3 и 6 день культивирования МКПК. Из-за внешней локализации маннозного рецептора CD206, первичную оценку его экспрессии в популяциях макрофагов проводили методом лазерной конфокальной микроскопии. В образце M2-поляризованных макрофагов четко заметна экспрессия поверхностного маркера CD206, показатель средней интенсивности флюоресценции равен 7,5. При этом экспрессия маннозного рецептора в популяциях M1/M0 с помощью данной методики не обнаруживалась. Также экспрессия CD206 была дополнительно подтверждена методом western-blot анализа, в популяции M2-макрофагов она была выше на 86% по сравнению с популяцией M0 и на 53% выше, чем в популяции M1. Также методом western-blot анализа была подтверждена экспрессия факторов MMP9 и STAT3. Экспрессия MMP9 была выше в популяции M2 на 50% и 61% по сравнению с контрольными группами M0 и M1 соответственно. Экспрессия STAT3 была выше в популяции M2 на 75% и 79% соответственно.

Полученные данные показывают, что показанный протокол дифференцировки МКПК подходит для создания трёх различных субпопуляций макрофагов – M0, M1 и M2. Также было показано, что полученные M2-макрофаги имеют значительно повышенный уровень экспрессии CD206, MMP9 и STAT3. Факторы MMP9 и STAT3 вовлечены и ремоделирование внеклеточного матрикса и индукцию транскрипции факторов роста соответственно, что является ключевыми параметрами для изучения механизмов опухолевого ангиогенеза и метастазирования в условиях *in vitro*.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОТОМОДУЛЯЦИИ ФИЦИНА В ПРИСУТСТВИИ МЕТИЛЕНОВОГО ГОЛУБОГО

С.М. Панкова<sup>a,b</sup>, М.Г. Холявка<sup>a</sup>, В.Г. Артюхов<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия;

<sup>b</sup> Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

sazykina.93@mail.ru

Фицин (КФ 3.4.22.3) – цистеиновая протеаза с молекулярной массой 23,1 кДа, состоящая из одной полипептидной цепи [1]. Энзим нашел широкое применение в медицине и фармацевтике, так как обладает противогельминтной и антибактериальной видами активности. В растворенной форме ферменты в большей степени подвержены различным физико-химическим воздействиям, поэтому в биотехнологии для создания препаратов с высоким уровнем каталитической активности используются методы их физической иммобилизации. Данный способ позволяет получить препарат, устойчивый к различным денатурирующим факторам, например, к действию УФ-света. В качестве носителя можно использовать хитозан – природный полисахарид, состоящий из случайно распределенных  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-связанных D-глюкозамина (деацетилизованной единицы) и N-ацетил-D-глюкозамина (ацетилизованной единицы).

Целью нашей работы явилось изучение особенностей воздействия УФ-излучения на процессы фотомодуляции свободного и иммобилизованного на матрице хитозана фицина в присутствии метиленового голубого.

В качестве объекта исследования был выбран фицин фирмы “Sigma-Aldrich”, субстратом для гидролиза служил бычий сывороточный альбумин (БСА) фирмы “Sigma-Aldrich”, носителем для иммобилизации – хитозан с молекулярной массой 200 кДа фирмы ЗАО «Биопрогресс». Растворы метиленового голубого использовали в трех концентрациях –  $10^{-4}$ ,  $5 \times 10^{-5}$ ,  $10^{-5}$  моль/л. Определение количества белка в препаратах и каталитической активности фермента проводили модифицированным методом Лоури. Облучение образцов биокатализаторов осуществляли по методике, разработанной на кафедре биофизики и биотехнологии ВГУ, дозы облучения составили 151, 453, 755, 1510, 3020, 4530 и 6040 Дж/м<sup>2</sup>.

Установлено, что иммобилизованный фицин проявляют более высокую устойчивость к действию УФ-излучения в присутствии метиленового голубого (сохранение активности ~ 50 % при концентрации фотосенсибилизатора  $10^{-4}$  моль/л и дозе облучения 6040 Дж/м<sup>2</sup>) по сравнению со свободным (потеря активности ~ 70 % при аналогичных условиях), следовательно, мы можем констатировать, что матрица хитозана оказывает фотопротекторный эффект по отношению к молекулам фермента.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2023-2025 годы, проект № FZGU-2023-0009.*

1. Панкова С.М., Сакибаев Ф.А., Холявка М.Г., Артюхов В.Г. Возможная роль кластеров заряженных аминокислот на поверхности цистеиновых протеаз для сохранения активности при связывании с полимерами // Биофизика. 2022. Т. 67. № 1. С. 14-21.



## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ МЕЗЕНХИМНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ЛЕНТИВИРУСНЫМИ ВЕКТОРАМИ, КОДИРУЮЩИМИ ГЕНЫ TRAIL И KATUSHKA 2S

М.Г. Саидгараева<sup>a</sup>, А.В. Городилова<sup>a</sup>, И.И. Абдрахманова<sup>a,b</sup>, И.Ю. Филин<sup>a</sup>, В.М. Чернов<sup>a,b</sup>,  
А.А. Ризванов<sup>a</sup>, В.В. Соловьева<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия;

<sup>b</sup> ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

*milanasaidgaraeva@gmail.com*

**Введение.** По данным национального ракового регистра РФ - ИАС «Канцер-регистр» смертность от опухолей центральной нервной системы (ЦНС) в Приволжском федеральном округе за 2020 год составило 4,97 случая на 100 тыс. населения. Наиболее распространенной формой злокачественными новообразованиями ЦНС является глиобластома, зачастую приводящая к летальному исходу. Перспективным методом адъювантной терапии онкологических заболеваний является использование белков семейства TNF. Белок TRAIL, взаимодействует с функциональными рецепторами смерти DR4 и DR5 на поверхности опухолевых клеток, запуская апоптоз. Большую популярность также приобрели методы терапевтического применения производных стволовых клеток жировой ткани (hADSC). Целью исследования является получение первичных культур hADSC обладающих сверхэкспрессией фактора некроза опухоли – белка TRAIL.

**Материалы и методы.** hADSC были модифицированы лентивирусным вектором, кодирующим последовательность TRAIL (LV-TRAIL), для оценки эффективности трансдукции клетки параллельно были модифицированы лентивирусным вектором, кодирующим дальне-красный флуоресцентный белок katushka 2S (LV-kat). Сверхэкспрессия TRAIL была подтверждена методом вестерн-блот анализа.

**Результаты.** Экспрессия белка katushka 2S была подтверждена посредством флуоресцентной микроскопии. Также была зафиксирована сверхэкспрессия белка TRAIL по сравнению с нативными клетками.

**Заключение.** Были получены клеточные линии, экспрессирующие цитокин TRAIL. Дальнейшее применение генно-модифицированных клеточных линий является перспективным методом позволяющим увеличить эффективность терапии и установить новые механизмы борьбы с глиобластомой человека.

*Работа выполнена в рамках программы «Стратегическое академическое лидерство Казанского федерального университета» (ПРИОРИТЕТ-2030).*

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ХВОЩА ПОЛЕВОГО (*EQUISETUM ARVENSE*) В ФАРМАКОЛОГИИ

Д.С. Серебряков, М.М. Куранов

*ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова, Москва, Россия*

*serebryakov\_d\_s@student.sechenov.ru*

В современной фармации возникает актуальная проблема создания новых лекарственных средств на основе растительного происхождения. Особый интерес вызывают дикорастущие лекарственные растения, так как они имеют обширный ареал обитания и обеспечивают потребности здравоохранения в лекарственном сырье. Пристальное внимание исследователи и клиницисты уделяют Хвощу Полевому. Тем не менее, фармакологическое действие хвоща, его лекарственные формы и методы оценки пока остаются недостаточно изученными, что вызывает необходимость более глубокого исследования хвоща как лекарственного средства. [1] [2]

Цель работы: установить биологическую активность на основе качественного состава экстракта водного и водно-спиртового раствора и перспективы использования в современной фармакологии растения вида Хвощ Полевой (*Equisetum Arvense*).

Объектом нашего изучения стала трава, проходившая воздушно-теньевую сушку, Хвоща Полевого. Производилось получения двух видов экстрактов (извлечений): водного и водно-спиртового.

Провели качественный анализ извлечения растения вида Хвощ Полевой на сапонины, танины, флавоноиды, а также проверили экстракт на антибактериальные свойства.

Результаты исследования показали, что растение обладает обширным химическим составом. Нам удалось доказать наличие таких веществ как флавоноиды, сапонины, танины. Данные вещества могут обладать огромным фармакологическим потенциалом в развитии индустрии, могут использоваться для создания новых лекарственных препаратов [3] [4] [5] [6]. Но классы этих активных веществ должны быть подвергнуты дальнейшим изучением.

С целью изучения антибактериальных свойств биологически активных веществ растения вида Хвоща Полевого при посеве микроорганизмов методом «газон». Предварительно две расплавленные среды (11-12 мл) разлили в стерильные чашки Петри, на застывшую среду производился посев микроорганизмов - грамположительной спорообразующей палочковидной бактерии *Bacillus Polymixa*, а также желтоватой аэробной грамотрицательной подвижной палочковидной бактерии *Pseudomonas Aureofaciens*.

Исходя из таких результатов - водно-спиртовое извлечение действует против микроорганизмов *B. Polymixa* и *P. Aureofaciens* эффективнее, чем водное извлечение. Возможно это связано с тем, что водно-спиртовое извлечение содержит в своем составе спирт. Однако водное извлечение также показало активность против данных микроорганизмов, но в меньшей степени.

Оба извлечения обладают антибактериальными свойствами, что делает его потенциально полезным для борьбы с инфекционными заболеваниями.

Из литературных источников известно, что растение обладает противовоспалительными свойствами, которые могут быть полезны для лечения различных воспалительных заболеваний, включая артрит и предменструальный синдром. А также перспективность Хвоща Полевого для применения в дерматокосметологии.

Соединения, полученные из хвоща, имеют большой потенциал в медицинской науке, но необходимы дальнейшие исследования и клинические испытания, чтобы оценить их эффективность и безопасность.

1. Gould, K. S., Lister, C. (2006), Flavonoid functions in plants, in Andesen, O. M., Markham, K. R. Flavonoids. Chemistry, biochemistry and applications, Boca Raton, 8, 397–441.
2. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР.-М.: госмедиздат. 1962.-704 с.

3. Сафонов Н. Н. Лекарственные растения луга. — М.: Изобразительное искусство, 1993. — С. 56—57.
4. Soldado D., Bessa R. J. B., Jerónimo E. Condensed tannins as antioxidants in ruminants—Effectiveness and action mechanisms to improve animal antioxidant status and oxidative stability of products //Animals. – 2021. – Т. 11. – №. 11. – С. 3243.
5. Tatli Cankaya I. I., Somuncuoglu E. I. Potential and Prophylactic Use of Plants Containing Saponin-Type Compounds as Antibiofilm Agents against Respiratory Tract Infections //Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2021. – Т. 2021. – №. 1. – С. 6814215.
6. Sakna S. T. et al. Phytochemical diversity and pharmacological effects of triterpenes from genus Ziziphus: a comprehensive review //Phytochemistry Reviews. – 2023. – Т. 22. – №. 6. – С. 1611-1636.

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЭПИТОПА MX35 МОНОКЛОНАЛЬНЫМИ АНТИТЕЛАМИ В МУТАНТНОМ ВАРИАНТЕ НАТРИЙ-ЗАВИСИМОГО ФОСФАТНОГО ТРАНСПОРТЕРА NaPi2b С ЗАМЕНОЙ P325A

И.А. Слиззюк, А.В. Килунов, В.С. Скрипова, Р.Г. Киямова, Л.Ф. Булатова

*Научно-исследовательская лаборатория «Биомаркер», Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*slidzukurina@gmail.com*

**Введение.** Натрий-зависимый фосфатный транспортер NaPi2b является трансмембранным белком и играет важную роль в гомеостазе фосфата в организме человека и млекопитающих. Высокая экспрессия NaPi2b выявлена в клетках ряда опухолей человека, что делает его перспективной мишенью для разработки таргетных препаратов на основе моноклональных антител (мАт). В составе большого внеклеточного домена (ВКД) NaPi2b находится эпитоп MX35, мишень для терапевтических мАт, которые находятся на стадии клинических испытаний. Известно, что при восстановлении дисульфидных связей между цистеинами 303, 322, 328 и 350 внутри ВКД NaPi2b, эпитоп MX35 перестает распознаваться соответствующими моноклональными антителами. Мы предполагаем, что пролин в положении 325 благодаря свойству вносить изгиб в полипептидные цепи может также влиять на формирование связи между цистеинами 322 и 328. Поэтому изучение роли остатка пролина в положении 325 в распознавании эпитопа MX35 транспортера NaPi2b мАт является актуальной задачей для понимания механизмов, которые участвуют в поддержании конформации ВКД и определяют доступность эпитопа MX35 для распознавания антителами.

**Материалы и методы.** С помощью сайт-направленного мутагенеза мы заменили остаток пролина в положении 325 NaPi2b на остаток аланина. На основе мутантного конструктора NaPi2b получили клетки линии рака яичника OVCAR-8, стабильно экспрессирующие мутантный вариант NaPi2b\_P325A. Сравнение распознавания эпитопа MX35 мАт в мутантной форме и диком типе NaPi2b проводили с помощью Вестерн-блот анализа и конфокальной микроскопии. Для оценки влияния мутации на формирование дисульфидных связей внутри ВКД использовали метод модификации тиоловых групп цистеинов с помощью малеимид-содержащих соединений.

**Результаты.** В Вестерн-блот анализе и лазерной конфокальной микроскопии не было выявлено различий в распознавании эпитопа MX35 между диким типом и мутантной формой транспортера NaPi2b\_P325A. С помощью модификации тиоловых групп цистеинов мы показали, что количество дисульфидных связей в ВКД мутантного NaPi2b\_P325A соответствует количеству в диком типе транспортера, из чего следует, что все четыре остатка цистеина вовлечены в формирование двух дисульфидных связей внутри ВКД и указывает на то, что мутация P325A не препятствует образованию дисульфидных связей внутри ВКД NaPi2b, сохраняя эпитоп MX35 доступным для распознавания антителами.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030)*

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЫ SUNITINIB-2

А.Е. Стефанович <sup>a</sup>, Г.Е. Лазаренко <sup>a</sup>, С.Н. Шахаб <sup>b</sup>

<sup>a</sup> ГУО «Университет НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь

<sup>b</sup> Белорусский Государственный Университет, МГЭИ БГУ, Минск, Республика Беларусь

antony.stefanovich@gmail.com

В этом исследовании разработана модель молекулы Sunitinib-2 на основе оригинальной молекулы Sunitinib. Изучены электрические свойства как оригинальной (1), так и модифицированной (2) молекулы Sunitinib. При расчетах был использован метод молекулярной механики MM2 программного пакета ChemBioOffice 2016 для квантово-химического моделирования.

Таблица

Number	E <sub>LUMO</sub> , eV	E <sub>HOMO</sub> , eV	E <sub>g</sub> , eV	IP, eV	EA, eV	η, eV	S, eV <sup>-1</sup>	μ, eV	ω, eV	ω <sup>+</sup> , eV	ω <sup>-</sup> , eV
1	-0,314	-0,047	0,267	0,314	0,047	0,134	3,745	-0,185	0,002	0,0485	0,229
2	-0,322	-0,048	0,274	0,322	0,048	0,137	3,649	-0,181	0,002	0,049	0,235

Потенциал ионизации (IP) представляет собой энергию, необходимую для отделения электрона от молекулы. Сродство к электрону (EA) определяется как энергия, выделяющаяся при добавлении электрона к системе:  $IP = -E_{HOMO}$ ;  $EA = -E_{LUMO}$ . Глобальная жесткость (η) вычисляется по формуле:  $\eta = (IP - EA) / 2$ . Химическая мягкость (S) отражает способность атома или группы атомов принимать электроны и описывается формулой:  $S = 1 / \eta$  [1]. Электроотрицательность (μ) определяется по формуле:  $\mu = -(IP + EA) / 2$ . Электрофильный индекс (ω) показывает стабильность системы при насыщении её электронами, и определяется так:  $\omega = \mu^2 / 2\eta$  [1]. Нуклеофилы с низкими значениями μ и ω считаются сильными, тогда как сильные электрофилы имеют высокие показатели μ и ω. Таким образом, молекула Sunitinib-2 выступает в роли сильного электрофила, в то время как Sunitinib является слабым.

1. Shahab, S. Antioxidant properties of the phorbol: a DFT approach / S. Shahab, M. Sheikhi // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2020. V. 14. № 1. P. 15-18.

## ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЫ SUNITINIB-2

А.Е. Стефанович<sup>а</sup>, Г.Е. Лазаренко<sup>а</sup>, С.Н. Шахаб<sup>б</sup>

<sup>а</sup> ГУО «Университет НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь

<sup>б</sup> Белорусский Государственный Университет, МГЭИ БГУ, Минск, Республика Беларусь

antony.stefanovich@gmail.com

Сунитиниб – это противоопухолевый препарат, который показан при гастроинтестинальных стромальных опухолях, метастатической почечно-клеточной карциноме и нейроэндокринных опухолях поджелудочной железы. Он ингибирует рецепторы тромбоцитарного фактора роста (PDGFR $\alpha$  и PDGFR $\beta$ ), рецепторы сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGFR1, VEGFR2 и VEGFR3), рецептор стволовых клеток (KIT), рецептор Fms-подобной тирозинкиназы-3 (FLT), рецептор колониестимулирующего фактора (CSF-IR) и рецептор нейротрофического глиального фактора (RET) [1]. В этом исследовании дана сравнительная характеристика фармакокинетических свойств оригинальной молекулы Sunitinib и её модифицированной формы Sunitinib-2. При расчетах [2] использованы веб-ресурсы SwissADME и pkCSM.

Таблица

Препарат	Субстрат Р-гр	Проницаемость через ГЭБ	Ингибитор CYP1A2	Ингибитор CYP2C19	Ингибитор CYP2C9	Ингибитор CYP2D6	Ингибитор CYP3A4	Мутагенность по тесту Эймса
Sunitinib	+	+	-	+	-	+	+	-
Sunitinib-2	+	-	-	-	-	-	-	-

Данные таблиц свидетельствуют о том, что модифицированная молекула не обладает ингибирующим воздействием на цитохромы суперсемейства P450, что говорит о сохранении активности цитохромов данного суперсемейства при приёме Sunitinib-2. Также показано, что модифицированная молекула не проходит через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ). Это указывает на потенциальную применимость Sunitinib-2 в терапевтических целях без риска токсического воздействия на головной мозг.

Далее были исследованы растворимость в воде, проницаемость через кожу и всасывание через кишечник. Так, у молекул Sunitinib и Sunitinib-2 показатель растворимости в воде составил  $-3,726 \log$  моль/л и  $-2,959 \log$  моль/л, показатель проницаемости через кожу составил  $-2,777 \log K_p$  и  $-2,842 \log K_p$ , показатель всасывания через кишечник составил 95,614% и 65,774%, соответственно.

Таким образом, молекула Sunitinib-2 обладает улучшенными фармакокинетическими свойствами в сравнении с оригинальной молекулой Sunitinib. Тем не менее, у неё наблюдается более низкий показатель всасывания, что указывает на необходимость проведения дополнительных модификаций молекулы Sunitinib-2.

1. Общая характеристика лекарственного препарата Сутент / Sutent (Сунитиниб / Sunitinib) : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 14.06.21. – Минск : УП Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении, 2021. – 37 с.
2. Synthesis, DFT study and bioactivity evaluation of new butanoic acid derivatives as antiviral agents / H. A. Almodarresiyeh [et al.] // Biointerface Research in Applied Chemistry. – V. 12, iss. 3. – 2022. – P. 3522–3539.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ СДВИГОВ МИКРОГЛИИ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА *IN VIVO*

А.В. Тимофеева, Э.Р. Ахметзянова, Я.О. Мухамедшина

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия*

*anua\_tima@mail.ru*

После травматического повреждения спинного мозга (ТСМ) микроглия подвергается активации, пролиферации, а также изменениям в экспрессии белков и генов. Активированная микроглия способна вызывать вторичное повреждение посредством продукции провоспалительных цитокинов, активных форм кислорода и протеаз, что соответствует нейротоксическому (M1) фенотипу. Однако в то же время микроглия может изменяться и в сторону нейропротективного (M2) фенотипа путем экспрессии противовоспалительных белков, что способствует сохранности поврежденной ткани [1]. В данной работе мы провели мультиплексный иммуноанализ и ПЦР-РВ в хронический период (60 сутки) после ТСМ в области, приближенной к эпицентру повреждения (Th10), а также на удалении от него (L2-L3) для определения фенотипической принадлежности микроглии после повреждения.

Крысам породы Wistar наносили контузионную ТСМ легкой (ТСМ1.5) и тяжелой (ТСМ4) степени тяжести при помощи Leica Impact One Stereotaxic на уровне Th8. Так, на 60 сутки после повреждения было обнаружено, что уровень экспрессии мРНК гена *IL-6* был достоверно выше в группе ТСМ1.5 при сравнении с группой ТСМ4. В то же время уровень экспрессии противовоспалительного гена *TGF-β* не претерпевал значимых изменений при моделировании ТСМ различной степени тяжести. Концентрация цитокина *CCL3* была выше в области приближенной к эпицентру повреждения как в группе ТСМ1.5, так и в группе ТСМ4. При оценке цитокина *IL-10* было отмечено, что в группе ТСМ1.5 его значение было достоверно выше в сегментах L2-L3 при сравнении с Th10, однако в группе ТСМ4 данный показатель был стабильно высоким во всех исследуемых сегментах.

Таким образом, после ТСМ различной степени тяжести наибольшие изменения в распределении M1 фенотипа наблюдались в группе с легким течением ТСМ, но в то же время M2 фенотип не претерпевал значимых изменений в исследуемых областях поврежденного спинного мозга.

1. Xu, L., Wang, J., Ding, Y., Wang, L. and Zhu, Y.J., 2022. Current knowledge of microglia in traumatic spinal cord injury. *Frontiers in neurology*, 12, p.796704.



## ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВНОСТИ ФИЦИНА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕВОМИЦЕТИНА И НОРСУЛЬФАЗОЛА

О.В. Томилина, Ю.А. Редько, М.Г. Холявка, В.Г. Артюхов

*ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия*

*t0milina.tomilina@yandex.ru*

Фицин (КФ 3.4.22.3) – протеолитический фермент, присутствующий в латексе фиговых деревьев. Энзим относится к группе цистеиновых протеаз и обладает высокой субстратной специфичностью. Фицин является одним из перспективных ферментов для биомедицинского применения, а именно для лечения воспалительных процессов, что безопасно за счёт низкой токсичности препарата [1,2].

Ряд физико-химических агентов, в том числе антибиотики, могут влиять на активность ферментов, поэтому нами были выбраны и проанализированы в качестве модуляторов активности фицина норсульфазол и левомецитин. Норсульфазол эффективен при лечении заболеваний желчевыводящих путей, левомецитин обладает антибактериальными и фармакокинетическими свойствами [3,4].

Целью нашего исследования было изучение протеолитической активности фицина в присутствии антибиотиков.

В качестве объекта исследования был выбран фицин (Sigma) и антибиотики – левомецитин, норсульфазол. Определение протеолитической активности фицина проводили на субстрате азоказеине (Sigma) [5].

При измерении активности фицина в присутствии норсульфазола в концентрации 128 мкг/мл выявлено, что активность биокатализатора увеличилась на 35 %, а при концентрации 256 мкг/мл – на 32 %. В присутствии левомецитина в концентрации 128 мкг/мл активность фицина увеличилась на 22 %, а при концентрации 256 мкг/мл – на 20 %.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2023-2025 годы, проект № FZGU-2023-0009*

1. A.R. Sabirova, N.L. Rudakova, N.P. Balaban, et al. A novel secreted metzincin metalloproteinase from *Bacillus intermedius*. FEBS Lett, 2010, 584 (21), 4419-4425.
2. М.Г. Холявка, В.Г. Артюхов. Имобилизованные биологические системы: биофизические аспекты и практическое применение: учебное пособие. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2017, 261 с.
3. К.О. Белюстова, Л.И. Соколова. Определение содержания левомецитина в пищевых продуктах с различной массовой долей жира. Техника и технология пищевых производств, 2011, 107-111.
4. Л.С. Страчунский, С.Н. Козлов. Современная антимикробная химиотерапия. Руководство для врачей. М.: Боррес, 2002, 432 с.
5. A. Ray. Protease enzyme-potential industrial scope. Int. J. Technol, 2012, 1-4.

## ИММОБИЛИЗАЦИЯ ФИЦИНА И БРОМЕЛИНА НА ХИТОЗАНАХ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПАНЦИРЕЙ КРАБОВ

А.В. Усынина, Ю.А. Редько, М.Г. Холявка, В.Г. Артюхов

*ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия*

*ysuninaaleksandra@gmail.com*

Применение ферментных препаратов в медицине значительно улучшило производственные процессы, однако, ограничения их использования связано с проблемами стабильности и высокими затратами. Решить названные проблемы возможно путём иммобилизации ферментов.

Одним из перспективных носителей для иммобилизации ферментов является хитозан – природный положительно заряженный полимер, который обладает способностью к адгезии с отрицательно заряженными поверхностями, образовывать пленки и является безопасным для тканей организма. Эти свойства предоставляют возможность использования данного биополимера в медицине в составе лечебных препаратов и мазей [1].

Фицин (КФ 3.4.22.3) – цистеиновая протеаза, которую получают из латекса фиговых деревьев. Энзим используется для лечения воспалений и ожогов [2,3]. Бромелин (КФ 3.4.22.4) является гликопротеидом, содержится в соке плода ананаса. Фермент облегчает протекание процессов воспаления и ускоряет восстановление тканей [4].

В качестве объектов исследования применялись фицин и бромелин фирмы «Sigma-Aldrich», субстратом для гидролиза был выбран азоказеин фирмы «Sigma-Aldrich». Носителями для иммобилизации ферментов – хитозаны с разной степенью деацетилирования, выделенные из панцирей крабов сотрудниками Мурманского арктического государственного университета. Определение протеолитической активности ферментов проводилось по методике [5].

Результаты эксперимента показали, что иммобилизация на хитозане из панцирей крабов позволила сохранить активность ферментов на уровне до 53 % для фицина и до 33 % для бромелина от их первоначального уровня активности. Эти данные подчеркивают эффективность использования хитозана как носителя для иммобилизации ферментов, однако, также указывают на необходимость оптимизации условий для повышения их стабильности.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2023-2025 годы, проект № FZGU-2023-0009*

1. П.А. Федосов. Хитозан как полимер будущего и перспективы его применения в медицине. APRIORI. Серия: Естественные и технические науки, 2014, 4, 11.
2. K.B. Devaraj, P.R. Kumar, V. Prakash. Purification, characterization, and solvent-induced thermal stabilization of ficin from *Ficus carica*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56 (23), 11417-11423.
3. E.Y. Trizna, D.R. Baydamshina, M.G. Holyavka, et al. Soluble ficin disrupt bacterial biofilm. Biofilms 7. Microbial Works of Art, 2016, 163-164.
4. С.М. Панкова., М.Г. Холявка, В.А. Королева и др. Исследование процессов УФ-модификации бромелина. Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов, 2019, 21, 173-176.
5. A.R. Sabirova, N.L. Rudakova, N.P. Balaban, et al. A novel secreted metzincin metalloproteinase from *Bacillus intermedius*. FEBS Lett, 2010, 584 (21), 4419-4425.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГИПОКСИЯ-ИНДУЦИРОВАННОЙ ПЛАЗМЫ *IN VITRO*

Ч.Б. Харисова, К.В. Китаева, В.В. Соловьева, А.А. Ризванов

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия*

*harisovachulpan@gmail.com*

Терапия плазмой, обогащенной тромбоцитами, представляет собой один из перспективных подходов для восстановления поврежденных тканей в результате травмы или хронических заболеваний. Известно, что сниженная концентрация кислорода стимулирует активацию генов, ответственных за биосинтез факторов роста, обладающих трофическими и протекторными свойствами, а также способствующих регенеративным процессам в организме. Целью данной работы является оценка влияния индуцированной гипоксией плазмы (англ. Hypoxia-induced plasma, HPP) и индуцированной гипоксией плазмы, обогащенной тромбоцитами (англ. hypoxia-induced platelet rich plasma) на миграционный и пролиферативный потенциал мезенхимальных стволовых клеток человека (МСК).

Забор крови для выделения HPP и HPRP осуществлялся в вакутейнеры, содержащие антикоагулянт гепарин. Образцы крови инкубировали при 37°C в шейкер-инкубаторе со скоростью 180 об/мин в течение 4 дней для создания условий естественной гипоксии. Каждые 24 осуществлялся забор крови для выделения HPP и HPRP. Для оценки регенеративного потенциала плазмы был использован метод оценки заживления раны. Для проведения теста в 24-лучночном планшете были культивированы МСК. По достижению 80% монослоя на каждой лунке была нанесена царапина, имитирующая рану. Далее к клеткам была внесена 10% HPP и HPRP, динамика заживления раны отслеживалась в течение 24 часов с помощью микроскопа Zeiss Axio Observer.Z1 и программного обеспечения Axio Vision Rel. 4.8 (CarlZeiss, Германия).

Каждая группа HPP и HPRP влияла на миграцию клеток в различной степени. Так, HPP и HPRP, культивируемая в условиях гипоксии 96 часов, обладали значительным регенеративным и пролиферативным потенциалом по сравнению с контролем и другими образцами HPP и HPRP. Таким образом, в данном исследовании были получены и проанализированы образцы плазмы крови после кондиционирования в условиях гипоксии. Результаты могут быть использованы для дальнейшего изучения потенциала плазмы, индуцированной гипоксией в качестве новой технологии в регенеративной медицине.

*Исследование выполнено за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету на выполнение государственного задания № ФЗСМ-2023-0011 в сфере научной деятельности.*

## ОЦЕНКА ЦИТОТОКСИЧНОСТИ ОКСИДОВ БИОГЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ПРОТИВ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА НА МОДЕЛЯХ *IN VITRO*

Вэньцзин Чжэн<sup>a</sup>, И.А. Разумов<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>b</sup>Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

*v.chzhen@g.nsu.ru*

### Введение

Всем известно, что рак – это многофазное заболевание, вызываемое сложной смесью генетических и экологических факторов. По данным Международного агентства по исследованию рака Всемирной организации здравоохранения, ожидается, что к 2050 году во всем мире будет зарегистрировано более 35 миллионов новых случаев рака. В последние годы благодаря уникальным преимуществам наночастиц в доставке лекарств их применение в диагностике и лечении опухолей получило широкое внимание [1]. Для успешного использования наночастиц необходимо решить вопрос избирательной цитотоксичности наночастиц, а также вопрос направленного накопления наночастиц в органах-мишенях. Поэтому для оценки воздействия наночастиц оксида биометалла на опухолевые клетки человека и нормальные клеточные культуры, а также для определения избирательности воздействия этих наночастиц на опухолевые клетки человека различного тканевого происхождения мы провели исследования с использованием клеточных моделей *in vitro*.

### Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выступали наночастицы оксидов металлов (марганца, кобальта, хрома, церий, меди и никеля), полученные из ФИЦ Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Влияние НЧ на жизнеспособность опухолевых (U87, SK-Mel-28, Hep G2, 786-O) и здоровых (BJ-5ta) клеток человека оценивали с помощью МТТ-теста и метода клонирования клеток по стандартным методикам.

**Цель работы** – экспериментально оценить влияние наночастиц оксидов биогенных металлов на культуры опухолевых клеток человека для выяснения избирательности действия этих наночастиц на опухолевые клетки человека различного тканевого происхождения.

### Результаты

Эксперимент повторяли 4-5 раз и рассчитывали концентрацию, вызывающую 50% цитотоксичность (CC50) (Таблица 1). Полученные экспериментальные результаты показали, что из 6 изученных наночастиц 4, наночастицы марганца, кобальта, меди, никеля обладают цитотоксичностью по отношению к нормальным и опухолевым клеткам человека, тогда как наночастицы хрома и церия практически не токсичны в изучаемых концентрациях для здоровых и опухолевых клеток. В частности, наиболее токсичными для клеток HepG2 являются наночастицы марганца и кобальта (CC50 составляют 0,0043 и 0,0031 мг/мл соответственно), наночастицы меди наиболее токсичны для клеток U87 (CC50 составляет 0,0057 мг/мл), а наночастицы никеля - 786-O является наиболее цитотоксичным (CC50 составляет 0,0027 мг/мл). Сравнение индекса селективной цитотоксичности (IS) наночастиц металлов в отношении опухолевых клеток и клеток BJ-5ta показывает (табл. 2), что они оказывают различное избирательное действие на U87, SK-Mel-28, HepG2 и 786-O. НЧ марганца и кобальта имеют самый высокий IS в отношении HepG2, НЧ меди имеют самый высокий IS в отношении U87, а НЧ никеля имеют более низкий IS. Кроме того, тесты на клонирование клеток подтвердили, что раковые клетки, культивированные с наночастицами в концентрации CC50, не могут хорошо размножаться. Это может быть связано с тем, что клетки долгое время живут в среде наночастиц, а их токсичность сохраняется и становится более высокой, чем токсичность CC50 в той же концентрации, полученная в тесте МТТ.

Table 1. Cytotoxicity (CC50, mg/ml) of NPs against U87, SK-Mel-28, HepG2, 786-O and BJ-5ta cells according to the results of the MTT test.

NP	Metal concentration, mg/ml	U87	SK-Mel-28	Hep-G2	786-O	BJ-5ta
		Glioblastoma	Melanoma	Liver carcinoma	Adenocarcinoma of the kidney	Human embryonic fibroblasts
MnO	2	0,0214	0,0431	0,0043	0,0193	0.1693
Co	3	0,0060	0,0170	0,0031	0,0277	0,0093
Cu	0,3	0,0057	0,0167	0,0221	0,0203	0,0179
Ni	0,1	0,0038	0,1230	0,1752	0,0027	0,0024
Ce	0.1	-	-	-	-	-
Cr	0.1	-	-	-	-	-

–: Низкая токсичность, не достигает концентраций, снижающих количество жизнеспособных клеток на 50%.

Table 2. Index of Selective Cytotoxicity\* of nanoparticles against human cancer cells (U-87, SK-Mel-28, HepG2, 786-O).

NP	CC50 BJ-5ta/ CC50 U87	CC50 BJ-5ta/ CC50 SK-Mel-28	CC50 BJ-5ta/ CC50 Hep-G2	CC50 BJ-5ta/ CC50 786-O
MnO	7.91	3.93	39.37	8.77
Co	1.55	0.55	3.00	0.34
Cu	3.14	1.07	0.81	0.88
Ni	0.63	0.02	0.01	0.89

\* Index of Selective Cytotoxicity (IS, Индекс селективной цитотоксичности), который рассчитывают как отношение CC50 тестируемого соединения в клетках нормального фенотипа к CC50 в опухолевых клетках [2].

### Заключение

В данной работе исследована цитотоксичность биометаллических наночастиц (марганца, кобальта, меди, никеля, хрома, церия) на опухолевых клетках человека, полученных из различных тканей органов. Результаты показывают, что цитотоксическое воздействие биометаллов на опухолевые клетки человека явно зависит от тканевого источника опухолевых клеток. Высокая селективность наночастиц металлов в отношении их токсического воздействия на опухолевые клетки человека показывает, что они имеют перспективы применения в диагностике рака, адресной доставке и кандидатных противоопухолевых химиотерапевтических агентах для различных органов человека. Мы считаем, что результаты этого исследования требуют дальнейшей проверки. Кроме того, будущие исследования будут направлены на дальнейшее изучение механизма целевого накопления и потенциальной ценности клинического применения металлических наночастиц.

1. Mukalel, A.J.; Riley, R.S.; Zhang, R.; Mitchell, M.J. Nanoparticles for nucleic acid delivery: Applications in cancer immunotherapy. *Cancer Lett.* 2019, 458, 102–112.
2. Stupp R, Hegi ME, Gilbert MR, Chakravarti A. Chemora diotherapy in malignant glioma: standard of care and future directions. *J. Clin. Oncol.* 2007;25(26):4127-4136.

## ***IN SILICO* АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МУТАЦИЙ В ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ САЙТАХ ДИСУЛЬФИДНЫХ СВЯЗЕЙ НА СТРУКТУРУ БОЛЬШОГО ВНЕКЛЕТОЧНОГО ДОМЕНА НАТРИЙ-ЗАВИСИМОГО ФОСФАТНОГО ТРАНСПОРТЕРА NaPi2b**

А.Р. Шайдуллина, А.К. Мейр, Н.И. Акберова

*Кафедра биохимии, биотехнологии и фармакологии, Казань, Россия*

*seuta21@gmail.com*

Натрий-зависимый фосфатный транспортер NaPi2b сверхэкспрессируется в тканях ряда злокачественных новообразований. Большой внеклеточный домен NaPi2b (ВКД) содержит эпитоп, распознаваемый многими моноклональными антителами. В ВКД имеется 4 цистеина в положениях 303, 322, 328, 350, которые могут образовывать дисульфидные связи, влияющие на конформацию ВКД и на его взаимодействие с антителами. Структура NaPi2b не определена, что делает методы моделирования его структуры особенно актуальными.

Целью данной работы является оценка влияния мутаций потенциальных сайтов дисульфидных связей в ВКД NaPi2b на его пространственную структуру с использованием методов равновесной молекулярной динамики. В работе использовали AlphaFold модель NaPi2b AF-O95436-F1, которую помещали в липидный бислой с помощью CHARMM-GUI, добавляли молекулы воды и ионов. Минимизацию энергии, нагрев, эквilibрацию и динамику проводили в пакете NAMD в силовом поле CHARMM36. Визуализацию и анализ систем на каждом этапе проводили в пакете VMD[4]. Мутации замены остатков цистеина в ВКД на аланин проводили с использованием Swiss-PdbViewer. Для сравнительного анализа траекторий молекулярной динамики применяли значения средне-квадратичного отклонения RMSD, флуктуации RMSF, площади доступной для растворителя SASA.

Сравнительный анализ траекторий молекулярной динамики (общее время симуляции 70 нс) показал, что введение дисульфидных связей в положениях 303-350 и 303-328 не изменило подвижность атомов в ВКД, но увеличило флуктуацию атомов (при этом самый подвижный в эпитопе - Пе333), и привело к уменьшению SASA всего ВКД и эпитопа. Для уточнения положения и количества дисульфидных связей в ВКД и оценки вклада остатков цистеинов в каждом из 4 положений был подготовлен набор мутантных систем со всеми возможными вариантами замены остатков цистеинов на аланин в ВКД NaPi2b для симуляции равновесной молекулярной динамики.



## ИЗМЕНЕНИЯ СЕКРЕТОРНОГО ПРОФИЛЯ МАКРОФАГОВ И КЛЕТОК МИКРОГЛИИ НА МОДЕЛИ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА *IN VITRO*

Р.Р. Шигапова, Э.Р. Ахметзянова, Я.О. Мухамедшина

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*Shigapova.r.r.7@gmail.com*

Травма спинного мозга (ТСМ) является актуальной проблемой современной медицины, поскольку оно сопряжено с высокой инвалидизацией и социальными осложнениями [1]. При ТСМ клетки микроглии (КМ) одними из первых реагируют на изменение микроокружения, высвобождая цитокины провоспалительной (M1) и противовоспалительной (M2) природы [2]. Микроглия с M1 фенотипом характеризуется как нейротоксичная [3], в то время как клетки с фенотипом M2 обладают нейропротекторными [4] свойствами. До недавнего времени считалось, что КМ активируются в эпицентре повреждения, и ткань на удалении от травмы остается интактной. На сегодняшний день нет проведенных исследований по изучению различий поляризации КМ в областях, удаленных от места повреждения. Поэтому целью исследования стала оценка особенности морфологии и секреторного профиля макрофагов и КМ при моделировании ТСМ мозга крысы *in vitro* тяжелой (4 м/с) степени тяжести в острый (7 сутки) и подострый (14 сутки) периоды в эпицентре повреждения (Th8) и удаленных от него областей (C6-C7 и L2-L3). Крысам породы Wistar наносили контузионную ТСМ при помощи Leica Impact One Stereotaxic на уровне Th8. На 7 и 14 сутки после повреждения области спинного мозга (СМ) (Th8, C6-C7, L2-L3) забирались для проведения анализа ИФА и ИЦХ. При проведении ИЦХ было выявлено, что выделенные КМ экспрессируют пан маркер Iba1, а также специфичные для данных клеток маркеры TNF- $\alpha$  и TGF- $\beta$ . В то же время для макрофагов была свойственна экспрессия маркера CD16. Полученные результаты показали, что в гомогенатах СМ уровень цитокина IL-1 $\beta$  остается стабильно низким во всех отделах. Повышение обнаружено в гомогенатах травмированного СМ в отделах C6-C7 на 14 сутки. Высокое содержания цитокина IL-10 обнаружено в областях Th8, L2-L3 травмированного СМ, в то время как в интактной группе данные показатели были ниже детектируемого уровня.

1. Assinck, P. Cell transplantation therapy for spinal cord injury [Text] / P. Assinck, G. J. Duncan, B. J. Hilton, J. R. Plemel & W. Tetzlaff // *Nature neuroscience*. – 2017. – V. 20. – №. 5. – P. 637-647.
2. Wolf, S. A. Microglia in physiology and disease [Text] / S. A. Wolf, H. W. G. M. Boddeke & H. Kettenmann // *Annual review of physiology*. – 2017. – V. 79. – P. 619-643.
3. Block, M. L. Microglia-mediated neurotoxicity: uncovering the molecular mechanisms [Text] / M. L. Block, L. Zecca, J. S. Hong // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2007. – V. 8. – №. 1. – P. 57-69.
4. Zhou, Y. Different distributions of M1 and M2 macrophages in a mouse model of laser-induced choroidal neovascularization [Text] / Y. Zhou, S. Yoshida, Y. Kubo, T. Yoshimura, Y. Kobayashi, T. Nakama, ... & T. Ishibashi // *Molecular medicine reports*. – 2017. – V. 15. – №. 6. – P. 3949-3956.



## ФАКТОРЫ РИСКА, ПРИВОДЯЩИЕ К НЕИНФЕКЦИОННЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ

К.Я.Исмаилов, П.М.Бекбергенов

*Ургенчский филиал Ташкентской медицинской академии, г. Ургенч, Узбекистан*

*kenjaboy.yangiboyevich@mail.ru.*

**Цель исследования.** Неинфекционные заболевания, такие как сердечно-сосудистые заболевания, инсульт, злокачественные опухоли, хронические респираторные заболевания и диабет, являются ведущими причинами инвалидности и смертности во всем мире. Неинфекционные заболевания вызываются такими факторами риска, как повышенное кровяное давление, употребление табачных изделий и алкогольной продукции, высокий уровень холестерина в крови, избыточная масса тела и недостаток физической активности. Раннее выявление и устранение этих факторов риска позволяет предотвратить неинфекционные заболевания. Цель исследования – изучить факторы риска, вызывающие развитие неинфекционных заболеваний в регионе Южного Приаралья, и дать рекомендации первичным медико-санитарным учреждениям по устранению факторов риска.

**Материалы и методы.** Антропометрическое обследование прошли 191,4 тыс. жителей Южного Приаральского региона. Индекс массы тела (ИМТ) является общепринятым критерием определения избыточного веса. Было получено соотношение веса (кг) к росту (см<sup>2</sup>). ИМТ от - 18,5 до 24,9 кг/м считается нормальным, избыточная масса тела от 25,0 до 29,9 кг/м, а индекс массы тела выше 30,0 – ожирением. На основании опроса, утвержденного Минздравом, было проведено анкетирование по определению факторов риска среди населения. При анализе собранного материала использованы социально-гигиенические и санитарно-статистические методы.

**Результаты и обсуждение.** Из 98,4% обследованного населения Южного Приаралья 64,4% составляли взрослые, 34,0% - дети в возрасте до 0-18 лет. 50,3% исследуемого населения составляли мужчины, 48,1% - женщины, 33,7% - городские, 64,7% - сельские. 0,3% населения Южного Приаралья имели индекс массы тела менее 18,5. Индекс массы тела у 46,3% населения составлял 18,5-24,9. В результате исследования 34,0% населения Южного Приаральского региона имели избыточную массу тела, 17,3% страдали ожирением первой и второй степени, 2,1% страдали ожирением третьей степени. Согласно полученным данным, 53,4% населения имеют избыточный вес. Полученные данные показали, что 26,3% населения имели низкую физическую активность.

Известно, что рекомендованная ВОЗ норма соли составляет 5 граммов, а норма фруктов и овощей – 400 граммов. Установлено, что 51,7% населения едят меньше фруктов и овощей, 43,5% едят больше сладостей, 47,9% неосознанно едят жирную пищу, 38,4% потребляют много соленых продуктов.

Ожирение второй и третьей степени, малоподвижный образ жизни приводят к развитию таких заболеваний, как сердечно-сосудистые заболевания и диабет. Недостаточная физическая активность приводит к избыточному весу и ожирению. Это, в свою очередь, приводит к развитию неинфекционных заболеваний.

**Вывод:** В регионах Южно-Приаральского региона широко распространены такие факторы риска, как избыточная масса тела, ожирение и малоподвижность, приводящие к развитию неинфекционных заболеваний. Эти факторы, в свою очередь, приводят к повышению артериального давления и развитию ишемической болезни сердца.

Поэтому первичным медико-санитарным учреждениям следует организовать целевые медицинские осмотры населения, принять меры по раннему выявлению и устранению факторов риска.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОГЕЛЯ, АКТИВИРОВАННОГО ПРОИЗВОДНЫМ ПЕПТИДА IKVAV, В КАЧЕСТВЕ МАТРИКСА ДЛЯ НЕЙРОНАЛЬНЫХ КЛЕТОК

К. Даиоб, М. Зухайб, М.И. Камалов, А.А. Ергешов, Д.В. Салахиева, Т.И. Абдуллин

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия*

*kenanadayob@gmail.com*

Травматические повреждения нервной системы представляют собой серьезную медицинскую и социальную проблему вследствие высокой инвалидизации пострадавших и экономических затрат на лечение и реабилитацию. Перспективным терапевтическим подходом является применение биоматериалов для замещения и регенерации поврежденных нервных тканей *per se* и в сочетании с другими методами лечения. В идеале, подобные материалы должны воссоздавать структуру и свойства внеклеточного матрикса (ВКМ) тканей нервов для эффективной поддержки роста и функциональной активности клеток.

Нами предложен подход к созданию гидрогелей, модифицированных пептидами, имитирующими активные мотивы белков ВКМ. Этот подход был апробирован на примере пептидной последовательности из ламинина IKVAV, играющей важную роль во взаимодействии клеток с ВКМ, передаче сигналов и росте нейритов [1]. Методом твердофазного синтеза получено производное пептида IKVAV, дополнительно модифицированное остатками лизина, которые способствуют иммобилизации пептида в белковые каркасы. Дополнительно было синтезировано флуоресцентное производное пептида IKVAV, меченное остатком пирена. Структуру и чистоту пептидов подтверждали методом обращенно-фазовой ВЭЖХ–масс-спектрометрии. Методом криотропного гелеобразования получены пористые гидрогели на основе кросс-сшитого желатина, модифицированного производными пептида IKVAV в различной концентрации.

С использованием метаболического MTS-теста показано, что пептидный компонент в зависимости от концентрации повышает пролиферацию нейрональных клеток феохромоцитомы крысы (линия PC-12) в матриксе. По данным окрашивания клеток гистологическими красителями и меченным фаллоидином, в присутствии пептида клетки PC-12 претерпевают значительное изменение морфологии от округлой формы до вытянутой с появлением отростков, что свидетельствует об индукции их дифференцировки в нейрональном направлении.

Полученные результаты представляют интерес в создании матриксов для культивирования нейрональных клеток, а также биоматериалов для нейрорегенерации. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (проект FZSM-2022-0020).

### Список литературы:

1. Patel, R.; Santhosh, M.; Dash, J.K.; Karpoormath, R.; Jha, A.; Kwak, J.; Patel, M.; Kim, J.H. Ile-Lys-Val-Ala-Val (IKVAV) Peptide for Neuronal Tissue Engineering. *Polym. Adv. Technol.* 2019, 30, 4–12, doi:10.1002/pat.4442.

## **СЕКЦИЯ 2 БИОТЕХНОЛОГИИ И АГРОТЕХНОЛОГИИ**

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАКА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

П.А. Баранчиков<sup>a</sup>, О.В. Захарова<sup>a,b</sup>, С.П.Чеботарева<sup>a</sup>, А.А. Гусев<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

<sup>b</sup> Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия

*Petrovi4-98@yandex.ru*

Источником значительной части неиспользуемых крупнотоннажных отходов является металлургическая промышленность. Шлаковые отходы металлургии в силу своего компонентного состава способны выполнять функцию раскислителя почв, а также служить источником необходимых элементов для роста и развития растений. Мы анализировали влияние конвертерного шлака на семена и проростки ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare*) в условиях лабораторного опыта для оценки перспектив применения данного отхода в сельскохозяйственном производстве.

**Материалы и методы.** Исследуемый образец конвертерного шлака содержат следующие элементы: Ca, Fe, Mg, Si, Al, Mn. Для приготовления искусственных грунтов использовали два типа торфа: нейтральный (pH 6.5) и кислый (pH 4) с добавлением шлака в концентрациях 0.2; 2 и 20 г/кг грунта. Тест объект – ячмень обыкновенный (сорт Сонет). Исследование проводилось в лабораторных условиях согласно ГОСТ Р ИСО 22030–2009. Анализируемые показатели: всхожесть семян), сырая и сухая масса проростков, морфометрические показатели (длина стебля, корня), активность пероксидазы.

**Результаты.** В показателях всхожести отличий с контрольными образцами не наблюдалось. В торфе pH 4 с концентрацией шлака 0.2 г/кг длина корня уменьшилась на 7.5 см по сравнению с контролем, при повышении дозы шлака до 2 г/кг значения выросли на 4 см, при 20 г/кг – на 6 см. В условиях нейтрального субстрата в концентрации шлака 0.2 г/кг длина корня уменьшилась на 10 см и увеличивалась на 5 см при 2 и 20 г/кг. Шлак, во всех исследуемых концентрациях, подавлял прирост массы растений. При всех дозах внесения шлака, в обоих типах субстрата активность пероксидазы была выше, чем в контрольных группах.

**Выводы.** Установлено, что оптимальной концентрацией конвертерного шлака для стимуляции раннего онтогенеза растений ячменя является 2 и 20 г/кг, не зависимо от закисленности грунта.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема 1024042300021-5-2.4.2;4.1.1).*

## СОЗДАНИЕ ДЕЛЕЦИОННЫХ МУТАНТОВ РИЗОСФЕРНЫХ ШТАММОВ *BACILLUS SUBTILIS* С ПОНИЖЕННОЙ АКТИВНОСТЬЮ ГЕНА БАЦИЛЛИБАКТИНА

Ю.А. Васильева, А.А. Мамчур, Ю.В. Данилова, Н.Л. Рудакова, М.Р. Шарипова

Казанский («Приволжский») федеральный университет, Казань, Россия

*vasileva891@mail.ru*

Железо играет ключевую роль в росте и функционировании микроорганизмов, участвуя в различных биохимических процессах, таких как синтез ДНК, перенос электронов, метаболизм кислорода и формирование биоплёнки. Для извлечения Fe из окружающей среды бактерии вырабатывают сидерофоры, имеющие высокую константу комплексообразования с железом. Кроме того, ризобактерии, например, относящиеся к роду *Bacillus*, за счет образования сидерофоров способны стимулировать рост и развитие растений. Однако вопрос о том, могут ли бактериальные комплексы полностью удовлетворить потребность растений в железе, остаётся открытым. Создание штаммов с дефицитом сидерофоров может помочь найти ответ на этот вопрос и повысить эффективность применения агентов биологического контроля в агrobiотехнологии.

Цель данного исследования — создание делеционных мутантов *Bacillus subtilis* с уменьшенной активностью синтетазы DhbF. С использованием технологии CRISPR/Cas9 были созданы делеционные мутанты №3  $\Delta dhbF$  и GM5  $\Delta dhbF$ . ПЦР-анализ подтвердил успешную модификацию сидерофорного оперона. В результате генетического редактирования размер гена *dhbF* уменьшился с 6266 п.н. до 1812 п.н. Образование бациллибактина определяли на среде Cas-агар с хромазулолом S. Оба изолята *B. subtilis* № 3 и GM5 производили сидерофоры и формировали жёлтую зону. Мутанты №3  $\Delta dhbF$  и GM5  $\Delta dhbF$  не окрашивались. На третий день диаметр жёлтой зоны у штаммов №3 и GM5 составил 1 см и 1,1 см, а у делеционных мутантов №3  $\Delta dhbF$  и GM5  $\Delta dhbF$  — 0,4 см и 0,3 см, что указывает на снижение синтеза сидерофор на 60 % и 72,7 % соответственно. Таким образом, мы создали делеционных мутантов *B. subtilis* №3  $\Delta dhbF$  и GM5  $\Delta dhbF$  с пониженной способностью к связыванию железа.

Работа выполнена на технической базе программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»

## РАЗРАБОТКА СИНБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ЛАКТОБАКТЕРИЙ

Е.А. Гаврилова <sup>a</sup>, А.М. Ежкова <sup>b</sup>, В.О. Ежков <sup>b</sup>, Е.В. Никитина <sup>a,c</sup>, Д.Р. Яруллина <sup>a</sup>, А.Р. Каюмов <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, Казань, Россия

<sup>c</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Alalila@yandex.ru

В рамках перехода к органическому сельскому хозяйству и функциональному питанию во всем мире интенсивно разрабатываются новые экологически чистые кормовые добавки-пробиотики. Пробиотики – это «живые микроорганизмы, которые при применении в адекватных количествах вызывают улучшение здоровья организма-хозяина». Пробиотики улучшают состав кишечной микробиоты; благодаря повышенной адгезии к слизистым оболочкам, а также выработке антибактериальных веществ они способны подавлять рост патогенной микрофлоры. Также они поддерживают барьерную функцию кишечника за счёт модуляции экспрессии генов эпителия, что препятствует попаданию токсичных веществ в организм хозяина.

В качестве пробиотиков могут применяться микроорганизмы, в том числе рода *Lactiplantibacillus*. Лактобактерии широко используются в различных биотехнологических процессах, например, в молочной промышленности, при производстве мяса, силосовании кормов, производстве пробиотиков. Данные микроорганизмы обладают способностью подавлять рост других бактерий, в том числе и патогенных, за счет продукции органических кислот, перекиси водорода и бактериоцинов.

Ранее в лаборатории «Молекулярная генетика микроорганизмов» был получен новый штамм *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 из клеверного силоса. Штамм использовался в качестве бактериальной части при разработке синбиотической кормовой добавки для сельскохозяйственных птиц в сочетании с агроминералами (бентонитом и цеолитом). Целью работы являлось охарактеризовать пробиотические свойства данного штамма *in vitro*, в модельных условиях в качестве компонента закваски для молочнокислых продуктов, а также в качестве компонента синбиотического препарата в экспериментах *in vivo* на перепелах (работа выполнена с одобрения локального этического комитета КФУ – протокол №40 от 9 марта 2023).

Оценили пробиотические свойства штамма *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 *in vitro*: кислотообразующую активность, скорость закисления среды, устойчивость к желчи и кислотам, адгезию к эпителиальным клеткам, антагонистическую активность в отношении ряда условно-патогенных бактерий. Выявили высокие показатели по всем исследуемым характеристикам, что делает данный штамм перспективным для использования в пищевой и сельскохозяйственной промышленности.

После исследования штаммов на антагонистическую активность и сохранение жизнеспособности при добавлении агроминералов провели оценку влияния препарата на перепелов. Штамм *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 в питательной среде на основе молочной сыворотки добавляли в рацион перепелов, также использовали комбинацию штамма с агроминералами для оценки эффективности синбиотического препарата. На протяжении экспериментов птиц взвешивали и оценивали прирост биомассы. По окончании опытов оценили массу различных внутренних органов птиц, показатели биохимического и форменного анализа крови, оценили показатели качества яиц и мяса, состав микробиоты кишечника. В работе проведен сравнительный анализ данных показателей у различных групп птиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект РНФ-22-16-00040)

## ПОЛУЧЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНО МЕЧЕННОГО ШТАММА *BACILLUS GINSENGIHUMI* M2.11 GFP

М.С. Дроздова, Д.Л. Иткина

*Институт фундаментальной медицины и биологии КФУ, Казань, Россия*

*rita000.89@yandex.ru*

В рамках борьбы с фитопатогенными микроорганизмами весьма ценным свойством почвенных бактерий является способность образовывать биоплёнки на поверхности корня. Биоплёнки выступают в качестве защитного слоя от патогенной микрофлоры почвы, а также стимулируют рост растения, продуцируя витамины, фитогормоны, сидерофоры и т.д. [1]

В связи с этим, целью данной работы являлось получение флуоресцентно меченного штамма *Bacillus ginsengihumi* M2.11 GFP для дальнейшей визуализации колонизации исследуемым штаммом корней пшеницы на конфокальном лазерном микроскопе.

Для достижения данной цели проводили химическую трансформацию дикого штамма M2.11 на средах Spizizen I и II [2]. В ходе работы использовали плазмиду pJET + GFP, выделенную из *E. coli* (dam<sup>-</sup>). Ночную культуру M 2.11 культивировали на среде LB в течение 12 часов при температуре 37°C и 180 об/мин. В Spizizen I инокулировали 1 мл НК и культивировали при 37°C и 180 об/мин в течении 16 часов. Для пересева на Spizizen II отбирали по 1 мл культуры на 16, 17, 18 и 19 часы культивирования, так как по динамике роста именно в этот период клетки находятся в стационарной фазе и приобретают способность принять чужеродную ДНК. Через 1,5 часа культивирования на второй среде 1 мл культуры отбирали в эппендорф и добавляли 40 мкл ДНК, концентрацией 80-100 нг/мкл. Инкубировали в течение часа при 37°C без качания, затем культивировали час при 37°C и 180 об/мин и высевали на LA с тетрациклином (25 мкг/мл). Культивировали 24-48 часов при 37°C. Выросшие колонии были зафиксированы только на 18 час культивирования и имели белый-кремовый цвета, свечение наблюдали только после пересева на свежую питательную среду.

Таким образом, была оптимизирована методика получения флуоресцентно меченного дикого штамма M2.11 GFP.

*Исследование выполнено за счет гранта РНФ №23-76-01069*

1. Смирнова Т. А. и др. Структурно-функциональная характеристика бактериальных биопленок //Микробиология. – 2010. – Т. 79. – №. 4. – С. 435-446.
2. Anagnostopoulos, C. Requirements for transformation in *Bacillus subtilis* / C. Anagnostopoulos, J. Spizizen // J. of Bacteriology. – 1961. – Vol. 81. – № 5. – P. 741–746



## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ КАРБОНИЗАЦИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОСТОЧЕК СЕМЕЙСТВА РОЗОЦВЕТНЫЕ (*ROSACEA*)

А.А. Лазарева<sup>а</sup>, Д.А. Теренжев<sup>б</sup>, Т.Г. Белов<sup>б</sup>, Е.Н. Никитин<sup>а,б</sup>

<sup>а</sup> Химический институт им. А. М. Бутлерова, КФУ, кафедра ВМиЭОС, Казань, Россия

<sup>б</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова (ИОФХ), лаборатория переработки растительного сырья для экологически чистого агрохозяйства, Казань, Россия

aal.lazareva11@mail.ru

Углеродные сорбенты являются одними из наиболее широко используемых материалов для очистки водных и газовых сред. В настоящее время ведутся исследования по снижению затрат на их производство. Среди перспективных материалов для получения сорбентов можно выделить отходы сельского хозяйства, являющиеся дешевым возобновляемым сырьем. В данной работе в качестве исходного сырья были использованы косточки плодовых деревьев семейства *Rosacea*, а именно терна дикорастущего (*Prunus spinosa*) и сливы домашней сорта «Блюбелл» (*Prunus domestica*).

На первом этапе получения сорбентов проводили карбонизацию сырья. В программируемой муфельной печи косточки фракции 4-6 мм подвергались пиролизу. Процесс карбонизации проводили в нескольких вариантах при диапазоне температур от 250-600°C с шагом 50°C и скоростью достижения заданной температуры 4,5 и 9,2 °C/мин. Время выдержки при заданных диапазонах было одинаково и составляло 30 минут. В процессе проведения карбонизации наблюдалось снижение массы сырья, которая увеличивается прямо пропорционально с возрастанием температуры. При 600°C потеря массы составляла 62,5-69,9%, при этом доля углерода увеличивалась до 81,3-87,5%; а насыпная плотность составляла 18,5-18,8%. Для оценки сорбционной емкости сорбентов определяли показатели йодного числа, суммарного объема пор по воде и сорбционную активность по метиленовому голубому. В работе установлено, что максимальные сорбционные показатели наблюдаются при температуре карбонизации 600°C и скорости нагрева 9,2°C/мин. Йодное число, суммарный объем пор по воде и адсорбционная активность по метиленовому голубому продуктов, полученных из косточек сливы составляли 217,3 мг J<sub>2</sub>/г, 1,25 см<sup>3</sup>/г и 151 мг/г сорбента; из косточек терна – 205,5 мг J<sub>2</sub>/г, 1,05 см<sup>3</sup>/г и 130 мг/г сорбента соответственно.

1. Красникова Е.М. Об использовании отходов агропромышленного комплекса для получения высокоэнергетического топлива и углеродных адсорбентов // Журнал физической химии. - 2023. - Т. 97. - №4. - С. 575-579.

## РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *MICRODOHIUM NIVALE* К ФЛУДИОКСОНИЛУ

А.А. Лебедева<sup>a,b</sup>, Г.Ш. Мурзагулова<sup>a</sup>, Е.А. Рязанов<sup>a</sup>, К.А. Шатравина<sup>a,b</sup>,  
О.А. Гоголева<sup>a</sup>, В.Ю. Горшков<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

*iebedevanasty@85gmail.com*

Заболевание розовая снежная плесень, вызываемое психротолерантными грибами *Microdochium nivale*, представляет собой серьезную угрозу для озимых зерновых культур. Для борьбы с этим заболеванием используют фунгициды, однако список эффективных препаратов ограничен, ввиду развития патогена под снежным покровом. Одним из рекомендованных и широко используемых для борьбы со снежной плесенью фунгицидом является флудиоксонил, механизм действия которого заключается в чрезмерной активации биосинтеза глицерина, что приводит к разрыву гиф гриба. Формирование резистентности к флудиоксонилю у *M. nivale* не описано, и поэтому целью нашей работы стало исследование процесса адаптации *M. nivale* к флудиоксонилю.

На первом этапе работы нами проведен скрининг на чувствительность к флудиоксонилю 136 изолятов *M. nivale*, отобранных с двух территорий, различающихся почвенными и агротехническими условиями. В результате скрининга было установлено, что 22% изолятов чувствительны к этому фунгициду. На втором этапе исследования среди чувствительных изолятов выбирали штаммы, чувствительные к минимальным дозам флудиоксона (10<sup>-7</sup> М). В результате было отобрано четыре наиболее чувствительных штамма *M. nivale*, которые постепенно адаптировали *in vitro* к повышенным концентрациям фунгицида. В результате три штамма адаптировались к концентрации флудиоксона 10<sup>-4</sup> М, а один штамм – к концентрации 5×10<sup>-4</sup> М. Для оценки изменения физиологических свойств штаммов в процессе адаптации, проводили оценку вирулентности адаптированных к флудиоксонилю штаммов и их исходных флудиоксонил-чувствительных форм. В нашем исследовании не выявлено достоверных различий в вирулентности между исходными и адаптированными штаммами, что позволяет предположить, что возникновение устойчивости к флудиоксонилю не приводит к изменению вирулентности штаммов.

Таким образом, в результате нашей работы было показано, что у штаммов *M. nivale* может формироваться резистентность к флудиоксонилю, и это не приводит к изменению их вирулентности.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-16-00086 и госзадания ФИЦ КазНЦ РАН.*

## НОВЫЙ РИЗОСФЕРНЫЙ ИЗОЛЯТ РОДА *BACILLUS*: ХАРАКТЕРИСТИКА БИОКОНТРОЛЬНЫХ СВОЙСТВ

А.А. Мамчур, Ю.А. Васильева, Ю.В. Данилова, Н.Л. Рудакова, М.Р. Шарипова

Казанский («Приволжский») федеральный университет, Казань, России

*alexandramamchur5250@gmail.com*

Представители рода *Bacillus* известны как активные участники ризосферных сообществ. Наибольший интерес представляет поиск PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) штаммов с успешными путями реализации фитопротекторных и антагонистических свойств в составе почвенного консорциума. В настоящей работе приведены исследования метаболических способностей нового перспективного агента в агробиотехнологии – *Bacillus* sp., в качестве продуцента ферментов и соединений, выступающих биомодуляторами в экосистеме.

Почвенный изолят *Bacillus* sp. был выделен в чистую культуру из ризосферы *Solanum tuberosum*. Для определения антагонистической активности по отношению к фитопатогенным микромицетам *Fusarium oxysporum* DR40 и DR57 использовали метод блоков. По результатам измерения областей подавления установили, что *Bacillus* sp. ингибирует рост фитопатогенов на 48 % и 56 % соответственно. Исследование синтеза сидерофоров почвенным изолятом проводилось на основе анализа изменений цвета индикатора (диаметр зоны составлял 1 см) после диссимиляции комплекса железа с хромазуолом из среды CAS. Анализ динамики формирования биопленок штаммом проводили в течение трех суток с интервалом измерения в 12 часов. Построение кривой роста показало, что максимум формирования биопленки приходился уже на 24 час (OD = 1,155). Таким образом, изолят *Bacillus* sp. обладает значительным потенциалом для контроля ризосферных сообществ благодаря своей способности синтезировать сидерофоры, формировать биоплёнку и оказывать антагонистическое воздействие на фитопатогенные микромицеты *F. oxysporum* DR40 и DR57.

Работа выполнена на технической базе программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

## КЛОНИРОВАНИЕ И ГЕТЕРОЛОГИЧНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ГАЛЛАТНОГО ОПЕРОНА *PSEUDOMONAS PUTIDA* KT2440 В КЛЕТКАХ *ESCHERICHIA COLI* BL21

И.В. Некрасов <sup>a,b</sup>, А.Ю. Суханов <sup>b</sup>, Ш.З. Валидов <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Казанский («Приволжский») федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> ФИЦ КазНЦ РАН, лаборатория Молекулярно-генетических и микробиологических методов, Казань, Россия

*ilanekrasov53928@gmail.com*

Лигнин является перспективным источником ароматических соединений, но трудно перерабатывается химическими методами. Однако лигнин хорошо поддается биотрансформации. Настоящая работа направлена на клонирование и изучение гетерологичной экспрессии галлатного оперона *Pseudomonas putida* KT2440 в штамме *Escherichia coli* BL21 для его дальнейшего использования в создании рекомбинантных штаммов для биоремедиации и биотрансформации лигнина и его производных.

Ген *galA* и кластер *galBCD* были амплифицированы из выделенной тотальной ДНК *P. putida* KT2440. Электрофорез 1% агарозном геле показал наличие фрагментов размером 1.3 кб и 2.6 кб, что соответствует длине гена и кластера соответственно. Полученные фрагменты были выделены и клонированы в вектор pJNTN-I методом сборки по Гибсону. ПЦР на лизатах трансформированных клеток *E. coli* BL21 показал у одной из колоний наличие вставки. Рестрикционный анализ по *NdeI* показал, что размер выделенной плазмиды составляет около 10 кб, что соответствует теоретическому размеру конструкции pJNTN-I:GalABCD. Результаты секвенирования выделенной конструкции показали корректность вставки целевых генов в вектор. Электрофорез белков в 12.5 % ПААГ показывают экспрессию всех четырёх генов вставки, поскольку наблюдаются полосы на уровне 48 kDa, 38 kDa, 29 kDa и 25 kDa, что соответствует теоретическим размерам белков. Результаты индукции экспрессии в жидкой ВМ с 0.1 % содержанием галлата показали, что штамм способен перерабатывать галловую кислоту, поскольку спустя 24 часа инкубации в среде не наблюдалось тёмного осадка, образуемого при окислении субстрата кислородом. Таким образом, галлатный оперон был клонирован в pJNTN-I и показал возможность его экспрессии в других штаммах.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка рекомбинантного штамма на основе *Pseudomonas putida* PCL1760 для биокаталитической трансформации ароматических производных лигнина».

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛЕБА

А.А. Партина

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург, Россия*

*chacapo@yandex.ru*

Хлеб является традиционным продуктом благодаря высокому содержанию углеводов, которые поставляют нам энергию, содержит необходимые нутриенты и витаминно-минеральный комплекс [1]. Для придания функциональных качеств в рецептуру добавляют растительное сырье, что способствует увеличению срока годности, повышению пищевой ценности и органолептических свойств [2, 3].

Были выработаны рецептуры хлеба с добавлением коммерческого образца пищевого лецитина. Был изготовлен контрольный образец без внесения лецитина и опытные образцы с добавлением от 1,5% до 4,5% лецитина.

В результате выявлена оптимальная дозировка – 3%, о чем свидетельствуют выход готового изделия объемом 845,25 см<sup>3</sup>, что на 34,2% выше результатов контрольного образца и массой 202,05 г, что на 20% выше результатов контрольного образца. По органолептическим свойствам и физико-химическим показателям хлеб с добавлением 3% лецитина соответствует требованиям ГОСТ. Влажность мякиша составила 40%, кислотность 2,2 град, пористость 75%. Добавление 3% лецитина улучшает вкусовые качества хлеба, не нарушая физико-химические показатели.

1. Лазарев, В. А. Разработка рецептуры и технологии хлеба, обогащенного порошком ежевика гребенчатого и семенами тыквы и подсолнечника / В. А. Лазарев, Д. Д. Порошина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 3(67). – С. 104-110.
2. Plaskova A, Mlcek J. New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. Front Nutr. 2023 Mar 28;10:1118761
3. Гулова, Т. И. Применение гидроколлоидов в производстве хлеба для улучшения качества и продления сроков его хранения / Т. И. Гулова, С. А. Леонтьева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 2(66). – С. 69-75.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОКСИЛАПАТИТОВЫХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АКАГЕНЕИТОМ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Л.С. Слепутина, М.В. Шабанов

*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия*

*lilasleputina@gmail.com*

Рост промышленного производства приводит к увеличению объема отходов, что является основным источником загрязнения поверхностных вод и ухудшает качество воды для хозяйственного и бытового использования. В течении многих лет ученые разрабатывают новые, более совершенные и экономически выгодные методы получения нанокompозитов, которые обладают высокой удельной поверхностью и емкостью поглощения, для адсорбции тяжелых металлов (ТМ). Чистый гидроксилapatит эффективен при специфических условиях, в то время как модифицированные соединениями железа нанокompозиты обещают быть более перспективными. Оксиды и гидроксиды железа, распространенные в природе, играют ключевую роль в адсорбции ТМ и их биодоступности. Изучение механизмов связывания ТМ помогает понять геохимические процессы, предсказывать ремобилизацию и оптимизировать рекультивацию загрязненных сред. Целью данной работы является получение нанокompозиционного материала на основе гидроксилapatита, модифицированного акагенеитом. В задачи исследования входило определение адсорбционной способности нанокompозиционного материала на примере адсорбции Pb и Cu. Эффективность адсорбции Pb и Cu оценивали в ходе лабораторного эксперимента. Были исследованы адсорбенты на основе чистого акагенеита и смесь гидроксилapatита с акагенеитом, а также влияние массы адсорбента и времени контакта адсорбента с раствором на процесс сорбции. Как показали исследования увеличение массы адсорбента (акагенеит и акагенеит+гидроксилapatит) приводит к значительному удалению Pb и Cu из раствора – 97 - 98%. Акагенеит продемонстрировал хорошие результаты в качестве сорбента: при концентрации ионов свинца и меди 1 г/л, и ротации в течении 5 минут эффективность адсорбции составила 83 – 98%. При ротации в течении 10 минут эффективность адсорбции составила 95 – 99%, но при увеличении концентрации ионов свинца и меди до 5 г/л, сорбционная способность уменьшилась и составила 85 – 97 %. С целью повышения эффективности акагенеита использовали его в смеси с гидроксилapatитом. Анализ показал, что при ротации в течении 5 минут смесь адсорбентов показала эффективность 98 – 99%. Однако при ротации в течении 10 минут эффективность адсорбции уменьшилась до 61 – 96%, указывая на то, что сорбционное равновесие устанавливается в течении первых минут и дальнейшее взаимодействие адсорбента с раствором приводит к высвобождению сорбированных ионов обратно в раствор. При оптимальном соотношении акагенеита и гидроксилapatита можно получить качественный и недорогой сорбент.

## ХАРАКТЕРИСТИКА СИНТЕЗА ИНДОЛИЛ-3-УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ БАКТЕРИЯМИ *PSEUDOMONAS PUTIDA*

А.А. Туркина, В.В. Симонов, М.Т. Лутфуллин

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт фундаментальной  
медицины и биологии. Кафедра микробиологии, Казань, Россия*

*annaturkina433@gmail.com*

Ризобактерии, стимулирующие рост растений (PGPR), — это группа микроорганизмов, представляющих большой интерес для сельскохозяйственной биотехнологии за счет стимулирующего и защитного действия на растения. Бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Flavobacterium* являются представителями группы PGPR. Известно, что штаммы *Pseudomonas putida* являются продуцентами фитогормонов (ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота), обладают колонизирующей активностью, также участвуют в адаптации растений к различным стрессовым условиям окружающей среды. Целью работы являлась характеристика синтеза индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) штаммами *P. putida* MG-2 и *P. putida* MG-8 при различных концентрациях NaCl и температуры.

Штаммы *P. putida* культивировали на среде LB с концентрациями NaCl (0.5% и 1%) и при различных температурах (8°C, 25°C, 37°C) на термошейкере при интенсивности качания 180 об/мин в течение 96 ч. Рост бактерий измеряли каждые 24 ч. Концентрацию ИУК в культуральной жидкости бактерий определяли с помощью реагента Сальковского.

Показали, что оптическая плотность роста штаммов MG-2 и MG-8 достигала максимума на 24 ч культивирования при температуре 37°C ( $3.85 \pm 0.01$  и  $2.92 \pm 0.04$ ), при 25°C ( $3.55 \pm 0.04$  и  $3.48 \pm 0.01$ ) и при добавлении в питательную среду 1% NaCl ( $3.4 \pm 0.02$  и  $3.99 \pm 0.04$ ), соответственно. При температуре 8°C максимум оптической плотности роста штамма MG-2 достигал  $1.22 \pm 0.00$  и MG-8 –  $2.89 \pm 0.03$  на 96 ч культивирования.

Показали что, бактерии *P. putida* MG-2 и *P. putida* MG-8 способны к синтезу фитогормона ИУК. Максимальная продукция ИУК у штамма MG-2 ( $6.79 \pm 0.12$  мкг/мл), была при добавлении в питательную среду 1% NaCl, ( $6.24 \pm 0.10$  мкг/мл) при температуре 37 °C и ( $6.53 \pm 0.27$  мкг/мл) при температуре 25°C на 72 ч культивирования. У штамма MG-8 ( $6.88 \pm 0.01$  мкг/мл), ( $5.61 \pm 0.05$  мкг/мл) и ( $5.58 \pm 0.18$  мкг/мл), соответственно. Низкая температура (8°C) ингибировала синтез ИУК, максимум которого составил ( $1.33 \pm 0.04$ ) у штамма MG-2 и ( $0.86 \pm 0.04$ ) у штамма MG-8 на 72 ч культивирования, соответственно. Таким образом, штаммы *Pseudomonas putida* MG-2 и *Pseudomonas putida* MG-8 в условиях абиотического стресса, таких как повышенная температура (37°C), и при наличии в среде 1% NaCl способны к активному росту и синтезу индолил-3-уксусной кислоты, что делает их перспективными для использования в качестве биопрепаратов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №24-76-00059*



## ВЫДЕЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИКРОМИЦЕТОВ РОДА *FUSARIUM* ИЗ СУХОЙ ГНИЛИ КАРТОФЕЛЯ

С.А. Хворова <sup>a</sup>, А.А. Николаева <sup>a</sup>, М.Т. Лутфуллин <sup>a</sup>, С.Г. Вологин <sup>b</sup>, А.М. Марданова <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> ТамНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

*sofia20032525@gmail.com*

Картофель – важная сельскохозяйственная культура в России. Однако его непрерывное культивирование способно привести к снижению урожайности из-за различных факторов и, в том числе, различных заболеваний. Одной из серьезных проблем для агропромышленного комплекса является фузариоз картофеля, вызываемый грибами рода *Fusarium* и способный значительно снизить урожай. Также это заболевание способно ухудшить качество клубней во время хранения из-за образования сухой гнили. В связи с этим крайне важно применять эффективные методы контроля этого заболевания и проводить селекцию сортов картофеля, устойчивых к фузариозу.

Целью работы было определение видовой структуры возбудителей сухой гнили из клубней картофеля различных сортов и оценка их вирулентности.

Из сухой гнили клубней картофеля сортов Регги, Кортни, Зумба и Догода была выделена коллекция из 10 изолятов микромицетов рода *Fusarium*. Вирулентность изолятов оценивали с помощью искусственного заражения клубней сортов Red Scarlet, Жуковский ранний, Догода, Регги, Дана и Кайо. Клубни инфицировали уколом 20 мкл суспензии спор в физ. растворе ( $3 \cdot 10^6$  спор/мл) и инкубировали их при комнатной температуре. Результат инфицирования оценивали через 3 недели по появлению сморщивания кожуры в месте заражения, а также наличию сухой гнили внутри клубня. Установили, что все выделенные штаммы микромицетов проявляют патогенность и способны вызывать с разной эффективностью образование сухой гнили в клубнях исследуемых сортов. Размер пораженных участков клубней достигал 25% от объема.

Выделение ДНК микромицетов проводили с помощью СТАВ-буфера методом СТАВ (гексадецилтриметиламмония бромид). Молекулярно-генетическая идентификация с использованием пар праймеров (ITS1 и ITS4, EF1 и EF2) позволила идентифицировать изоляты до вида. Семь изолятов были идентифицированы как *Fusarium oxysporum*, два изолята – как *Fusarium redolens* и один как *Fusarium solani* со степенью гомологии от 95% до 100%.

Таким образом, выявили, что степень заражения и повреждения клубней зависит как от устойчивости сорта, так и вирулентности фитопатогенного штамма *Fusarium*. Наше исследование доказало, что *Fusarium* является серьезным фитопатогеном, способным нанести серьезные проблемы сельскому хозяйству. Также установили, что наиболее распространенным видом возбудителей сухой гнили на территории Республики Татарстан является *F. oxysporum*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-76-00059, <https://rscf.ru/project/24-76-00059/>.

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМЕННОГО ШЛАМА В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРА РОСТА МИКРОВОДОРОСЛИ *SCENEDESMUS RUBESCENS*

С.П. Чеботарева<sup>a</sup>, О.В. Захарова<sup>a,b</sup>, П.А. Баранчиков<sup>a</sup>, А.А. Гусев<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

<sup>b</sup> Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия

sweta-chebotarjova@yandex.ru

Микроводоросли являются перспективным сырьем для производства различных биопродуктов. Применение доменного шлама в качестве микроэлементной добавки при культивировании микроводорослей может способствовать стимуляции роста культуры и накоплению ценных метаболитов, а также помочь в разработке экологических методов утилизации отходов. Цель работы - оценка влияния доменного шлама на микроводоросль *S. rubescens* и оценка потенциала накопления биомассы.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования была выбрана культура микроводорослей *Scenedesmus rubescens* (IPPAS D-292). Культивирование проводилось в питательной среде №6 Громова, содержащей 0.01, 0.1 и 1 г/л шлама. Контроль – среда без шлама. Условия культивирования: температура - 20-25°C, освещенность - 2500 ЛК, постоянное перемешивание и подача 1-5% CO<sub>2</sub>. Эффективность культивирования оценивалась по показателям жизнеспособности, концентрации клеток, а также содержания фотосинтетических пигментов и белка.

**Результаты.** Шлам в концентрации 0.1 г/л повысил жизнеспособность клеток на 5% на 10 сутки, однако увеличение дозы отхода до 1 г/л снизило показатель. При 0.1 и 1 г/л шлама в среде концентрация клеток составила 7 и 4.2\*10<sup>6</sup> клеток/мл, соответственно. Максимальное содержание хлорофилла *a* – 33.5 мг/л отмечено при добавлении 0.1 г/л отхода. В ходе исследования наблюдалось увеличение содержания белка на 13.5% в варианте 0.01 г/л, при этом при более высоких концентрациях показатели были снижены. Стоит отметить, что, несмотря на снижение содержания белка в одной клетке при добавлении 0.1 г/л шлама, за счет увеличения накопления биомассы, общее содержание белка было выше на 25% по сравнению с контролем.

**Выводы.** В ходе исследования установлено, что оптимальной концентрацией шлама для эффективного накопления биомассы и белка *S. rubescens* являлась 0.1 г/л.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 1023110200100-7-4.4.1).

## ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ У ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *MICRODOCHIUM NIVALE* К КАРБЕНДАЗИМУ

К.А. Шатравина <sup>a,b</sup>, А.А. Лебедева <sup>a,b</sup>, Г.Ш. Мурзагулова <sup>a</sup>, О.А. Гоголева <sup>a</sup>,  
Е.А. Рязанов <sup>a</sup>, В.Ю. Горшков <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

kashatravina@mail.ru

В последнее десятилетие наблюдается снижение эффективности фунгицидов из-за формирования у фитопатогенов фунгицид-резистентности. Эта проблема стоит особенно остро в отношении холодоустойчивого фитопатогенного гриба *Microdochium nivale* – возбудителя розовой снежной плесени. Это заболевание развивается под снежным покровом, и поэтому список рекомендованных для его подавления фунгицидов ограничен. Одними из рекомендованных фунгицидов являются фунгициды на основе карбендазима. Поэтому целью нашей работы является оценка распространенности в популяциях *M. nivale* признака устойчивости к карбендазиму и анализ механизмов и последствий формирования этого признака.

Распространенность признака устойчивости к карбендазиму мы оценили на примере 136 штаммов из двух популяций *M. nivale*, одна из которых подвергалась обработке карбендазимом, а вторая – нет. Оказалось, что в обеих популяциях широко представлена устойчивость к карбендазиму, но в популяции, которая подвергалась обработке фунгицидами, доля карбендазим-устойчивых штаммов оказалась достоверно выше, чем в не подвергнутой фунгицидной обработке популяции.

Поскольку мишенью карбендазима является составляющий микротрубочки белок бета-тубулин, мы проанализировали, связан ли признак устойчивости к карбендазиму с мутациями в гене, кодирующем этот белок. Оказалось, что, действительно, у карбендазим-устойчивых штаммов есть характерная однонуклеотидная замена в гене бета-тубулина; причем эта замена влияет на первичную структуру кодируемого белка.

Данные, полученные в ходе нашего исследования, могут быть использованы для прогнозирования эффективности использования фунгицидов на основе этого действующего вещества в определенном агроценозе.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-16-00086 и госзадания ФИЦ КазНЦ РАН.

## ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ В КАЧЕСТВЕ СТАРТЕРНЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРИОЗАМОРОЖЕННОГО БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА

Д.Д. Юнович, М.И. Василенко

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Белгород, Россия*

*yunovichd@mail.ru*

В последние годы интерес к пробиотикам и ферментированным продуктам возрос, что обусловлено их положительным воздействием на здоровье человека. Однако для того, чтобы обеспечить максимальную эффективность и качество конечного продукта, необходимо тщательно подбирать условия для культивирования молочнокислых бактерий (МКБ).

Температурный диапазон жизнедеятельности МКБ довольно разнообразен: мезофильные виды предпочитают оптимальные температуры в пределах 25-32 °С, а их минимальная температура составляет 10 °С. Для термофильных видов оптимальный диапазон роста находится между 40 и 45 °С, в то время как минимальная температура для них составляет 20-22 °С. Некоторые МКБ могут развиваться даже при температурах 3-5 °С. Для большинства видов оптимальная температура составляет 37-38 °С, с кислотностью pH = 6,5 ± 0,2.

Понимание параметров культивирования является важным шагом для достижения успешных результатов как в промышленном производстве, так и в научных исследованиях.

Целью работы являлось исследовать и подобрать оптимальные температурные и временные параметры термостатирования МКБ рода *Lactobacillus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus* для накопления биомассы клеток.

На первом этапе эксперимента были исследованы четыре штамма МКБ, составляющих основу мезо-термофильной закваски для получения продуктов сыроделия. Чистые культуры МКБ были получены из различных ферментированных молочных продуктов.

На втором этапе в обезжиренное молоко с дрожжевым экстрактом после стерилизации паром под давлением вносили отобранные культуры в количестве 3 % от общего объема и культивировали при температуре 32±2 °С и 42±2 °С в течение 12, 24 и 36 часов. По завершении термостатирования готовили 7 разведений и из последних двух – делали посев на чашки Петри с питательной средой МКМ-1. Посевы инкубировали крышкой вниз, предотвращая скопление влаги, в течение 24 часов при температуре 38±2 °С. По истечении времени эксперимента вели подсчет выросших колоний на чашках Петри, делали микропрепараты и окрашивали по Граму для определения принадлежности колоний к начальной микрофлоре.

В результате установили, что максимальная концентрация клеток при культивировании с постоянной температурой 32±2 °С наблюдалась после 12 часов инкубации.

Концентрация клеток после 12 часов культивирования составила *Streptococcus thermophilus* ((10±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл), *Lactobacillus lactis* ((8±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл), *Lactobacillus helveticus* ((8±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл), после 24 часов – (9±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (7±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (6±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, после 36 часов – (7±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (5±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (4±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл соответственно.

Концентрация клеток *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus helveticus*, культивировавшейся при температуре 42±2 °С, достигает максимума после 12 часов термостатирования. В последующие часы их концентрация значительно снижается.

Концентрация клеток после 12 часов культивирования составила *Streptococcus thermophilus* ((18±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл), *Lactobacillus lactis* ((16±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл), *Lactobacillus helveticus* ((15±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл), после 24 часов – (14±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (12±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (9±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, после 36 часов – (12±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (10±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, (8±2) · 10<sup>7</sup> КОЕ/мл соответственно.

Было выяснено, что для достижения максимальной плотности клеток *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus* в среде, состоящей из обезжиренного молока и дрожжевого экстракта, идеальными условиями являются следующие характеристики: кислотность среды в пределах  $7,2 \pm 2$  pH, время культивирования – 12 часов, температура –  $42 \pm 2$  °C.

Работа выполнена в рамках грантового конкурса «Студенческий стартап» от Фонда содействия инновациям (ФСИ) по теме: «Получение бактериальных заквасок и ферментных препаратов для молочной промышленности и сыроделия».

## **СЕКЦИЯ 3 НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

## ВЛИЯНИЕ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ НА СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

А.С. Аветисян

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия*

*avetisyan\_geven@mail.ru*

С развитием технологий электронная индустрия совершенствуется, создавая компактные и энергоэффективные устройства. Микро- и нанотехнологии играют ключевую роль в производстве компонентов. Микротехнологии формируют структуры на микрометрах, а нанотехнологии открывают новые возможности для создания высокоплотных устройств, затрагивая сферы, такие как микроэлектромеханические системы и наноэлектроника. Микроскопические устройства, как акселерометры и гироскопы, интегрируются в электронику, а наноразмерные транзисторы повышают производительность микропроцессоров. Наноматериалы с уникальными свойствами используются для разработки наносенсоров, что открывает новые перспективы в медицине и экологии [1].

Наноэлектроника с квантовыми эффектами ведет к инновациям в микро- и нанотехнологиях, уменьшая размеры и увеличивая плотность компоновки устройств, что способствует созданию портативных гаджетов и снижению энергопотребления. Наносенсоры фиксируют изменения окружения, а квантовые технологии развивают мощные квантовые компьютеры [2].

Эти достижения меняют электронику, создавая более производительные устройства, включая процессоры с меньшими транзисторами. Наноматериалы, такие как графен, активно используются в высокоскоростной электронике. В будущем ожидается миниатюризация и интеграция, что приведет к созданию компактных и эффективных устройств с длительным временем автономной работы, изменяя производство и повседневную жизнь.

1. Стрига, Д. А. / Применение нанотехнологий в электронике: достижения и перспективы // Наукосфера. – 2023. – № 5-1. – С. 319-322.
2. Ткачева, Т. М. / Исторический обзор развития отечественной микроэлектроники // История и педагогика естествознания. – 2019. – № 2. – С. 35-40. – DOI 10.24411/2226-2296-2019-10206.



## ВЛИЯНИЕ ГЛИЦИРРИЗИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ДИСПЕРСНОСТЬ ТВЕРДЫХ ЛИПИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Д.Д. Агамова, Е.В. Мищенко, М.Ю. Королёва

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

*agamovajanet@yandex.ru*

На сегодняшний день актуальной задачей является разработка и изучение носителей различных лекарственных соединений (ЛС), среди которых перспективными являются такие коллоидные липидные системы, как твердые липидные наночастицы (ТЛН). Они могут защищать ЛС от химической деградации, обеспечивать адресность его доставки и продолжительное высвобождение [1-3]. Глицирризиновая кислота (ГК) входит в состав корня солодки и представляет интерес для адресной доставки, так как обладает противовоспалительным, противовирусным, противоопухолевым, противоаллергическим действием.

В данной работе было изучено влияния ГК на дисперсность ТЛН, стабилизированных Tween 60 и Span 60. Концентрация липидов в дисперсиях ТЛН составляла 25 об.%. На рис. 1 представлено влияние ГК на средний диаметр ТЛН стеариновой кислоты.

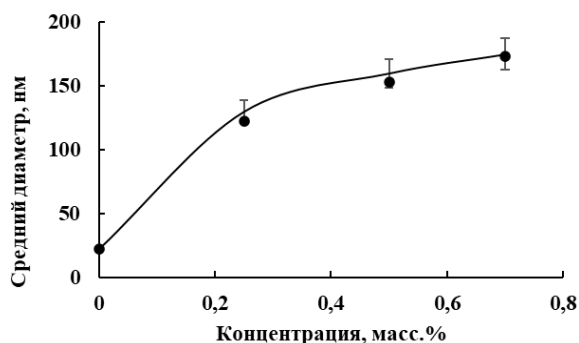


Рисунок 1. Влияние ГК на средний диаметр ТЛН.

Средний диаметр ТЛН из стеариновой кислоты был исследован в предыдущих работах и составлял  $20 \pm 2$  нм [1]. Добавление ГК в концентрации 0,25 и 0,5 мас.% приводило к увеличению размеров частиц до  $120 \pm 20$  нм, 0,7 мас.% - до  $140 \pm 20$  нм. Дальнейшее повышение концентрации ГК препятствовало образованию наноразмерных ТЛН из-за увеличения вязкости системы.

1. Koroleva M., Portnaya I., Mischenko E., Abutbul-Ionita I., Kolik-Shmuel L., Danino D. Solid lipid nanoparticles and nanoemulsions with solid shell: Physical and thermal stability // J. Colloid Interface Sci. 2022. V. 610. pp. 61-69.
2. Koroleva M., Gorbachevski O., Yurtov E. Preparation and characterization of lipid microcapsules coated with  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  core-shell nanoparticles as carriers for lipophilic drug delivery // Materials Chemistry and Physics. 2017. V. 202. pp. 1-6.
3. Koroleva M.Y., Gorbachevski O.S., Yurtov E.V. Paraffin wax emulsions stabilized with polymers, surfactants, and nanoparticles // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2017. V. 51. pp. 125-132.

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТАЛЕЙ АУСТЕНИТНОГО И ФЕРРИТО-МАРТЕНСИТНОГО КЛАССОВ С РАСПЛАВОМ СВИНЦА ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 500 – 700°C**

Е.Д. Акимов, В.Н. Голованов, В.А. Синячкин

*ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск, Россия*

*akimoved@gmail.com*

Целью данной работы является разработка методики и проведение испытаний конструкционных материалов в расплавленном свинце для изучения особенностей физико-химического взаимодействия между испытываемыми конструкционными материалами и расплавленным свинцом, а также оценка влияния этого взаимодействия на физико-механические свойства сталей аустенитного и феррито–мартенситного классов, используемых в качестве материалов активных зон энергетических реакторов на быстрых нейтронах с натриевым и свинцовым теплоносителем [1,2].

1. Решетников Ф.Г., Митенков Ф.М., Троянов М.Ф. Состояние и перспективы разработки радиационно-стойких конструкционных материалов для активных зон быстрых реакторов в СССР. — В сб.: Межд. конф. по радиационному материаловедению. Алушта, 1990, т. 1, с. 15—23.
2. Иолтуховский А.Г., Леонтьева-Смирнова М.В., Соколов Н.Б. и др. Разработка 12%-ных хромистых сталей нового поколения для ядерной энергетики России. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Материаловедение и новые материалы, 2005, вып. 1(64), с. 247—257.

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ УСЛОВИЙ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Э.Р. Бакирова, А.Б. Сунаргулов

*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

*Elina\_bakirova@mail.ru*

Изучение физико-механического поведения биоразлагаемых и биорезорбируемых полимеров, таких как полимолочная кислота (ПМК), которое направлено на отбор материалов со свойствами, обеспечивающими возможность их эффективного применения в качестве медицинских имплантатов в операциях по сращиванию костных отломов, является весьма актуальным. Цель данной работы - установление зависимости физико-механических параметров образцов на основе ПМК от условий их получения. В работе использовали ПМК-1 со степенью кристалличности  $\chi = 7\%$  и ПМК-2 с  $\chi = 60\%$ . ПМК - гидрофильный полимер, поэтому перед получением материалов на его основе необходимо помещать гранулы в сушильный шкаф [1]. Получение пленок путем смешения расплава ПМК проводили на лабораторном пластографе и гидравлическом прессе. Испытания получаемых материалов на разрыв проводили на универсальной испытательной машине. В ходе проведенного исследования установлено, что физико-механические параметры пленочных материалов на основе ПМК зависят от степени кристалличности ПМК и условий получения пленок. Усиление давления в прессе сопровождается уменьшением значений модуля упругости и разрывного напряжения. Разрывное удлинение практически не изменяется. Изменение скорости охлаждения пленок ПМК в прессе является добавочной возможностью регулирования физико-механических свойств образцов, в связи с различной степенью кристалличности ПМК. Чем ниже скорость охлаждения, тем больше степень кристалличности, модуль упругости и разрывное напряжение.

1. Влияние условий предварительной сушки полилактида на его реологические характеристики / Э. Р. Бакирова, А. С. Шуршина, В. В. Чернова [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 7. – С. 102-105. – DOI 10.55421/1998-7072\_2022\_25\_7\_102.

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ КВАДРАТИЧНЫХ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Валиева<sup>a</sup>, Т.А. Вахонина<sup>a</sup>, Г.М. Фазлеева<sup>a</sup>, А.В. Шарипова<sup>a</sup>, Д.Н. Петров<sup>a,b</sup>,  
М.Ю. Балакина<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

kadirovaalfira1993@gmail.com

При разработке полимерных материалов с нелинейно-оптическими (НЛО) свойствами особое внимание уделяется как достижению высоких значений НЛО характеристик,  $d_{33}$ , так и сохранению их долговременной стабильности. Это задача может быть решена путем сшивания полимерных матриц для ограничения подвижности хромофоров после полинга. В связи с этим, нами были синтезированы метакриловые полимерные матрицы **P1** и **P2** (Рис. 1), содержащие в своем составе реакционноспособные эпоксидные и гидроксильные группы, соответственно. Для сшивки сополимеров **P1** использовали янтарную и терефталевую кислоты, а для сополимеров **P2** - 4,4'-дифенилметандиизоцианат; отверждение проводили в пленке при различных температурах и контролировали с использованием ИК спектроскопии. Для определения  $d_{33}$  были изготовлены тонкие полимерные пленки композиционного материала с 25 % весовым содержанием гетероциклического хромофора с добавлением и без добавления соответствующего сшивающего агента. Пленки были поляризованы в поле коронного разряда и методом генерации второй гармоники были определены  $d_{33}$  полученных материалов. Показано, что использованный подход позволяет получить материал с высокой релаксационной стабильностью  $d_{33}$  при повышенных температурах: после нагрева до 55 °С в течение 100 часов сохраняется 90 и 83 % отклика для материала на основе **P2** и **P1**, соответственно.

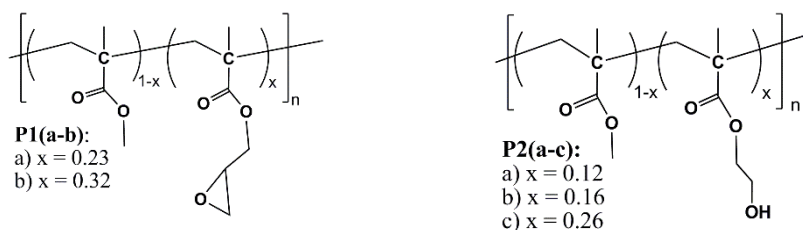


Рисунок 1. Структура реакционноспособных матриц.

## **СИММЕТРИЧНОЕ ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЕ В КОМПЛЕКСЕ С ПЛОЩАДНЫМ ВЕРТИКАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИЕМ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ СВЕРХВЯЗКОЙ НЕФТИ, ЗАЛЕГАЮЩИХ НА ГЛУБИНАХ ДО 300 МЕТРОВ С УЧЁТОМ МОДЕЛЕЙ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ ПОСТРОЕННЫХ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ IPI2WIN**

И.И. Валиев, В.А. Судаков, Н.А. Фахриев, М.И. Новиков, К.В. Родионов

*Казанский (приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*valievilnuri@mail.ru*

Наиболее крупные месторождения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции находятся на поздней стадии освоения, что приводит к высоким затратам и ухудшению структуры запасов нефти, с увеличением доли трудноизвлекаемых ресурсов. Признание сверхвязкой нефти как перспективного сырья требует внедрения инновационных методов геологоразведки и оптимизации расходов для повышения эффективности разработки этих запасов.

Электроразведочные работы методом ВЭЗ-ВП используются для литологического расчленения разреза и определения нефтенасыщенности на различных глубинах. Применение симметричного электрического профилирования с измерением вызванной поляризации позволяет выявить геофизические аномалии и оконтурить залежи природных битумов и высоковязкой нефти.

По полученным данным ВЭЗ-ВП были построены линейные геоэлектрические разрезы по сопротивлению, по которым были выделены пики кажущегося сопротивления, что вероятнее всего свидетельствуют нам о высоком уровне нефтенасыщенности на данных участках (пласт-коллектор), что было подтверждено при корреляции ВЭЗ и ГИС (ИК и БК) по которым был выделен коллектор.

Так же кривые ВЭЗ-ВП были качественно проинтерпретированы в программном обеспечении IPI2WIN, с построением модели геоэлектрического разреза и наложением кривой бокового каротажа (БК), с последующим выделением нефтенасыщенных участков и разбивкой на более точные глубины.

Результаты исследований, проведенных с использованием специализированной аппаратуры, показывают высокие значения электрического сопротивления в определенных участках, что указывает на наличие значительных запасов углеводородов и подтверждает перспективность данных месторождений для дальнейшей разработки. Эти данные могут быть использованы для оптимизации буровых операций и повышения эффективности геологоразведочных работ.

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ

И.И. Газимов, И.С. Ларионов, Л.М. Амирова

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева,  
Казань, Россия*

*Gazimov3@mail.ru*

**Ключевые слова:** физико-механические свойства, литье под давлением, полифениленсульфид, углеволокно.

Полифениленсульфид (ПФС) является одним из ведущих термопластичных полимеров, обладающий высокими термическими и химическими стойкостями, а также отличными механическими свойствами. ПФС находит широкое применение в различных отраслях, включая автомобильную, электронную и авиационную промышленности. Для расширения его применения и повышения эксплуатационных характеристик, особенно механических, ПФС часто усиливают различными наполнителями.

В качестве объектов исследования были выбраны полифениленсульфид линейного строения, рубленое углеволокно и углеродные нанотрубки. Литье происходило на лабораторной инжекционно-литьевой машине Ray-Ran RR/TSMP.

Для определения оптимального состава композита, при котором изделия будут иметь минимальные дефекты и демонстрировать наилучшие физико-механические свойства, был проведен ряд экспериментов. Испытательные образцы в форме «двойная лопатка» и «брусек» были получены методом литья под давлением. В ходе экспериментов исследовались различные составы композита, включая вариации концентрации углеволокна и влияние добавления углеродных нанотрубок. Физико-механические и теплофизические свойства образцов были проанализированы с использованием методов дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), динамического механического анализа (ДМА), тестов на растяжение и определения ударной вязкости по Изоду.

В результате исследования были изучены свойства композитов на основе полифениленсульфида и определены оптимальные концентрации рубленого углеволокна и углеродных нанотрубок для достижения максимальных физико-механических и термических характеристик.

## УГЛЕПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗУЮЩИХ

А.М. Гайфутдинов, К.А. Андрианова, Л.М. Амирова

*КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*amir\_gaifutinov@mail.ru*

Органо-неорганические связующие, которые сочетают органические и неорганические компоненты, отличаются термической стабильностью, низкой горючестью и малым количеством летучих продуктов при термическом разложении. Такое сочетание позволяет компенсировать недостатки каждого компонента. Несмотря на их преимущества, исследования этих систем затрудняются из-за сложности изучения их внутренней структуры и свойств [1, 2].

Целью данной работы являлась разработка технологии получения и исследование свойств углепластика на основе органо-неорганического связующего. В качестве объектов исследования были выбраны углеткань, алюмофосфаты и многокомпонентное эпоксидное связующее.

Изучен процесс сорбции органического компонента в неорганическую матрицу. Контроль сорбции по показателю преломления позволил смоделировать процесс и показать образование градиентной структуры органо-неорганического связующего. Исследован процесс отверждения эпоксидного связующего, выявлена зависимость его скорости и температуры от концентрации компонентов. С помощью программы Thermokinetics рассчитаны кинетические параметры реакции и описан процесс отверждения гибридного связующего в композите.

В результате исследований были оптимизированы состав и технология получения композиционного материала на основе гибридного связующего. Полученные образцы углепластиков показали улучшенные механические свойства, теплостойкость, а также пониженные горючесть и водопоглощение.

1. Vanitha N., Jeyalakshmi R. The Role of Polyethylene Glycol, a Water Entrainer on Characteristics of Silico Alumino Phosphate Geopolymer to Harvest Enhanced Gel Phase and Stability //Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. – 2023. – Т. 33. – №. 9. – С. 2835-2847.
2. Dziuba K. et al. New polymer composites with aluminum phosphates as hybrid flame retardants //Materials. – 2023. – Т. 16. – №. 1. – С. 426.



## ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА МЕТОДОМ ВАКУММНО-ПРЕССОВОГО ФОРМОВАНИЯ

Б.М. Галиев<sup>a</sup>, Р.И. Соловьев<sup>a</sup>, Д.А. Балькаев<sup>b</sup>, Л.М. Амирова<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский национальный исследовательский технический университет –  
КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

*bulat.galiev.003@mail.ru*

Углепластики на основе термопластичных связующих находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря своим уникальным свойствам. Одним из перспективных направлений развития композиционных материалов является использование полифениленсульфида в качестве полимерной матрицы в связи с растущим спросом на композиционные материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками, такими как высокая прочность, жёсткость, термостойкость и химическая стойкость. Однако существуют и некоторые проблемы, связанные с получением композиционных материалов на основе полифениленсульфида (ПФС), одной из которых является сложность процесса изготовления полуфабрикатов для их формования.

Целью работы является оптимизация режима консолидации углепластиков на основе пленочного ПФС с использованием вакуумно-прессовой технологии.. Ранее получены углепластики на основе порошкового ПФС методом электростатического напыления [1], однако получение порошков ПФС менее технологично, чем экструзия пленок. Поэтому необходимо подобрать режимы экструдирования пленочных материалов на основе ПФС с характеристиками, требуемыми для дальнейшего формования на их основе углепластиков. В работе использован ПФС с различными молекулярно-массовыми характеристиками, пленки получали на линии проката, состоящей из одношнекового экструдера и каландровой линии Scientific LCR-300 (Labtech Engineering), углепластики изготавливались на разработанной вакуумно-прессовой установке. Для оптимизации режимов получения пленок и углепластиков на их основе изучались реологические характеристики и теплофизические процессы ПФС с использованием реометра DHR 2 (TA Instruments) и дифференциального сканирующего калориметра DSC 214 Polyma (Netzsch).

Полученные углепластики с высокой степенью объемного наполнения и низкой пористостью имели высокий модуль упругости и прочность, а также ударную вязкость.

1. Патент RU2816084 Углепластик на основе полифениленсульфидного связующего и способ его получения (варианты).

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ БИС(N-САЛИЦИЛИДЕН-4,4'-ДИФЕНИЛАМИН)А

Б.Ш. Ганиев, Г.К. Холикова, У.М. Мардонов

*Бухарский государственный университет, Бухара, Республика Узбекистан*

*b.sh.ganiyev@buxdu.uz*

Лиганды на основе Шиффа являются превосходными хелатными лигандами и используются из-за простоты синтеза и высокого выхода в одностадийной реакции с использованием недорогих коммерческих реагентов, что позволяет нам систематически исследовать влияние модификаций лигандной основы, с помощью которых мы пытаемся контролировать точную топографию или микроархитектуру матриц. Нами синтезированный бис-бидентатный лиганд –  $H_2L$ , по-видимому, способен совершать ограничительное кручение относительно центральной связи C-C между двумя ароматическими кольцами, что дает возможность создавать металлические треугольные комплексы.

Лиганд  $H_2L$  был синтезирован в соответствии с литературными методами [1]. Бензидин (0,55 г, 3,0 ммоль) и салициловый альдегид (0,73 г, 6,0 ммоль) смешивали с метанолом (30 мл) и настаивали с обратным холодильником в течение 1 часа. Затем раствор выпаривали до 5 мл, а желтый продукт (1,1 г, 2,7 ммоль, выход 90%) отфильтровывали и высушивали под вакуумом. Анал./рассчитано для  $C_{26}H_{20}N_2O_2$ : C - 79,57; H - 5,14; N - 7,14. Найдено: C - 79,82; H - 4,88; N - 7,34. Спектры  $^1H$  и  $^{13}C$  ЯМР регистрировали на спектрометре JNM-ECZ600R (JEOL, Япония) при рабочей частоте 600 МГц для  $^1H$  в растворах  $CD_3OD$ . В качестве внутреннего стандарта в спектрах ЯМР  $^1H$  использовали ТМС (0 м.д.). В спектрах ЯМР  $^{13}C$  в качестве внутреннего стандарта использовался химический сдвиг растворителя ( $CD_3OD$ , 49.00 м.д. относительно ТМС).  $^1H$  ЯМР (600 МГц,  $CD_3OD$ ):  $\delta$  11.04 (bs, 2H, OH), 8.00 (d, 2H, имин), 7.60 (m, 4H), 7.28 (m, 8H), 7.07 (d, 2H), 7.02 (t, 2H).

ИК спектры записаны на Фурье-спектрометре Bruker Invenio S-2021) в интервале 4000–400  $cm^{-1}$ . ИК: 3448.5 w, 3051.5 w, 1619.9 vs, 1600.2 m, 1572.7 s, 1498.9 m, 1487.2 s, 1455.9 m, 1411.1 m, 1365.3 m, 1283.4 s, 1190.4 s, 1176.6 m, 1150.7 m, 910.9 m, 847.5 m, 826.8 s, 749.3 s, 527.7 m.

Бис-бидентатный лиганд -  $H_2L$ , который мы синтезировали, обладает высокой координирующей способностью. Благодаря этому свойству нами было синтезировано комплексы переходных ионов металлов, таких как  $VO^{2+}$ ,  $Cr^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , также исследовано их состав и строение с помощью ЭПР спектроскопии.

1. Boulechfar C. et al. Schiff bases and their metal Complexes: A review on the history, synthesis, and applications //Inorganic Chemistry Communications. – 2023. – Т. 150. – С. 110451.

## ВЛИЯНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ФТАЛОНИТРИЛ-БЕНЗОКСАЗИНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

А.Е. Гресь, В.С. Никитин, К.А. Андрианова

*Казанский национальный исследовательский технический университет –  
КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*a.gres2003@mail.ru*

Фталонитрилы и бензоксазины имеют высокие механические свойства и отличную термическую стабильность и используются в таких областях, как аэрокосмическая промышленность, судостроение и электронная промышленность. При получении композиционных материалов использование бензоксазинов может помочь решить проблему низкой технологичности фталонитрильных матриц, а именно высокие температуры и низкие скорости отверждения [1]. Кроме того, модификация фталонитрильных полимеров бензоксазинами способствует улучшению их механических свойств [2]. Для оптимизации процесса отверждения фталонитрил-бензоксазиновых композиций могут использоваться катализаторы.

Целью данной работы являлось исследование влияния катализаторов на процесс отверждения фталонитрил-бензоксазиновых композиций. В качестве объектов исследования были выбраны фталонитрильное связующее марки ФНИ350 (ИТЕКМА, г.Москва), бензоксазиновое соединение (ВА-а) на основе бисфенола А и анилина (БФАА). В качестве катализаторов был выбран ряд органических кислот. Для получения порошковых связующих исследуемые смолы предварительно измельчали и смешивали с катализаторами в необходимой пропорции, сплавляли при повышенной температуре, охлаждали и измельчали до получения однородного порошка.

Процесс отверждения композиций под действием различных катализаторов исследовали на дифференциальном сканирующем калориметре модели 204 F1 Phoenix (Netzsch, Germany). Кинетический анализ проводился на основе данных ДСК с применением ПО Thermokinetics 3 (Netzsch, Germany). Проанализировано влияние типа катализатора на процесс отверждения фталонитрил-бензоксазиновых композиций. На основе проведенных исследований разработаны составы высокотемпературных порошковых связующих для получения толстостенных изделий из композиционных материалов. Показана возможность управления фронтом температуры и конверсии связующего за счет послойного изменения состава связующего с различной реакционной способностью по толщине изделия.

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-23-00133, <https://rscf.ru/project/23-23-00133/>.*

1. Xu M. et al. Phthalonitrile-based resin for advanced composite materials: Curing behavior studies //Polymer Testing. – 2016. – Т. 55. – С. 38-43.
2. Li Z. et al. Preparation and characterization of a self-catalyzed fluorinated novolac-phthalonitrile resin //Polymers for Advanced Technologies. – 2018. – Т. 29. – №. 12. – С. 2936-2942.

## СИНТЕЗ МАХ-ФАЗЫ $Ti_3AlC_2$ МЕТОДОМ ОДНООСНОГО ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ И ДАЛЬНЕЙШЕГО СПЕКАНИЯ В ИНЕРТНОЙ СРЕДЕ АРГОНА

Г.В. Григорьев, В.В. Родаев, О.В. Захарова, П.А. Баранчиков, А.А. Гусев

*Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия*

*bboykick@outlook.com*

Слоистые материалы, такие, как двойные карбиды, нитриды и карбонитриды переходных металлов, привлекают внимание исследователей сочетанием уникальных свойств и особенностью структуры. В частности,  $Ti_3AlC_2$ , обладает слоистым строением кристаллов, которое имеет чередование атомов металла и углерода в плоскостях.

Методом одноосного холодного прессования и последующим спеканием в атмосфере аргона, в течение 30 мин. при температуре 1300 °С, нами были получены таблетированные образцы  $Ti_3AlC_2$ . В качестве исходных материалов использовали порошки Ti (92 масс.%) и Al (88 масс.%) со средним размером фракций 10 мкм, а также углерод размерностью 50 нм и 99 масс.% чистоты, взятые в количестве соответствующему атомному соотношению элементов МАХ-фазы.

Полученные образцы исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) и энергодисперсионного анализа (ЭДС). Установлено, что полученные образцы имеют характерную слоистую структуру карбида титана с толщиной плоскости порядка 20-80 нм (рис. 1). ЭДС анализ показал следующее содержание элементов: Ti = 45 атом.%, Al = 2 атом.%, C = 36 атом.% остальное содержание приходится на примеси (F,S,Ca).

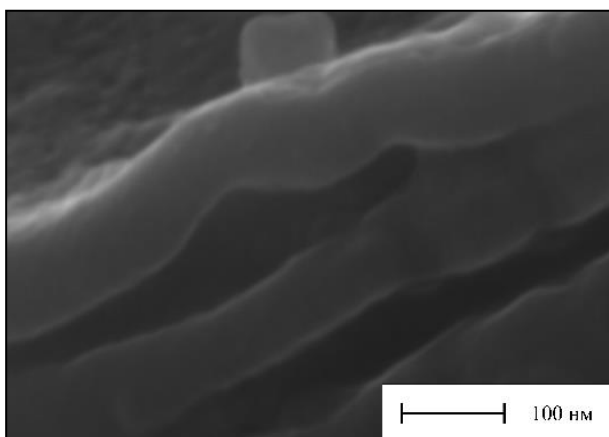


Рисунок 1. РЭМ изображение полученной структуры  $Ti_3AlC_2$ .

Таким образом, нами были получены образцы  $Ti_3AlC_2$  чистотой приблизительно 83%, что говорит о необходимости дальнейшего совершенствования способа синтеза. Предложенный метод может быть перспективен в области простоты и доступности исполнения как одна из альтернатив для получения производных МАХ-фаз – максенов.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1023080200005-3-1.6.19).*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕТАЛЛОВЕДЕНИИ

Е.К. Корнеева, А.В. Дылевский

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

*andrejdylevski@gmail.com*

Традиционные методы материаловедения, основанные преимущественно на методе проб и ошибок, уступают место высокоточным технологиям машинного обучения и анализа больших данных. Использование нейронных сетей позволяет создавать сложные алгоритмы распознавания и прогнозирования.

Нейронные сети способны анализировать глубинные взаимосвязи между химическим составом и структурой металлов. Например, современные алгоритмы могут с высокой точностью рассчитать прочность нового сплава до его физического создания, что значительно сокращает время и финансовые затраты на разработку [1].

Так же искусственный интеллект революционизирует процесс изучения микроструктуры металлов. Он способен обрабатывать миллионы микроструктурных изображений, выявляя закономерности, недоступные человеческому сознанию. Автоматизированная классификация металлических сплавов позволяет моментально распознавать микроструктурные дефекты и количественно оценивать их параметры.

Оптимизация режимов термической обработки металлов с использованием алгоритмов машинного обучения позволяет прогнозировать результаты металлургических процессов и подбирать составы сплавов с заданными характеристиками. Это существенно сокращает время экспериментальных исследований и повышает их эффективность [2].

Алгоритм разработки материала нового состава с заданными наиболее эффективными свойствами или технологии направленного синтеза сложных систем включает в себя, в первую очередь, сбор максимально возможного массива входных данных, которые были получены статистически и экспериментально. Вычислительная методика основана на корреляции между входными данными (химический состав, технологические факторы) и экспериментально определенными свойствами. Моделирование изменения свойств сплавов производится путем применения комплекса искусственных нейронных сетей. Для повышения точности расчетов необходима подготовка данных для уменьшения количества ошибочных данных до 5%, чтобы адекватность модели соответствовала экспериментальному определению свойств. Последним этапом является верификация выбранной модели с использованием известных экспериментальных данных, которые не участвовали в машинном обучении, или получение новых. При получении удовлетворительной сходимости данных, адекватность модели прогнозирования может быть подтверждена [3].

Таким образом, методы машинного обучения на основе имеющихся экспериментальных данных могут использоваться для получения недостающих по всем видам испытаний, а база данных может быть пополнена.

1. Unleashing the Power of Artificial Intelligence in Materials Design [Electronic resource] / Silvia Badini, Stefano Regondi, Raffaele Pugliese. – Basel : MDPI, 2023.
2. Artificial Intelligence Reinventing Materials Engineering: A Bibliometric Review [Electronic resource] / Diego Vergara, Georgios Lampropoulos, Pablo Fernández-Arias, Álvaro Antón-Sancho. – Basel : MDPI, 2024.
3. Chen, C., Nguyen, D. T., Lee, S. J., Baker, N. A., Karakoti, A. S., Lauw, L., Owen, C., Mueller, K. T., Bilodeau, B. A., Murugesan, V., & Troyer, M. Accelerating computational materials discovery with artificial intelligence and cloud high-performance computing: from large-scale screening to experimental validation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://arxiv.org/>. – Date of access: 12.11.2024.

## ОКСИД ГРАФЕНА, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЗОСОДЕРЖАЩИМИ НУКЛЕОФИЛАМИ, КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНЫХ МЕМБРАН

Е.И. Заботина, В.В. Брусько

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*zabotina2003liza@gmail.com*

Мембранные технологии широко используются в процессах разделения газовых и жидких смесей. Для создания мембран применяются графен и его производные, в частности оксид графена (ОГ) [1]. Модифицирование ОГ путем взаимодействия его функциональных групп с различными реагентами позволяет получать материалы с широким кругом полезных свойств. Ранее в нашей научной группе было показано, что мембраны из аминированного ОГ проявляют повышенную селективность при разделении смесей органических растворителей [2].

Целью нашей работы стало определение оптимальных условий для реакции аминирования ОГ по карбоксильной и эпоксидной группам, подбор методов контроля полученных продуктов и установление максимально возможной степени присоединения аминов к ОГ.

Мы показали, что данная реакция одинаково хорошо протекает и в спиртах, и в воде, и в их смесях; основные катализаторы не влияют на присоединение амина к эпоксидному циклу, ключевым фактором является время реакции. Во всех случаях наблюдается «нецелевая» реакция раскрытия эпоксидного цикла с образованием гликоля.

*Работа выполнена при поддержке Приоритет-2030.*

1. O. Kwon, Y. Choi, E. Choi, M. Kim, Y. C. Woo, and D. W. Kim. Nanomaterials, 2021, v. 11, N. 3, p. 1–15.
2. S. Galyaltdinov, G. Safina, A. Kiiamov, A. M. Dimiev. Langmuir. 2024. V. 40. No. 33. p. 17667–17674.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ ПОРОШКАМИ ЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКИ (W, Ti, Ta, Cr) C

Я.Г. Зернов, О.В. Капустина, С.М. Писарев, А.О. Лембиков, А.В. Шурыгин, А.А. Белов

*ДВФУ, Владивосток, Россия*

*zernov.yg@dvfu.ru*

В настоящей работе реализован подход к изготовлению композита на основе железной матрицы для машиностроения на основе микроразменной энтропийной керамики. Проведено детальное изучение влияния массового соотношения керамики на функциональные свойства материала. Методом электроимпульсного плазменного спекания при температуре 1900 °С бинарных карбидов WC, TiC, TaC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> получена высокотвердая эквимоллярная среднеэнтропийная керамика состава (W,Ti,Ta,Cr)C. Далее керамика была добавлена в железную матрицу путем механоактивации обоих порошков с последующим спеканием при температуре 1000 °С. Монофазность образца СЭК и композита подтверждена результатами РФА. Характер распределения элементов W, Ti, Ta и Cr был определен при помощи ЭДС карт, полученных с поверхности образцов композита Fe-n(W,Ti,Ta,Cr)C. Из данных микротвердости по Виккерсу повышение концентрации (W,Ti,Ta,Cr)C в составе композита приводит к существенному увеличению микротвердости образцов вплоть до 400 HV. Для всех полученных образцов коэффициент Пуансона лежит в пределах значений, характерных для низкоуглеродистых сталей (0,278–0,287). Плотность образцов также близка к плотностям низколегированных сталей (7,61–7,92 кг/м<sup>3</sup>).

В результате проделанной работы сделаны следующие выводы:

- получены образцы керамики состава Fe-n(W,Ti,Ta,Cr)C с помощью искрового плазменного спекания;
- установлено, что с увеличением количества добавки керамики в железную матрицу увеличивается твердость по Виккерсу
- в результате исследования физико-механических характеристик можно говорить о применимости полученных композиционных материалов на основе железа в машиностроении.

*Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZNS-2024–0013).*



## МИКРОТВЕРДОСТЬ И МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ Al+TiO<sub>2</sub>, ОБРАБОТАННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ТРЕНИЯ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

А.Р. Исмаилов

*Уфимский Университет Науки и Технологий, Уфа, Россия*

*89053551707a@gmail.com*

В настоящее время популярны in-situ технологии, обеспечивающие лучший контакт между упрочняющими частицами и матрицей, снижая загрязнения. Обещающим методом получения композитов является процесс отп, не требующий плавления материала и улучшает механические свойства за счет измельчения микроструктуры. В исследовании использован алюминиевый сплав 6063 толщиной 3 мм и мелкодисперсный порошок TiO<sub>2</sub>. На фрезерном станке вырезали канавки, которые заполнили порошком TiO<sub>2</sub>, после чего проводили процесс отп с различным количеством проходов. Микротвердость исследовали с помощью микротвердомера при нагрузке 50 гс. Анализ микроструктуры проводился на электронном микроскопе. Фазовых изменений в композите Al+TiO<sub>2</sub> не обнаружено, температура начала плавления соответствует температуре алюминиевого сплава 6063. Исходный материал имеет микротвердость около 80 HV, однако обработка термомеханическим путем снижает микротвердость в зонах термомеханического воздействия из-за значительного нагрева. После 2-х проходов отп формируются участки повышенной микротвердости (до 67 HV). Повышенная микротвердость наблюдается в участках с высокой плотностью частиц TiO<sub>2</sub>. В участках с низкой плотностью частиц твердость снижается до 43 HV. После четырех проходов твердость распределена более равномерно, но ее значение уменьшилось до 38–52 HV. Увеличение количества проходов отп до 20 не приводит к изменению микроструктуры. Средний размер зерен после 10 и 20 проходов составляет 3–5 мкм. Установлено, что в упрочненном состоянии микротвердость составляет около 80 HV, однако при отпуске она снижается в зонах термомеханического воздействия из-за нагрева. Увеличение числа проходов отп приводит к небольшому повышению микротвердости, с максимальными значениями до 67 HV в областях с высокой концентрацией TiO<sub>2</sub> и снижением до 43 HV в участках с низкой концентрацией.

1. Курицын Д.Н., Разработка технологического обеспечения сварки трением с перемешиванием в производстве аэрокосмических конструкций.
2. Huang G. et al. Development of surface composite based on Al-Cu system by friction stir processing: Evaluation of microstructure, formation mechanism and wear behavior // Surface and Coatings Technology. 2018. Vol. 344. P. 30–42.

## ВЛИЯНИЕ НЕИОННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА TRITON X-100 НА КОЛЛОИДНУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ ГИДРОЗОЛЕЙ СЕРЕБРА

В.С. Катаев, М.А. Федотов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Москва, Россия*

*kat.vld22@gmail.com*

Интенсивное развитие науки и технологий способствовало появлению новых подходов, основанных на создании наноразмерных и наноструктурированных материалов. Среди методов физического синтеза наночастиц особенно выделяется лазерная абляция, которая заключается в воздействии высокоэнергетических лазерных импульсов на поверхность различных материалов, позволяя получать наночастицы высокой степени чистоты с возможностью контроля размера [1,2].

Для проведения процесса лазерной абляции в водной среде была использована экспериментальная установка, включающая твердотельный импульсный лазер Nd:YAG с длиной волны 1064 нм в качестве источника излучения. Оптическая система, состоящая из фокусирующей линзы и преломляющей призмы, обеспечивала фокусировку и направление лазерного импульса. Для стабилизации гидрозолей серебра использовались неионогенное поверхностно-активное вещество (ПАВ) Triton X-100 в концентрациях 0,1 – 0,5 мМ.

При исследовании спектров поглощения наночастиц серебра было установлено, что использование ПАВ позволяет замедлить или остановить процесс коагуляции и седиментации частиц. При дальнейшем исследовании с применением метода динамического светорассеяния и оценки электрофоретической подвижности частиц было установлено, что наночастицы имеют равномерное распределение со средним размером частиц 100 нм и величиной дзета-потенциала ( $\zeta$ ) 30 мВ по модулю, что свидетельствует о высокой величине разницы потенциалов между дисперсионной средой и наночастицами серебра, обеспечивая высокостабильное состояние дисперсной фазы.

1. Fernando I, Qian T, Zhou Y. Long term impact of surfactants & polymers on the colloidal stability, aggregation and dissolution of silver nanoparticles. Environ Res. 2019 Dec;179(Pt A):108781. doi: 10.1016/j.envres.2019.108781. Epub 2019 Sep 26. PMID: 31586861.
2. Nikolov A. S. et al. Investigation of Ag nanoparticles produced by nanosecond pulsed laser ablation in water //Applied Physics A. – 2012. – Т. 109. – С. 315-322.

## ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ АРМИРУЮЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

К.В. Кориненко, И.В. Двоеглазов, К.А. Андрианова

*Казанский национальный исследовательский технический университет –  
КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*nstarcev020@gmail.com*

Полимерные композиционные материалы используются сегодня при производстве изделий для авиации, космической техники, автомобильного транспорта, судостроения и в других отраслях промышленности. Актуальным направлением в данной области является повышение прочности и ударостойкости стеклопластиков, армированных непрерывным стекловолокном [1]. Одним из способов регулирования прочности и ударостойкости стеклопластиков является использование армирующих тканей разной толщины.

Целью данной работы являлось исследование влияния толщины ткани на механические свойства стеклопластиков, а именно: прочность и модуль упругости при изгибе, а также ударопрочность. В качестве связующего для получения композиционных материалов использовали эпоксидное связующее Т 20-60 (ИТЕКМА, Россия). В качестве армирующего материала использовали четыре стеклоткани полотняного переплетения, имеющие разную толщину. Выкладка слоев армирующего материала проводилась для всех образцов по квазиизотропной схеме. Пластины стеклопластиков с тканями разной толщины были изготовлены методом вакуумной инфузии. Из полученных пластин вырезались образцы для механических испытаний.

Плотность стеклопластиков определяли методом гидростатического взвешивания. Объемная доля стекловолокна и пористость оценивались по ASTM D 3171-15 путем выжигания матрицы. Испытания на изгиб образцов стеклопластиков проводили с помощью универсальной испытательной машины Instron. Прочность на изгиб и модули изгиба композитов были получены из кривых нагрузки-перемещения.

Для оценки ударостойкости образцы стеклопластиков подвергались удару с тремя разными энергиями. После проведения испытаний на удар оценивалась глубина повреждения образцов. Для оценки остаточной прочности после ударных испытаний образцы испытывались на сжатие. Глубина повреждений пластин оценивалась с помощью микрометра. Исследование остаточной прочности проводилось на универсальной установке для механических испытаний INSTRON 5882 с использованием специальной оснастки на сжатие для обеспечения нагружения композитного образца в режиме чистого сжатия.

Проведено сравнение механических характеристики стеклопластиков и сделан вывод о влиянии толщины армирующего наполнителя на прочность, жесткость и ударостойкость композиционных материалов, армированных стеклотканью.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-23-00133, <https://rscf.ru/project/23-23-00133/>.*

1. Selmy A. I. et al. Flexural fatigue performance of glass fiber/epoxy step-wise functionally and non-functionally graded composites of different structures //International Polymer Processing. – 2017. – Т. 32. – №. 3. – С. 298-307.

## ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЕНИЯ ПОДЛОЖКИ НА СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ

Е.К. Корнеева

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

*kate.patseko@mail.ru*

Одним из мероприятий, направленных на модификацию поверхности, может служить предварительная химико-термическая обработка основы с последующим нанесением износостойких покрытий. Таким образом, предполагается, что повышение показателей механических свойств подложки под покрытие позволит существенно улучшить служебные показатели детали в целом.

Износостойкость в процессе эксплуатации определяется не исключительно свойствами самого покрытия, но всей системы «подложка – покрытие» в целом. Подложка участвует в формировании границы раздела между покрытием и подложкой, т.е. оказывает влияние на фазовый состав переходного слоя, что в значительной степени влияет на интегральные свойства системы [1, 2].

Влияние упрочнения подложки на свойства образцов с вакуумным покрытием носит неаддитивный характер. Для установления зависимостей были проведены исследования стальных образцов после различных видов химико-термической обработки и последующего нанесения вакуумного покрытия TiAlN. В качестве опытных использованы стальные образцы различных составов, что позволило получить выборку значений микротвердости независимо от химического состава и оценить влияние именно этого параметра на интегральное значение микротвердости системы «подложка – покрытие».

На основании полученных полей корреляции и автоматически определенных с помощью программного обеспечения линий тренда выдвинуто предположение о том, что связь между значениями микротвердости в исследуемом варианте носит степенной характер.

Таким образом можно утверждать, что микротвердость системы «подложка – покрытие» тем выше, чем меньше градиент свойств в переходной области между основным металлом и покрытием, что дает возможность дополнительно повысить показатели свойств упрочняемой поверхности.

1. Воронин, Н.А. Вакуумные ионно-плазменные технологии упрочнения деталей машин триботехнического назначения / Н.А. Воронин, А.П. Семенов // Методы и средства упрочнения поверхностей деталей машин концентрированными потоками энергий / под ред. А.П. Гусенкова. – М.: Наука, 1992. – С. 174–402.
2. Комаров, Ф.Ф. Комплексный подход к определению свойств PVD/CVD покрытий / Ф.Ф. Комаров, А.В. Ковальчук, С.В. Константинов // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка : сб. докл. междунар. симп., Минск, 8-10 апреля 2015 г.: в 2 ч. / Нац. акад. Наук Беларуси [и др.] ; редкол. А.Ф. Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука. – Ч. 2. – С. 77–84.

## РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОСТНЫХ И ЗУБНЫХ ТКАНЕВЫХ ЭКВИВАЛЕНТОВ

И.С. Рудик, А.В. Миронов, В.С. Кузнецова, А.В. Васильев

*ФГБУ НМИЦ «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава России, Москва, Россия*

*rudik\_is@cniis.ru*

Для оценки свойств материалов и конструкций в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии требуется использование модельных систем, которые по своим физико-химическим свойствам представляют собой эквиваленты тканей кости и зубов. **Целью** настоящей работы была разработка и изучение свойств фотополимеризуемых композиций (ФПК) на основе олигокарбонатметакрилата (ОКМ-2) и гидроксиапатита с использованием дифенил (2,4,6-триметилбензоат) фосфиноксида (ТРО). Для изготовления фотополимеризуемых композиций использовали ОКМ-2 (НИИ Полимеров, Россия), ТРО (Sigma-Aldrich, США) 0,5 % масс, а также гидроксиапатит (Riedel-de Haën, Германия) 1 и 10 % масс. **Результаты.** Полное отверждение ФПК толщиной 10 мм происходило при фотополимеризации композиций в течение 20-40 секунд. После отверждения в течение семи суток наблюдали упрочнение материала – значение показателя прочности при сжатии образцов, содержащих 1 % масс гидроксиапатита, увеличивалось от 44,2 МПа до 86,8 МПа, а 10 % масс – от 44,6 до 92,1 МПа. Значение твердости по Виккерсу для композиций с 1 % масс было на 22% ниже по сравнению с ФПК, содержащими 10 % масс гидроксиапатита. Значения модуля упругости образцов составило 0,9 ГПа и 1,2 ГПа, соответственно. **Вывод.** Разработанная ФПК на основе ОКМ-2 и ТРО, содержащая 10 % масс гидроксиапатита, характеризовалась более высокими физико-механическими свойствами, сравнимыми с костной тканью и стоматологическими цементами [1]. Это позволяет рассматривать её в качестве основы для создания костных и зубных тканевых эквивалентов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства Здравоохранения Российской Федерации (тема № 1023021300027-9-3.2.14 Фотоотверждаемый биополимерный материал для регенерации пародонта и периимплантных тканей (WLGC-2024-0001).*

1. Gerhardt, L.-C.; Boccaccini, A.R. Bioactive Glass and Glass-Ceramic Scaffolds for Bone Tissue Engineering. Materials 2010, 3, 3867-3910. <https://doi.org/10.3390/ma3073867>

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЕРТИЗЫ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЯХ И СПЛАВАХ

П.С. Мышкевич

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

*p.myshkevich@mail.ru*

На протяжении всей своей истории человечество борется с коррозией сталей и сплавов, экономические потери в современном мире от нее колоссальны. Многолетний опыт анализа различных антикоррозионных покрытий свидетельствует, что качество покрытия зависит не только от типа самого покрытия, механизма его коррозии, но и в значительной степени от технологических параметров процесса, культуры производства и квалификации рабочего персонала. В этой связи важным является объективная оценка качества антикоррозионных покрытий, их защитных и эксплуатационных свойств. Анализ антикоррозионных свойств покрытий проводят по стандартным методикам - ГОСТ Р 9.905-2007 и ISO 9227:2012.

Такая оценка коррозионной стойкости защитных покрытий учитывает следующие факторы:

- агрессивность среды: оценивается уровень кислотности, щёлочности, солёности и других химических веществ, которые могут вызвать коррозию;
- температура: определяет скорость протекания коррозионных процессов;
- структура и состав материала: определяет его восприимчивость к коррозии;
- условия эксплуатации: учитываются механические нагрузки, вибрации, трение и другие факторы, которые могут ускорить коррозию.

Для экспертизы надёжности и долговечности коррозионностойких защитных покрытий наиболее часто прибегают к ускоренным испытаниям в камере соляного тумана. На рынке антикоррозионных услуг, в том числе Республики Беларусь, есть предложения по проведению ускоренных коррозионных испытаний в климатической камере, камере соляного тумана. Они помогают провести моделирование коррозионной стойкости конкретных изделий и отдельных узлов механизмов с покрытиями в течение длительных периодов их реального использования в условиях воздействия агрессивной внешней среды, и содействуют осознанному выбору лучших вариантов покрытий, методов нанесения, оптимальных толщин, технологий и самих материалов. Именно сравнительные испытания позволяют не только оценить за короткий промежуток времени качество новых перспективных покрытий в сопоставлении с уже существующими, но и выбрать способы улучшения защитных свойств последних при использовании технологии флюсования, пассивации, фосфатирования и др.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТА СЕРЕБРО-ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Д.В. Панов <sup>a,b</sup>, И.С. Волчков <sup>b</sup>, В.С. Соцкова <sup>a</sup>, Ю.А. Филиппова <sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский Педагогический Государственный Университет», Москва, Россия*

<sup>b</sup> *Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники НИЦ «Курчатowski институт», Москва, Россия*

dggamer@mail.ru

В настоящее время активно развивается гибкая электроника, не ослабевает спрос на сенсоры и различные активные элементы [1]. Благодаря развитию данного направления появляется возможность для создания композитов на основе одномерных наноструктур с особыми уникальными свойствами. К таким структурам относятся нанопроволоки (НП), в том числе их массивы (Рис. 1.).

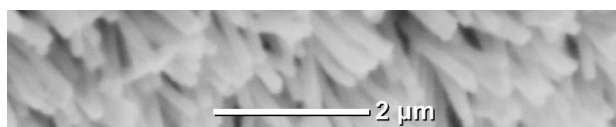


Рисунок 1. РЭМ-изображения массива НП Ag.

В данной работе использованы трековые мембраны из ПЭТФ, электрохимически заполненные серебром. Первоначальный контроль состава образцов проводился с использованием EDX. Выявлено, что Ag преобладает в составе НП (около 90%). Обнаружено наличие Cl (около 2%), что может быть объяснено загрязнением образца, 8% Si, которая является подложкой. РФА показал наличие фаз Ag и Si. Фазы примесей незначительны и на фоне не видны. Полученный композит можно использовать в медицинских приборах для обогрева, в качестве теплозащитного покрытия из-за наличия трехмерной сетки серебряных НП, встроенной в полимер и перспективны для использования в гибких элементах электроники, в качестве сенсоров и др.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Мин.обр. РФ «Физика наноструктурированных материалов и высокочувствительная сенсорика: синтез, фундаментальные исследования и приложения в фотонике, науках о жизни, квантовой и нанотехнологии» (тема № 124031100005-5).*

1. J. Kwon, Y. D. Suh, J. Lee, et.al. J. of Mat. Chem. 6 (28), 7445-7461(2018).



## К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОДИФФУЗИОННЫХ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ

И.В. Плетенёв, В.Г. Дашкевич

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

*Vladimir\_dvl@tut.by*

Важным этапом исследования изделий с термодиффузионными слоями являлся анализ процесса разрушения поверхностного слоя детали. При деформации изгибом, разрушение пластинчатого элемента с диффузионным слоем может проходить с распространяющейся трещиной, которая уходит через диффузионный слой вглубь изделия, или с растрескиванием, скалыванием диффузионного слоя, когда трещина локализуется только в слое и не уходит в основной металл. Это будет зависеть от упругопластических свойств основного металла, самого слоя, его толщины и морфологии.

В настоящей работе анализировалась деформация пластинчатого элемента (ламели) с термодиффузионным алитированным слоем на медной подложке (медь марки М1) при разрушении. Структура такого слоя представляет собой слоистую систему, состоящую из комплекса алюминидных фаз.

Известно, что если пластина находится в ненапряжённом состоянии и является тонкой, то ее жесткость ( $D$ ) определяется по уравнению:

$$D = \frac{EH^3}{12(1-\mu^2)}$$

где  $E$  – модуль Юнга;

$H$  – толщина пластины;

$\mu$  – коэффициент Пуассона.

Указанное уравнение справедливо для однородных материалов. В отношении оценки механики поведения многослойных систем при нагрузке – это менее известная задача, которая имеет ряд частных решений. Например, используется вариант с приведенным значением модуля Юнга и средним значением коэффициента Пуассона. Такой подход, с нашей точки зрения, вполне может подойти для реализации прогнозирования деформационных процессов пластин с диффузионным слоем. Однако, в рассматриваемом случае будет ряд допущений, которые, например, не будут учитывать напряженное состояние или получаемую дефектность слоя, наличие во многих случаях развитой переходной зоны между слоем и основой и т.д.

Еще один фактор, влияющий на процесс разрушения – это однородность слоя. В нашем случае мы имеем сплошной диффузионный слой с достаточно однородной структурой. При термодиффузионной обработке в любом случае образуется градиент концентрации насыщающего элемента, но его величина может быть разная. Могут формироваться микронеоднородности в структуре слоя, которые превращают диффузионный слой, в слой композиционного строения. Объёмная доля микронеоднородностей, формирующихся при диффузионных процессах, например, при расслоении ранее образовавшейся фазы, коагуляций и др., будут снижать адекватность рассматриваемой модели.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО УЗЛА В ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

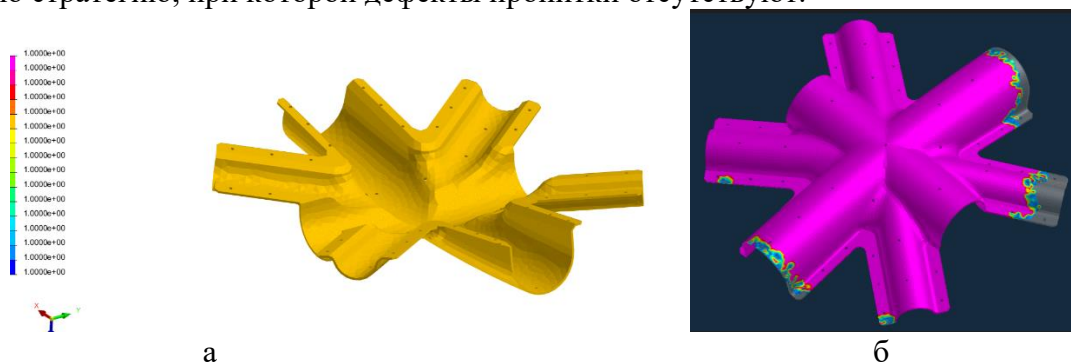
Е.Ю.Покудина, А.В.Наумов

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань, Россия*

*katerina232002@yandex.ru*

Исследование посвящено разработке конструкции и технологии изготовления соединительного узла ферменной конструкции из композитных материалов. В программе Siemens NX был спроектирован 8-ми лучевой фитинг, состоящий из двух одинаковых половинок, которые будут соединены между собой клей-механическим соединением, которое зарекомендовало себя при применении в аналогичных конструкциях [1].

Для получения данных по пропитке и отверждению узла соединения была использована программа PAM RTM, в которой были смоделированы два варианта организации процесса пропитки фитинга - подача связующего от центра детали и вывод с краев, а также подача связующего от края детали и вывод из центра. В результате моделирования выявили наиболее оптимальную стратегию, при которой дефекты пропитки отсутствуют.



а  
Рисунок 1. Результаты моделирования процесса пропитки  
а) центростремительная пропитка, б) центробежная пропитка.

Анализ результатов моделирования показал, что время пропитки фитинга по обеим стратегиям примерно одинаково – 23 ÷ 25 минут, но при использовании центростремительной стратегии деталь пропитывается полностью, а при использовании центробежной стратегии были выявлены дефекты – непропитанные участки (рис. 1).

1. Хиллов Павел Александрович Проектирование трансферных технологий производства авиационных конструкций из полимерных композитов с нерегулярным армированием: дис. канд. Материаловед. наук: 22.03.01. - Казань, 2022. - 129 с

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПЛАТИНОВЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА УГЛЕРОДНЫХ НОСИТЕЛЯХ

А.В. Прыткова, А.М. Димиев

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Химический институт  
им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия*

*AnVSvalova@kpfu.ru*

Преимущественно источником платины при изготовлении катализатора на углеродном носителе является  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  и её соли [1]. В литературе нет примеров работ, исследующих электрокатализаторы, синтезированных с использованием прекурсора другой природы -  $\text{Pt}(\text{NO}_3)_4$ .

Целями работы стали синтез платиновых катализаторов с использованием  $\text{Pt}(\text{NO}_3)_4$  на носителях из отожжённого оксида графена ( $\text{Pt}/\text{отОГ}$ ), композитов отожжённого оксида графена и технического углерода ( $\text{Pt}/\text{отОГ-ТУ}$ ) и (или) многостенных углеродных нанотрубок ( $\text{Pt}/\text{отОГ-МУНТ}$  или  $\text{Pt}/\text{отОГ-ТУ-МУНТ}$ ), исследование структурных и морфологических особенностей катализаторов и их тестирование в электрохимической реакции восстановления кислорода (РВК).

Содержание платины в катализаторах согласно результатам ТГА увеличивалось в ряду  $\text{Pt}/\text{отОГ-ТУ-МУНТ} < \text{Pt}/\text{отОГ-ТУ} < \text{Pt}/\text{отОГ-МУНТ} < \text{Pt}/\text{отОГ}$  в пределах от 7 до 19%. СЭМ изображения композитных носителей показывают, что частицы ТУ могут находиться, как на поверхности флейков отОГ, так и в межслоевом пространстве. МУНТ образуют на поверхности флейков отОГ сеть. Средний размер платиновых наночастиц составил 1.4 нм. На HAADF-STEM изображениях помимо наночастиц были обнаружены индивидуальные атомы/кластеры платины.

Тестирование катализаторов было проведено в РВК в 0.1М КОН. Результаты тестирования показали, что каталитическая активность увеличивается в ряду  $\text{Pt}/\text{отОГ-ТУ-МУНТ} < \text{Pt}/\text{отОГ-ТУ} < \text{Pt}/\text{отОГ} < \text{Pt}/\text{отОГ-МУНТ}$ .

*Исследование выполнено за счет средств выделенных КФУ на реализацию проекта «Материалы для устойчивой энергетики и жизнедеятельности».*

1. Li, Y. Stabilization of High-Performance Oxygen Reduction Reaction Pt Electrocatalyst Supported on Reduced Graphene Oxide/Carbon Black Composite/Y. Li et. al. // Journal of The American Chemical Society. – 2012. – V.134. – № 30. – P. 123266–12329

## ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТА AL-MG, ПОЛУЧЕННОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Ю.А. Пухачева

*Физико-технический институт УУНУТ, Уфа, Россия*

*coldday87@gmail.com*

В настоящее время актуальные направления исследований связаны с разработкой новых материалов, обладающих улучшенными механическими характеристиками. Одним из таких направлений являются композиты на основе алюминия (Al), в частности Al-Mg, Al-Ti, Al-Cu и Al-Nb. Подобные композиты можно получить при кручении под квазигидростатическим давлением [1, 2]. В данной работе исследован композит алюминий (Al) - магний (Mg), обладающий большим потенциалом будущего применения. Исследование перемешивания атомов в границе между слоями Al и Mg проводится методом молекулярной динамики (МД). В качестве деформационной обработки выбран следующий способ деформации: одноосное сжатие, перпендикулярное границе перемешивания атомов, в комбинации с деформацией сдвига в плоскости границы [3]. Также проведено исследование механических свойств посредством одноосного растяжения. В работе проводится моделирование в программе LAMMPS с использованием специально разработанного для подобных структур потенциалом EAM [5], который хорошо согласуется с экспериментальными данными.

В качестве начальной структуры выбран образец размерами  $L_x = L_y = L_z \approx 100 \text{ \AA}$ , содержащий 54 170 атомов с параметрами решетки  $a_{Mg} = 3,203 \text{ \AA}$ ,  $c_{Mg} = 5,2 \text{ \AA}$ ,  $a_{Al} = 4,05 \text{ \AA}$ . Периодические граничные условия применяются во всех направлениях. Постоянство температуры (300 K) в системе обеспечивает термостат Носе-Хувера.

Результаты моделирования показывают, что выбранная деформационная обработка является эффективным способом получения композитной структуры, поскольку уже при малых степенях деформации (до  $\varepsilon_{zz} = 0,4$ ) наблюдается активное перемешивание атомов, что видно на рисунке 2. Стоит отметить, что данной степени деформации недостаточно для получения прочной композитной структуры, поскольку испытания на растяжение показывают, что образование поры наблюдается на границе перемешивания атомов Al и Mg.

Результаты проведенных испытаний показывают, что процесс комбинированного сжатия до степеней деформации  $\varepsilon_{zz} = 0,4$  и  $\varepsilon_{zz} = 0,16$  не только способствует перемешиванию атомов на границе смешивания металлов Al и Mg, но и приводит к образованию пор в магниевой части образца. Это говорит о том, что при данных условиях обработки возникает структура, в которой граница перемешивания атомов прочнее, чем части чистого металла. Явление обусловлено изменением кристаллической решетки в зоне перемешивания атомов, что в свою очередь приводит к повышению прочности исследуемых образцов.

1. Danilenko V.N., Sergeev S.N., Baimova J.A., Korznikova G.F., Nazarov K.S., Khisamov R.K., Glezer A.M., Mulyukov R.R. // Materials Letters, 2019, v. 236, pp. 51–55.
2. Danilenko V.N., Khisamov R.Kh., Nazarov K.S., Sergeyev S.N., Khalikova G.R., Kabirov R.R. // AIP Conference Proceedings, 2018, v. 2053, pp. 030-028.
3. Polyakova P.V., Pukhacheva J.A., Shcherbinin S.A., Baimova J.A., Mulyukov R.R., Fabrication of Magnesium-Aluminum Composites under High-Pressure Torsion: Atomistic Simulation // Applied Science, 2021, V.11, pp. 6801.
5. Apostol, F., Mishin, Y. // Physical Review, 2011, V. 83, pp. 054116.

## ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ ГРИНА В ИССЛЕДОВАНИИ МАГНИТНЫХ И СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

А.И. Самигуллина, И.Ф. Шарафуллин

*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

*angelasamig2002@gmail.com*

В последние десятилетия исследование магнитных и сегнетоэлектрических пленок привлекло значительное внимание в области материаловедения и физики твердого тела. Эти системы представляют собой сложные многослойные структуры, в которых магнитные и электрические свойства могут взаимно влиять друг на друга, открывая новые перспективы для создания функциональных материалов с уникальными свойствами [1]. Двухвременные функции Грина, как мощный инструмент в квантовой теории поля предоставляют эффективный способ анализа данных сложных систем. Они позволяют не только изучать поведение магнитных пленок при различных условиях, но и исследовать механизмы взаимодействия между этими двумя типами материалов.

Цель данной работы заключается в применении двухвременных функций Грина для описания магнитных и сегнетоэлектрических пленок. В ходе исследования были найдены аналитические решения уравнений движения для двухвременных функций Грина с использованием расщепления Боголюбова–Тябликова. Получены аналитические соотношения для энергетического спектра и намагниченности в магнитных и сегнетоэлектрических пленках с анизотропией типа «легкая ось» и симметрией простой кубической решетки.

Были изучены зависимости энергетического спектра от волнового вектора и намагниченности от внешнего магнитного поля. Проведено сравнение между системой, состоящей исключительно из магнитных тонких пленок, и системой, в которую входят как магнитные, так и сегнетоэлектрические пленки.

*Работа выполнена в рамках государственного задания соглашение № 075-03-2024-123/1 от 15.02.2024 тема № 324-21.*

1. A.S. Samardak, A.G. Kolesnikov, A.V. Davydenko et al., Topologically Nontrivial Spin Textures in Thin Magnetic Films, *Phys. Metals Metallogr.*, 123, 238 (2022).
2. I.F. Sharafullin, H. T. Diep, Skyrmion Crystals and Phase Transitions in Magneto-Ferroelectric Superlattices: Dzyaloshinskii-Moriya Interaction in a Frustrated J1 – J2 Model, *Symmetry*, 12, 26 (2020).

## СЭНДВИЧ-СТРУКТУРА С ПЕННЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ С ЭПОКСИ-БЕНЗОКСАЗИНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ

Н.Д. Старцев, Аэрайгули Куомалибиекэ, К.А. Андрианова

*Казанский национальный исследовательский технический университет –  
КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*nstarcev020@gmail.com*

Сэндвич-структуры – это вид композиционных материалов, имеющих трехслойную структуру и состоящую из тонких пластин обшивки и легкого заполнителя. Разработка новых материалов для сэндвич-структур, обладающих высокой прочностью и легкостью, является важной задачей в современных технологиях, а именно в авиастроении. Для получения высоких эксплуатационных свойств сэндвич-структуры связующее композитной обшивки (углепластика) и вспенивающийся материал должны иметь хорошую адгезию и высокие механические свойства. Ранее были разработаны препреговые связующие на основе фосфорорганических эпокси-бензоксазиновых композиций для получения трудногорючих углепластиков [1]. Для получения связующего использовали бензоксазиновый мономер (ВА-а) на основе бисфенола А и анилина, эпоксидиановые и фосфорсодержащие эпоксидные смолы. В качестве наполнителя для производства углепластиковой обшивки использовали углеткани УТР1000-3-200С2 (ООО «Ниагара») саржевого переплетения. Проведена оптимизация состава композиции с учетом ряда технологических характеристик, теплостойкости и механических свойств получаемых углепластиков. Показано, что получаемые композиционные материалы обладают высокой теплостойкостью, модулем упругости и прочностью, а также низкой горючестью.

Целью данной работы являлась разработка состава и технологии получения сэндвич-структур с пенным заполнителем на основе углепластиков. В результате исследований оптимизирован режим вспенивания эпокси-бензоксазиновых связующих. Оптимизированы режимы формования (температура) углепластиковой обшивки, чтобы процесс вспенивания заполнителя и формования углепластика происходили за один технологический цикл, сокращая время изготовления сэндвич-структуры.

1. Amirova L. M. et al. Carbon Plastics Based on the Fire-Resistant Prepreg Epoxy-Benzoxazine Binders //Russian Aeronautics. – 2024. – Т. 67. – №. 2. – С. 410-417.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

М.А. Судников, П.С. Мышкевич

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

*mitrofan15@mail.ru*

Предыдущими исследованиями на кафедре «Материаловедение в машиностроении» БНТУ получен ряд разрозненных данных по возможностям процесса ионно-плазменного азотирования (ИПА) алюминия и его сплавов [1, 2]. Общий вывод – протекание процесса возможно, но необходима предварительная обработка и высокие энергии активации.

Исследовано структурно-фазовое состояние и дюрометрические свойства композиционных газотермических покрытий в системе Fe-Al (исходные материалы для напыления 08Г2С+АК12), подвергнутых ИПА. Композиционное покрытие состоит из  $\alpha$ -Fe, Al, Fe<sub>4</sub>N и AlN, а также интерметаллидных соединений типа Al<sub>13</sub>Fe<sub>4</sub>, Al<sub>5</sub>Fe<sub>2</sub>. Микротвердость композиционных покрытий после ИПА достигает значений 11000 МПа. Таким образом, нитрид алюминия, наряду с нитридами железа и хрома, образуется поэтапно в процессе напыления газотермических покрытий и последующей обработки. Первый этап получения основы будущего покрытия – напыление. На следующем этапе происходит образование нитрида алюминия в композиционных газотермических покрытиях, что обуславливает повышение микротвердости до указанных выше значений.

Отмечено, что для получения развитой нитридной фазы, кроме присутствия алюминия отдельными включениями необходима высокая концентрация алюминия в пересыщенном твердом растворе. По результатам исследовательских работ эффективным представляется, что общая концентрация алюминия в обрабатываемом слое должна быть не ниже 20% масс.

*Работа выполнена в рамках проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № T23УЗБ-162 от 20.11.2023 г.*

1. Исследование предварительного модифицирования поверхности на структурообразование и свойства азотированных сплавов железа и алюминия [Электронный ресурс] : отчет о НИР (заключительный) : № ГР 20220600 / Белорусский национальный технический университет ; рук. М. В. Ситкевич ; исполн.: П. С. Мышкевич [и др.]. – Минск : [б. и.], 2022.
2. Гладинов, А. Д. Повышение механических свойств алюминия и его сплавов методами термической и химико-термической обработки / А. Д. Гладинов ; науч. рук. Е. К. Пацеко // Литьё и металлургия 2021 [Электронный ресурс] : сборник научных работ IV Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов, 18–19 ноября 2021 года / сост.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 167-168.



## ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПРОЗРАЧНЫХ ПЛЕНОК КАССИТЕРИТА

Г.В. Толстяк<sup>a</sup>, Е.М. Баян<sup>a</sup>, В.В. Петров<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Химический факультет, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>b</sup> Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения,  
Южный федеральный университет, Таганрог, Россия

*tolstiak@sfedu.ru*

Особую ценность в современном мире науки и техники представляют прозрачные электропроводящие металлооксидные пленки, так как они обеспечивают возможность получения миниатюрных изделий. Так, нанокристаллические пленки SnO<sub>2</sub> используют в газовых сенсорах, солнечных элементах, изделиях прозрачной электроники. Для их синтеза применяют различные физические и химические методы, в том числе магнетронное напыление, газофазное осаждение, золь-гель технологию и пр. Многие из них имеют свои ограничения, такие как сложное и дорогостоящее оборудование, требования к квалификации персонала и пр.

В данной работе тонкие прозрачные пленки диоксида олова получены на подложке из поликора с использованием окислительного пиролиза органической соли олова (IV) [1] при однократном нанесении слоя раствора соли и изучены методами рентгенофазового анализа, атомной силовой микроскопии и другими.

Установлено, что диоксид олова имеет фазу касситерита. Полученные пленки сплошные, однородные, имеют толщину 30 нм, малый разброс по высотам и хорошую адгезию к материалу подложки. Пленки сформированы нанокристаллитами со средним размером зерна 15 нм. Измерения электрофизических и газочувствительных свойств пленок показали возможность их использования в качестве сенсоров газов.

Таким образом, метод позволяет успешно формировать тонкие прозрачные пленки диоксида олова, пригодные для использования в газовых датчиках.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проект № 24-29-00203, <https://rscf.ru/project/24-29-00203/> в Южном федеральном университете.*

1. Volkova M.G., Storozhenko V.Y., Gulyaeva I.A., Starnikova A.P., Petrov V.V., Bayan E.M. TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> films: Synthesis by low-temperature pyrolysis and electrophysical properties // Materials Today: Proceedings, 2022. V. 52, P. 187-190.

## ПЕНОПЛАСТОВЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ СЭНДВИЧ-КОНСТРУКЦИЙ

Д.М. Усманов, Аэрайгули Куомалибиекэ, К.А. Андрианова

*Казанский национальный исследовательский технический университет –  
КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*usmanov.damir.03@mail.com*

Разработка новых материалов для сэндвич-конструкций, обладающих высокой прочностью и легкостью, является важной задачей в современных технологиях. Высокоэффективным материалом для применения в сэндвич-конструкциях являются пены, полученные на основе эпоксидных олигомеров. Пенопласты на основе эпоксидных смол обладают рядом преимуществ, таких как высокая жесткость и прочность, хорошая адгезия к обшивке из пластика на основе эпоксидных смол, которые часто используются при создании сэндвич изделий с пенозаполнителями [1, 2].

Целью данной работы является разработка состава и способа получения эпоксидных пенопластов и сэндвич панелей на их основе. Для получения пенопластов были использованы твердые и жидкие эпоксидные смолы на основе бисфенола А, аминные отвердители и терморасширяемые микросферы разных марок. В качестве облицовки сэндвич панелей использовали листы углекомполитов на основе эпоксидных связующих.

Для производства пенопластового заполнителя на первом этапе твердую эпоксидную смолу измельчали до порошкообразного состояния и смешивали с терморасширяемыми микросферами. На втором этапе полученную смесь пропитывали жидкой эпоксидной смолой, смешанной с отвердителем в стехиометрическом количестве, получая липкую пастообразную композицию. Для получения сэндвич панели полученную пасту помещали между слоями препрега в форме и проводили температурную обработку при повышенной температуре. Соотношение компонентов подбирали исходя из требований по прочностным характеристикам и теплостойкости. Использование в качестве основы пенопласта твердой эпоксидной смолы предварительно измельченной, перемешенной с терморасширяемыми микросферами и пропитанной жидкой эпоксидной смолой с отвердителем обеспечивает необходимое распределение компонентов в пенопласте и отсутствие расслаивания. В результате проведенных испытаний было показано, что полученный эпоксидный пенопластовый заполнитель обладает низкой плотностью, высокими прочностными свойствами и теплостойкостью.

1. Tang H. et al. Rational design of high-performance epoxy/expandable microsphere foam with outstanding mechanical, thermal, and dielectric properties //Journal of Applied Polymer Science. – 2024. – Т. 141. – №. 24. – С. e55502.
2. Старшова Я. В., Панфилов Д. А. Модификация эпоксидно-новолачных композиций с помощью стеклянных микросфер и изучение свойств материалов на их основе //Пластические массы. – 2024. – №. 3. – С. 15-18.

## СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПЛАТИНЫ И КОБАЛЬТА НА КОМПОЗИТНОМ УГЛЕРОДНОМ НОСИТЕЛЕ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНОЙ

А.Р. Хайруллин, А.В. Прыткова, А.М. Димиев

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*adel.mosha@yandex.ru*

Такие экологичные источники электроэнергии, как - топливные элементы с протонообменной мембраной, занимают небольшую долю в мировом топливно-энергетическом секторе из-за высокой стоимости платины, входящей в состав их катализаторов. Для решения этой проблемы изготавливают биметаллические катализаторы путём легирования платины менее дорогостоящим переходным металлом [1]. Носителем для биметаллического катализатора обычно служит углеродный материал, обладающий высокими значениями удельной поверхности и способствующий эффективному переносу электронов.

Целью работы стало изготовление биметаллических катализаторов с разным соотношением кобальта и платины на композитном носителе из многостенных углеродных нанотрубок и восстановленном оксиде графена; исследование структурных особенностей катализаторов, а также их тестирование в электрохимической реакции восстановления кислорода (РВК) в щелочной среде.

По данным электрохимического анализа, у образцов с соотношением платины к кобальту 3:1 и 1:1 и загрузкой  $0,1 \text{ мг/см}^2$  реализуется 3,3 электронная реакция против двухэлектронной реакции у коммерческого катализатора «Прометей» с такой же загрузкой; электрохимически активная площадь поверхности составила  $32 \text{ м}^2/\text{г}$  и  $29,2 \text{ м}^2/\text{г}$  соответственно (против  $26 \text{ м}^2/\text{г}$ ); потенциал начала реакции так же выше, чем у сравниваемого катализатора:  $0,951\text{В}$  и  $0,925\text{В}$  против  $0,910\text{В}$ .

*Исследование выполнено за счет средств, выделенных КФУ на реализацию проекта «Материалы для устойчивой энергетики и жизнедеятельности».*

## РАЗРАБОТКА СОСТАВА СВЯЗУЮЩЕГО С ПОВЫШЕННЫМИ ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Ю.А. Ханина, Д.Р. Сафиуллин, О.Л. Хамидуллин

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань, Россия*

*khaninayulia2018@gmail.com*

Авиастроение, как одна из наиболее сложных инженерных отраслей, предъявляет строгие требования к материалам, используемым в конструкции летательных аппаратов. В условиях растущей конкуренции и необходимости повышения эффективности летательных аппаратов, инженеры и исследователи сталкиваются с задачей разработки новых материалов, обладающих улучшенными деформационными свойствами и высокой прочностью. Актуальность разработки связующего с высокими предельными удлинениями вызвана требованиями сохранения целостности матрицы композита при высоких уровнях деформаций. Применение матриц с высоким уровнем предельных деформаций и ударной стойкости способствует значительному увеличению надежности, долговечности изделий, а также гибкости в проектировании.

Целью работы являлось разработка состава связующего с улучшенными деформационными характеристиками. Ударные характеристики и предельные деформации повышались путем вшивания в молекулярную структуру эпоксидного полимера нитрилбутадиенового каучука с карбоксильными функциональными группами. Карбоксильная группа на конце может реагировать с эпоксидной смолой и оказывает хорошее упрочняющее действие на эпоксидную смолу.

В ходе работы был проведен синтез эпоксидной смолы с применением нитрилбутадиенового каучука. Далее полученная смола использовалась для получения связующего. Разработан состав полимерного связующего с высокими деформационными свойствами. Изучена температура стеклования получившегося связующего. Зафиксирован пластический характер разрушения связующего при испытаниях на сжатие и растяжение.

## ПЕНОПЛАСТЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СВЯЗУЮЩИХ И СЭНДВИЧ ПАНЕЛИ НА ИХ ОСНОВЕ

Хусаинов Д.И., Аэрайгули Куомалибиекэ, Амирова Л.М.

*Казанский национальный исследовательский технический университет –  
КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*jahongir03033@gmail.com*

Разработка пенопластов на основе неорганических связующих, таких как алюмосиликаты, открывает новые возможности в области негорючих теплоизоляционных материалов и сэндвич конструкций.

Целью данной работы является разработка состава и способа получения алюмосиликатных пенопластов и сэндвич панелей с сердечником на их основе. Для получения пенопластов были использованы метакаолины марок ВМК-45, ВМК-ВВу, МК 1000, щелочные растворы силиката натрия и калия. В качестве вспенивающего агента применяли азодикарбонамид (Порофор ЧХЗ-21, ТУ 6-03-408-80), пены стабилизировали гуммиарабиком Е414. В качестве облицовки сэндвич панелей использовали листы углекомполитов на основе неорганических связующих полученные по технологии согласно [1,2].

Для оптимизации состава и режима вспенивания и получения сэндвич панелей проводили испытания образцов на сжатие и сдвиг. Проведена оценка характера разрушения сэндвич панели при сдвиге, проанализировано влияние режима вспенивания и содержания компонентов на плотность получаемых пеноматериалов и их механические характеристики. На основе полученных данных выведены уравнения зависимости ряда характеристик от состава и режима получения пенопластов и сэндвич структур. Содержание компонентов и температурно-временные режимы вспенивания выбраны, исходя из сочетания оптимальных свойств пеноматериала сэндвич панели с сердечником на его основе. Полученные пенопласты с плотностью не более 200 кг/м<sup>3</sup> достигли предела прочности при сжатии более 1 МПа и предельного напряжения при сдвиге не менее 0,1 МПа.

1. Амирова Л.М., Андрианова К.А., Зайцева А.В., Гайфутдинов А.М. Способ получения композиционного материала на основе алюмосиликатного связующего. Патент № 2792488 РФ; Заявл.02.11.22; Оpubл.22.03.23.
2. Андрианова К.А., Амирова Л.М., Гайфутдинов А.М., Таишев Б.Р. Композиционный материал из углеткани и фосфатного связующего и способ его получения. Патент № 2808804 РФ; Заявл.07.04.23; Оpubл.05.12.23.

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-КЕРАМИЧЕСКИХ ГРАНУЛ НА ИХ СВОЙСТВА

М.С. Чувикина<sup>a</sup>, Е.А. Ермакова<sup>a</sup>, С.С. Стрельникова<sup>a</sup>, А.С. Анохин<sup>a</sup>,  
Д.А. Михальченко<sup>a,b</sup>, А.В. Шилов<sup>a,c</sup>.

<sup>a</sup> *Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, Москва, Россия*

<sup>b</sup> *НИТУ «МИСИС», институт новых материалов, Москва, Россия*

<sup>c</sup> *РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

*mchuvikina@imet.ac.ru*

В работе рассмотрены два способа получения полимерно-керамических гранул для создания изделий сложной формы с применением метода селективного лазерного спекания 3D-печати.

Первый способ получения полимерно-керамических гранул: в стакане растворяли навеску полиамида (РА12) в органическом растворителе, после чего добавляли навеску порошка оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), полученную суспензию тщательно перемешивали. Затем проведено осаждение суспензии в щелочной среде (10% водный р-р аммиака). Далее полимерно-керамические гранулы сушили, просеивали через сито. Второй - стакан помещали навески порошков (РА12,  $Al_2O_3$ ), а также добавляли органический растворитель. Производили обработку суспензии в кавитационном смесителе в течение 3 – 5 минут. Далее порошок сушили, протирали через сито.

В ходе выполнения работ методом ДТА/ТГ было определено, что внесение керамического наполнителя – оксид алюминия – снижает температуру плавления полиамидной матрицы на 25% (135°C) относительно исходной температуры плавления материала ( $T_{пл} = 181\text{ }^{\circ}C$ ). Рассмотрены два способа получения полимерно-керамических гранул: первый – переосаждение и второй – механическое смешивания порошков в слабом растворителе. Оценен размер полимерно-керамических гранул с помощью СЭМ: при синтезе путем переосаждения полиамида из раствора полимера с керамическим наполнителем не контролируем и такой порошок в дальнейшем требует дополнительного измельчения при температурах ниже 0°C для охрупчивания полимерной матрицы. Полимерно-керамические гранулы, получаемые после механического смешивания, требуют только дополнительного просеивания через сито.

## ПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИЦЫ ДЛЯ КОМПОЗИТОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Д.Р. Шарипов, Аэрайгули Куомалибиекэ, О.Л. Хамидулин, Л.М. Амирова

*Казанский национальный исследовательский технический университет –  
КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*lagi321123@gmail.com*

В условиях борьбы за весовую эффективность конструкций летательных аппаратов возникает необходимость применения функциональных материалов, помимо конструкционных выполняющих дополнительные функциональные задачи. При конструировании сложных технических систем, «функциональность» может становиться решающим конкурентным преимуществом, а возможность настройки состава полимерных матриц и регулирование структуры композита открывает широкие возможности по ее созданию. Эффект памяти формы (ЭПФ) является функциональным свойством, позволяющим использовать запасенную ранее энергию деформации на совершение работы при активации. Области применения композитов с ЭПФ расширяются с каждым годом, а требования к характеристикам к полимерным матрицам для данных композитов ужесточаются. В настоящее время основным барьером внедрения является сложность достижения комплекса свойств полимерной матрицы, сочетающих высокую механическую прочность, высокую деформационную способность с сохранением теплостойкости и дополнительных функциональных свойств (ударостойкость, низкую горючесть, электропроводность итд.). Исследования, посвященные изучению влияния структуры исходных компонентов связующего на параметры эффекта памяти формы конструкционных полимерных матриц являются актуальной задачей.

В работе проводится исследования параметров ЭПФ модифицированных эпоксидных полимеров с пониженной горючестью. Проведен синтез аддукта на основе линейных отвердителей и фосфоросодержащих смол. Разработан состав связующего и получен композиционный материал на его основе с эффектом памяти формы. Показаны высокие значения восстанавливаемости и фиксируемости формы композиционного материала. Изучены параметры прочности при сжатии и растяжении, а также предельные деформации в стеклообразном и высокоэластическом состоянии разработанного композита и полимерной матрицы. Изучены характеристики горючести полученного композита, показано, что они имеют класс горючести V-0 по стандарту UL94, оплавления и каплепадения не наблюдается.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СВЯЗУЮЩИХ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ОТВЕРЖДЕНИЯ

В.О. Шевченко, В.С. Никитин, О.Л. Хамидуллин

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия*

*vadimshef2003@gmail.com*

Коэффициент температуропроводности характеризует теплоинерционные свойства тела. Определение и исследование данного свойства позволяет оптимизировать температурные режимы формования и отверждения композитных изделий. Современные программы моделирования технологических процессов позволяют задавать теплопроводность связующего, как функцию от степени отверждения. Большинство методов определения теплопроводности являются технологически сложными в исполнении при необходимости исследовать жидкое связующее, особенно при необходимости исследовать его в процессе полимеризации на различной стадии отверждения.

Метод стационарного режима подразумевает использование  $\alpha$ -калориметра, представляющего собой объект заданной геометрии со стенками из теплопроводящих материалов. Данный метод позволяет наполнять  $\alpha$ -калориметр жидким связующим, а также проводить отверждение непосредственно в полости калориметра с периодической оценкой теплопроводности и отбора микропроб для установления корреляции со степенью конверсии.

В работе исследовалась теплопроводность связующего ВСЭ-62 на различных стадиях отверждения. Оценка теплопроводности проводилась методом регулярного режима с применением медного  $\alpha$ -калориметра. Оценка теплопроводности проводилась в диапазоне конверсий от 0 до 1. Коэффициенты температуропроводности рассчитывались по формуле:

$$\alpha = K \cdot m,$$

где  $K$  - коэффициент формы  $\alpha$ -калориметра, для круглого цилиндра радиусом  $R$  и длиной  $L$ :  $K = \frac{1}{\frac{5,783}{R^2} + \frac{9,97}{L^2}}$ ,  $m^2$ ;  $m$  – темп регулярного режима:  $m = \frac{\ln \theta_1 - \ln \theta_2}{\tau_2 - \tau_1}$ ,  $1/c$ ;  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – разность температур между точкой тела и температурой внешней среды,  $K$ .

Сравнение значений теплопроводности отвержденного образца методом регулярного режима проводилось с результатами, полученными методом стационарного теплового потока на установке HFM 446 Lambda Medium. Показана сходимость результатов для отвержденного связующего двумя методами.

Таким образом, в ходе работы была разработана и применена относительно простая методика определения теплопроводности для жидких связующих и выявлена сходимость коэффициентов, полученных с помощью стационарного метода и методом стационарного режима на одноразовом калориметре.

## **СЕКЦИЯ 4 ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

# КАРКАСНЫЕ ФОСФОНАТЫ НА ОСНОВЕ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ P(III)-ИМИНОПРОИЗВОДНЫХ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Л.И. Айнутдинова, Г.А. Ивкова, В.Ф. Миронов

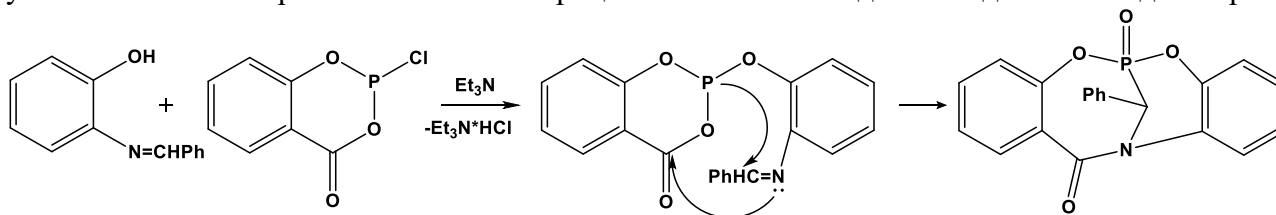
Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия

safarlenova102@mail.ru

**Ключевые слова:** гидроксикарбоновая кислота, салицилхлорфосфит, каркасный гетероцикл.

Циклические производные трехвалентного атома фосфора, полученные из гидроксикарбоновых кислот, обладают высоким синтетическим потенциалом благодаря присутствию ацилфосфитного фрагмента P(III)-O-C(O). Это позволяет осуществлять реакции с сохранением исходного цикла фосфита или его расширением. При наличии связи C=N такие соединения могут подвергаться внутримолекулярным трансформациям, образуя полициклические и каркасные P, N-содержащие гетероциклы.

Фосфонат был синтезирован путем реакции салицилхлорфосфита с иминофенолами и триэтиламином в среде ТГФ при комнатной температуре и интенсивном перемешивании. В результате образовался хлоргидрат триэтиламина. Конечным продуктом реакции является устойчивый каркасный P-гетероцикл в виде одного диастереомера.



Работа выполнена за счет средств субсидии, предоставленной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, №FZSM-2023-0020.

## ДИАЦЕТОНИДЫ D-ГАЛАКТОПИРАНОЗЫ В СИНТЕЗЕ ХИРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ ДИТИОФОСФОРНЫХ И ДИТИОФОСФОНОВЫХ КИСЛОТ

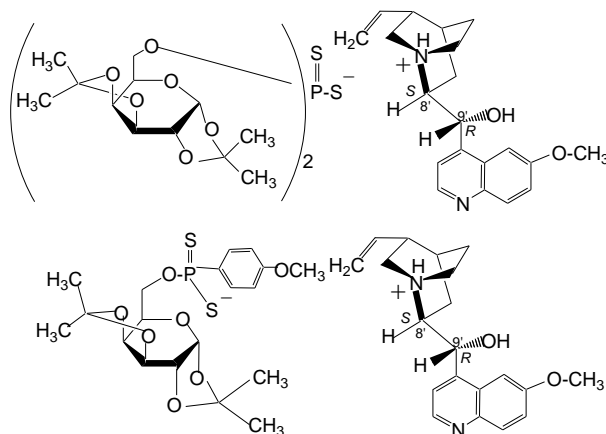
Д.Х. Алдакаева<sup>a</sup>, Г.Г. Шуматбаев<sup>b</sup>, И.С. Низамов<sup>a</sup>, Э.С. Батыева<sup>b</sup>,  
И.Д. Низамов<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ  
«Казанский научный центр» РАН, Казань, Россия

aldakaeva0313@gmail.com

Синтетические фосфорсодержащие моносахариды используются в асимметрическом синтезе в качестве энантиомерно чистых лигандов. При дитиофосфорилировании моносахаридов получены хиральные дитиофосфорные и дитиофосфоновые кислоты. С этой целью проведена реакция тетрафосфордекасульфида с 1,2:3,4-ди-О-изопропилиден- $\alpha$ -D-галактопиранозой в бензоле. Реагент Лоуссона реагирует с 1,2:3,4-ди-О-изопропилиден- $\alpha$ -D-галактопиранозой в бензоле при 50 °С в течение 2 ч и приводит к образованию 4'-метоксифенилдитиофосфоновой кислоты с O-галактопиранозным заместителем. В данной работе проведен синтез хинуклидиниевых солей дитиофосфорной и дитиофосфоновой кислот на основе диацетонида  $\alpha$ -D-галактопиранозы в реакциях с 8*S*,9*R*-хинином, 8*R*,9*S*-хинидином, 8*S*,9*R*-цинхонином и 8*R*,9*S*-цинхонином.



Полученные соли подавляют рост колоний бактерий *Bacillus cereus*.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).

## СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ДИСПРОЗИЯ

Д.Р. Касоев, З.А. Немкова, М.Э. Алисултанов, А.Г. Мурадова

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

*alisultanov.marat@mail.ru*

**Актуальность.** Оксид диспрозия нашел широкое применение в производстве керамики, стекол, люминофорных материалов, лазеров и диспрозиевых металлгалогенных ламп [1]. Важную роль диспрозий играет в производстве постоянных магнитов на основе сплава Nd-Fe-B, легирование сплава небольшим количеством диспрозия позволяет значительно повысить коэрцитивную силу, в работе [2] при добавлении Dy коэрцитивная сила сплава была значительно увеличена с 2,9 кЭ до 13,4 кЭ. В химических методах получения сплава Nd-Fe-B с добавлением Dy в качестве исходного прекурсора используются наночастицы  $Dy_2O_3$ .

**Материалы и методы.** В качестве прекурсоров были использованы следующие реагенты:  $Dy_2O_3$  (99,9 %),  $HNO_3$  (70 %)  $NaOH$  (99 %). Наночастицы  $Dy_2O_3$  были получены методом осаждения с последующим прокаливанием. Нитрат диспрозия был получен растворением  $Dy_2O_3$  в  $HNO_3$ . Для получения  $Dy(OH)_3$  были приготовлены: 0,05 М водный раствор  $Dy(NO_3)_3$  и водный раствор  $NaOH$  концентрации 0,2 М. С помощью перистальтического насоса в раствор  $Dy(NO_3)_3$  по каплям, со скоростью 175 мл/ч, добавляли водный раствор  $NaOH$ . Синтез проводили при интенсивном перемешивании, с помощью магнитной мешалки (1000 об/мин). После смешения исходных растворов смесь выдерживали в течение 15 минут. Полученный осадок  $Dy(OH)_3$  отделяли центрифугированием (3500 об/мин, в течение 5 мин) и промывали бидистиллированной водой 3 раза. Затем осадок высушивали при температуре 120 °С в течение 2 ч для удаления воды. На второй стадии получали  $Dy_2O_3$  термическим разложением полученного осадка  $Dy(OH)_3$  в течение 2 ч при температуре 700 °С.

**Результаты.** По результатам ДСК и ТГА было зафиксировано несколько термических эффектов связанных с удалением связанной воды (70°С), разложением гидроксида диспрозия (300°С) и разложением оксигидроксида диспрозия (600°С). Общая потеря массы во всем диапазоне измерения составила 21,48%. Для подтверждения образования фазы  $Dy_2O_3$  образец отжигали при температуре 700 °С и проводили рентгенофазовый анализ. На дифрактограмме все обнаруженные пики, были отнесены к кубической фазе  $Dy_2O_3$  с пространственной группой Ia-3. Полученные результаты РФА согласуются с картой кубического  $Dy_2O_3$  JCPDS № 96-153-9593. Средний размер кристаллитов был определен по формуле Шеррера и составлял 21 нм. По результатам ПЭМ полученные наночастицы имели средний размер  $24 \pm 6$  нм.

**Благодарности.** Исследования СЭМ, РФЛА и РФА выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования им. Д.И. Менделеева.

1. Zelati A. et al. A facile approach to synthesize dysprosium oxide nanoparticles // International Journal of Industrial Chemistry. 2014. V. 5, № 3, С. 69–75.
2. Rahimi H. et al. The role of dysprosium on the structural and magnetic properties of  $(Nd_{1-x}Dy_x)_2Fe_{14}B$  nanoparticles // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2017. V.424, С. 199–206.

# БИС(ДИФЕНИЛФОСФИНО)АЛКАНЫ В РЕАКЦИЯХ С $\omega$ -ГАЛОГЕНКАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ

П.П. Андреева, С.Р. Романов, И.В. Галкина, Ю.В. Бахтиярова

Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

polinandreev05@inbox.ru

Фосфониевые соли имеют широкий спектр применения. Данные соединения активно используются в медицине благодаря высокой и различной биологической активности. В настоящей работе был предложен синтез дифосфониевых солей на основе реакций бис(дифенилфосфино)алканов с 9-бромдекановой кислотой. (схема 1).

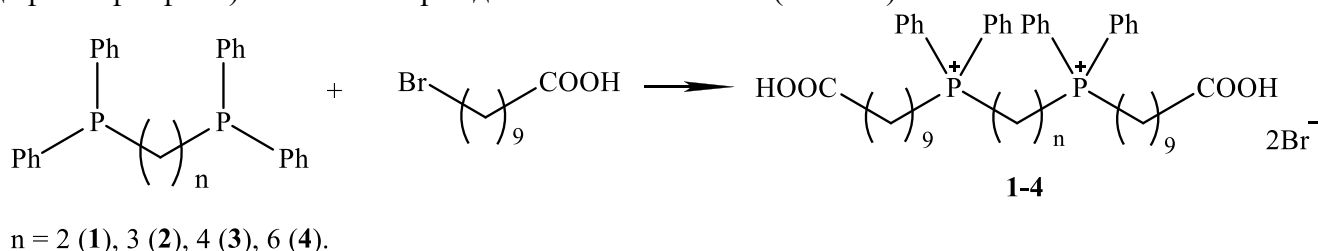


Схема 1.

Продукты были охарактеризованы комплексом спектральных методов (рисунок 1).

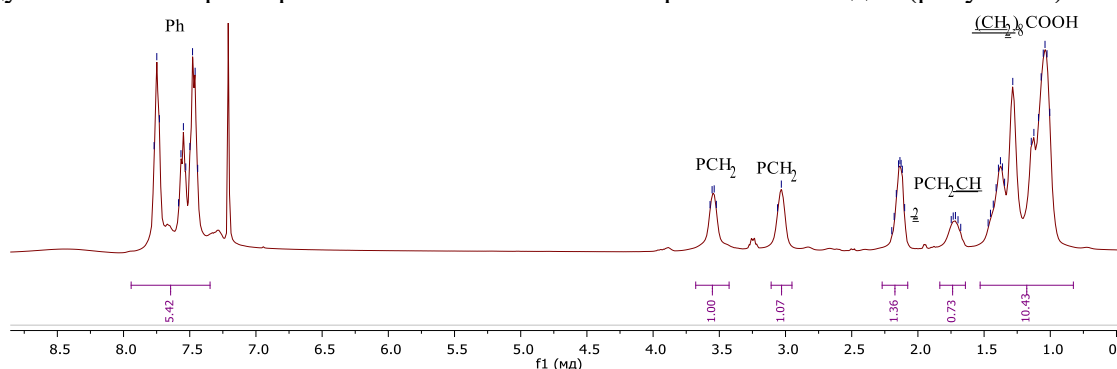


Рисунок 1. ЯМР  $^1\text{H}\{^{31}\text{P}\}$  спектр соединения 2 (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ )

Результаты антимикробной активности представлены в таблице 1.

Таблица 1. Биологическая активность соединений 2-4.

Соединение	Величина зоны задержки роста, d (мм)				
	<i>E.coli</i>	<i>B.cereus</i>	<i>Ps. aeruginosa</i>	<i>S.aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
<b>1</b>	-	16	-	22	12
<b>2</b>	-	23	-	25	18
<b>3</b>	-	14	-	24	13
<b>4</b>	-	18	-	24	16
<b>Хлоргексидин, 1%</b>	11	8	9	17	15

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030)

# ONE-ПОТ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ α-ЗАМЕЩЕННЫХ АКРИЛАТОВ НА ОСНОВЕ МЕТИЛПРОПИОЛАТА

К.С. Анисимова, М.А. Мамонтов, А.В. Ильин

Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

kristinaanisimova08@yandex.ru

Исследование посвящено разработке новых многофункциональных четвертичных фосфониевых соединений (ЧФС) на основе α-имида(гидантоино)акрилатов для использования в качестве компонентов противораковых и противоопухолевых препаратов.

Основная идея заключается в объединении двух активных фрагментов в структуре ЧФС. Реакция проводится в два этапа без выделения промежуточных продуктов. На первом этапе происходит α-присоединение азотистых гетероциклов к метилпропиолату под действием катализатора трифенилфосфина, после чего количество трифенилфосфина доводится до эквимолярного. Затем следует этап кватернизации трифенилфосфина с полученным алкеном в присутствии соляной кислоты (Схема 1).

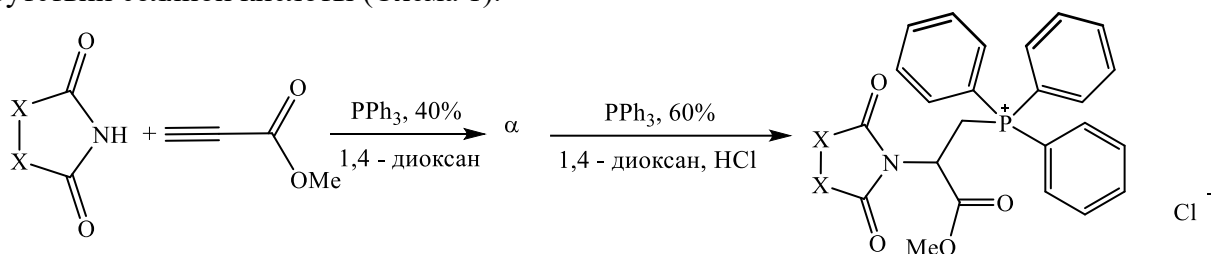


Схема 1.

Полученные четвертичные фосфониевые соли были проверены на противоопухолевую активность. В качестве соединения - лидера, можно выделить соединение с фрагментом (X-X) 5,5-дифенилгидантоина.



## ВОЗМОЖНОСТИ НАНОЧАСТИЦ КОБАЛЬТА В ПОЛИЭФИРОПОЛИОЛАХ КАК МОДИФИКАТОРОВ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНАРНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Д.В. Баишева <sup>a</sup>, А.Н. Рамазанова <sup>a</sup>, Д.В. Брусницын <sup>a</sup>, Э.П. Медянцева <sup>a</sup>, Э.Р. Рамазанова <sup>b</sup>,  
М.А. Кутырева <sup>a</sup>, А.А. Россова <sup>a</sup>, М.Р. Ибатуллина <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт нефти, химии и нанотехнологий КНИТУ, Казань, Россия

*dinadina202@yandex.ru*

Для стабилизации наночастиц металлов можно использовать гиперразветвленные структуры, такие как дендримеры или полимеры, что позволяет контролировать свойства и размер синтезируемых наночастиц.

Необходимо отметить, что гиперразветвленные полимеры, в частности полиэфирополиолы обладают меньшей стоимостью, чем дендримеры, но тем же комплексом практически полезных свойств.

В нашей работе мы изучали электрохимическое поведение наночастиц кобальта (НЧСо), синтезированных в гиперразветвленных полиэфирополиолах второй генерации на поверхности планарного электрода.

На фоне боратного буферного раствора НЧСо обладают электрохимической активностью, что проявляется на вольтамперной кривой в виде тока пика при необратимом потенциале 900 мВ. В ходе варьирования концентрации соль металла / полимер (соль кобальта / полиэфирополиол) установлено, что данная величина приводит к незначительному смещению потенциала и изменению тока пика НЧСо.

Варьирование скорости сканирования показало, что сдвиг потенциала на вольтамперной кривой для НЧСо происходит только в случае увеличения до 150 мВ/с.

При увеличении pH буферного раствора в сильно щелочную область на вольтамперной кривой происходит значительный сдвиг потенциала до 1100 мВ и уменьшения тока пика НЧСо.

Таким образом композиты на основе НЧСо являются перспективными, что позволяет применять НЧСо как модификаторы электродной поверхности при разработке биосенсоров для определения лекарственных веществ.

# СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НОВЫХ АМФИФИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЛУОРЕСЦЕИНА

Е.А. Бондарева<sup>а</sup>, В.А. Бурилов<sup>а</sup>, А.А. Артёменко<sup>а</sup>, И.С. Антипин<sup>а,б</sup>

<sup>а</sup> Химический институт им А.М. Бутлерова, Казань, Россия

<sup>б</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова, Казань, Россия

kb6602926gmail.com

Актуальным вопросом современной органической химии является поиск новых путей модификации флуоресцеина с целью получения потенциальных хемосенсоров [1, 2]. Введение имидазольного фрагмента в их структуру позволяет расширить их спектр применения, в том числе в водных средах.

В ходе выполнения работы реакцией азид-алкинового циклоприсоединения были получены триазол-производные флуоресцеина **1** и **2**, содержащие этилтозилатные фрагменты, с выходами 68% и 77%. Последующая реакция кватернизации с *N*-метил-имидазолом при нагревании в ацетонитриле приводила к новым имидазольным производным **3** и **4** с хорошими выходами, 72% и 89%, соответственно. Структуры всех синтезированных соединений подтверждались данными ЯМР <sup>1</sup>H-, <sup>13</sup>C-спектроскопии, ИК и масс-спектрометрии высокого разрешения ИЭР. Были изучены фотофизические и агрегационные свойства амфифильных производных методами флуоресцентной и УФ-видимой спектроскопии и ДРС.

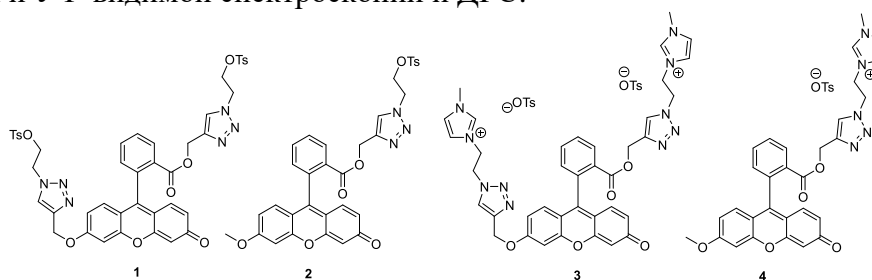


Рисунок 1. Структуры синтезированных соединений **1-4**.

1. Niu L. et al. Fluoride ions detection in aqueous media by unprecedented ring opening of fluorescein dye: A novel multimodal sensor for fluoride ions and its utilization in live cell imaging // Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc. 2023. T. 287. C. 122001.
2. Kaur P. et al Selective two way Cd (II) and Co (II) ions detection by 1, 2, 3–triazole linked fluorescein derivative // J. Photochem. Photobiol. A: Chem. 2019. T. 382. C. 1118472.

## ГИБРИДНЫЕ НАНОСИСТЕМЫ КЛАСТЕРОВ МОЛИБДЕНА И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОДА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ В СОСТАВЕ БИОСЕНСОРОВ

Д.В. Брусницын<sup>a</sup>, А.Н. Рамазанова<sup>a</sup>, Т.Л. Хамидуллин<sup>a</sup>, Ю.Г. Елистратова<sup>b</sup>,  
А.Р. Мустафина<sup>b</sup>, Э.Р. Рамазанова<sup>c</sup>, В.А. Бурилов<sup>a</sup>, М.Н. Соколов<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>c</sup> Институт нефти, химии и нанотехнологий КНИТУ, Казань, Россия

<sup>d</sup> Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия

*brussman@mail.ru*

Особое внимание исследователей привлекают кластерные комплексы переходных металлов, в частности молибдена, которые могут выступать чаще всего как антибактериальные, контрастные агенты. Однако отсутствуют литературные данные применения кластерных комплексов молибдена как модификаторов поверхности электродов в составе биосенсоров.

В рамках нашей работы рассмотрены особенности применения кластерных комплексов молибдена на силикатной матрице в сочетании с углеродными материалами (оксидом графена, углеродными нанотрубками, бумагой из углеродных нанотрубок) в хитозане для модификации поверхности печатных графитовых электродов.

Кластерные комплексы молибдена на силикатной матрице обладают электрохимической активностью, что проявляется в виде сдвига потенциала и изменения тока пика на вольтамперной кривой на фоне буферных растворов в диапазоне потенциалов 0.1 – 0.6 В в зависимости от состава получаемой дисперсии и природы лиганда.

Добавление углеродных материалов в некоторых случаях приводит к улучшению сигнала кластерных комплексов молибдена на силикатной матрице, то есть к увеличению тока пика окисления кластерных комплексов молибдена в 5 раз.

*Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).*

## СИНТЕЗ И СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ САМОСБОРКА ДИЗАМЕЩЕННЫХ ГЕМИНИ-АМФИФИЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕТРАМЕТИЛЭТИЛЕНДИАМИНА, СОДЕРЖАЩИХ ТЕРПЕНОИДНЫЕ ФРАГМЕНТЫ

Д.В. Бурдюгов, Р.Р. Гаширов, А.А. Ахмедов, Ю.В. Панина, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

*Химический институт им. А. М. Бутлерова, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*dmburd3104@gmail.com*

Амфифильные соединения являются одним из самых обширных и структурно-разнообразных классов соединений, представляющих колоссальный интерес для исследований в многочисленных областях. Одним из примечательных типов являются так называемые «гемини»-амфифилы, ключевая особенность которых состоит в наличии двух ионных или неионных головных групп и спейсера, связывающего головные группы. Благодаря наличию двух аммонийных групп, гемини-амфифилы прочно адсорбируются на отрицательно-заряженной клеточной мембране, что свидетельствует об их повышенной биоцидной активности. Путём варьирования липофильной части гемини-амфифила, возможно тонко настроить биологическую активность соединения и селективность его действия. Использование терпеноидных фрагментов в качестве заместителей резко понижает токсичность и повышает биodeградируемость итоговых гемини-амфифилов, что активно применяется при разработке коммерческих препаратов. [1, 2]

В этой работе были получены различные моно- и дизамещенные гемини-амфифилы на основе тетраметилэтилендиаминa, содержащие терпеноидные фрагменты. Структура полученных соединений была подтверждена методами спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , а также ИК-спектроскопии. Методом ДРС была изучена способность гемини-амфифилов к супрамолекулярной самосборке с пиллар[5]аренами.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 24-73-00236 )*

1. R. Sharma, A. Kamal, M. Abdinejad, R.K. Mahajan, H.B. Kraatz *Adv. Colloid Interface Sci.* 2017. V. 248. P. 35-68.
2. A.R. Ahmady, P. Hosseinzadeh, A. Solouk, S. Akbari, A.M. Szulc, B.E. Brycki *Adv. Colloid Interface Sci.* 2022. V. 299. 102581.

## ИОННЫЕ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ВИОЛОГЕНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАКАЛИКС[4]АРЕНА: СИНТЕЗ И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ

Н.И. Василевская, А.А. Бикмухаметов, П.Л. Падня, И.И. Стойков

КФУ, Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

*spider-cat.31@mail.ru*

Ионные жидкости (ИЖ) являются органическими солями, температура плавления которых ниже 100 °С. Из-за особенностей строения ИЖ обладают множеством уникальных свойств: низкая температура плавления, очень низкое давление насыщенных паров, высокая полярность, а также электрохимическая устойчивость и электропроводимость, благодаря чему они становятся привлекательными для использования в области «зелёной» химии.

Огромный интерес вызывают ИЖ с катионами на основе виологенов. Использование бипиридина в качестве основы катионного фрагмента, а также использование анионов с диффузным зарядом приводит к получению солей с низкой температурой плавления. Важной особенностью виологенов является их способность принимать участие в обратимых окислительно-восстановительных реакциях, а также образовывать комплексы с электроно-донорными соединениями.

В данной работе были синтезированы макроциклические ИЖ на основе стереоизомеров *n*-трет-бутилтиакаликс[4]арена, тетразамещенных по нижнему ободу виологеновыми фрагментами, в конфигурациях *конус*, *частичный конус* и *1,3-альтернат*. С помощью термогравиметрического анализа было установлено, что все полученные макроциклические ИЖ термически стабильны вплоть до 328–343 °С. Было установлено, что их температура плавления не зависит от пространственной структуры *n*-трет-бутилтиакаликс[4]арена. Полученные результаты могут быть использованы для создания сенсорных систем медицинского назначения, сочетающих рецепторные свойства и функцию генерации аналитического сигнала.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-73-10079, <https://rscf.ru/project/24-73-10079/>.

# ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВОХИМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНЕЗЕМА

Д.В. Володина, Е.О. Дроздов

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

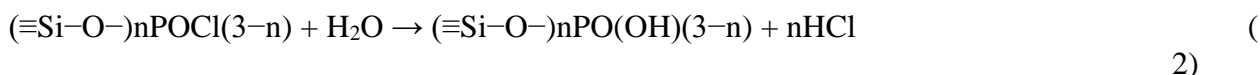
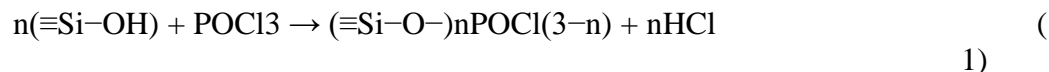
*dasha13129@gmail.com*

Метод молекулярного наслаивания (МН) позволяет формировать на поверхности дисперсных матриц с развитой поверхностью низкоразмерные покрытия заданного состава и строения. Фосфорсодержащие наноструктуры, синтезируемые на поверхности кремнезема методом МН, перспективны в качестве сорбционных и каталитических систем. Низкая размерность формируемых структур и многообразие протекающих при этом реакций в сочетании со сложностью интерпретации результатов экспериментальных методов исследования обуславливает актуальность применения методов квантовой химии для получения дополнительной информации о специфике процессов молекулярного наслаивания.

Цель работы – расчет активационных барьеров и констант скоростей реакций, приводящих к формированию фосфороксидных структур на поверхности кремнезема, и сопоставление расчетных результатов с экспериментальными данными.

Квантовохимические расчеты выполняли с использованием программного пакета Gaussian®16 на уровне теории B3LYP/6-31G(d,p) [1]. Поверхность кремнезема рассматривали в форме кластерной модели на основе сечения (111) β-кristобалита, содержащей 10 атомов кремния и вицинальные силанольные группы [2].

Синтез фосфорсодержащих структур проводили в установке проточного типа на силикагеле КСКГ ( $S_{уд} = 450 \text{ м}^2/\text{г}$ , фракция 0,2-0,4 мм) при температуре 200 °С за счет проведения реакций (1, 2):



где  $n = 1, 2, 3$  — число связей атомов фосфора с поверхностью кремнезема, называемое функциональностью.

Методом IRC был осуществлен прогноз пути реакции взаимодействия силанольных групп с молекулой  $\text{POCl}_3$  и определены величины активационных барьеров реакций образования фосфорсодержащих групп, составившие 131,3, 407,0 и 215,3 кДж/моль для моно-, би-, трифункциональных структур соответственно. Сопоставление вычисленных констант скоростей реакций (1), протекающих на стадии хемосорбции  $\text{POCl}_3$ , позволило обосновать предположение о строении продуктов МН и установить, что быстрее протекает реакция с образованием тридентатных структур, что подтверждается результатами эксперимента.

1. Дроздов Е.О., Дубровенский С.Д., Малыгин А.А. ЖОХ. 2016. Т. 86. No 10. С. 1613-1623.
2. Дроздов Е.О., Дубровенский С.Д., Малыгин А.А. ЖОХ. 2020. Т. 90. No 5. С. 795-805.

# СИНТЕЗ НОВЫХ ОСНОВАНИЙ ШИФФА НА ОСНОВЕ О-КСИЛИЛЕНДИАМИНА И ИХ КОМПЛЕКСОВ С КАТИОНАМИ 3d МЕТАЛЛОВ

П.А. Володин <sup>a</sup>, И.Д. Шутилов <sup>b</sup>, А.С. Овсянников <sup>b</sup>, Л.В. Французова <sup>b</sup>,  
Д.П. Герасимова <sup>b</sup>, С.Е. Соловьева <sup>b</sup>, И.С. Антипин <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова, ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

pavel.volodin.12@gmail.com

Основания Шиффа являются привлекательными лигандами для молекулярного дизайна металл-органических комплексов с настраиваемыми функциональными свойствами [1-3]. Среди них особо выделяются лиганды на основе *o*-ксилилендиамина. В данной работе представлен синтез и структура новых *N,O*-донорных бисхелатных лигандов на основе *o*-ксилилендиаминовой платформы, а также 3*d*-металло-комплексов. Структура полученных комплексов установлена с помощью монокристалльного РСА, ИК, ТГ/ДСК, элементного анализа.

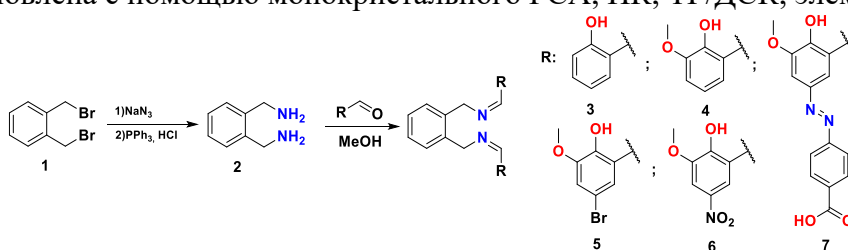


Рисунок 1. Схема получения целевых оснований Шиффа на основе *o*-ксилилендиамина **3-7**.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 22-73-10139.

1. J. Tan, X. Sun, X. Qi, S. Zhan, *Inorg. Chem. Commun.* **2022**, 146, 110053.
2. R. Vallavoju, R. Kore, R. Parikirala, M. Subburu, R. Gade, V. Kumar, M. Raghavender, P. Chetti, S. Pola, *Photochem.* **2023**, 3, 274-287.
3. P. Hahn, S. Ullmann, J. Klose, Y Peng, A. Powell, B. Kersting, *Dalton Transactions*, **2020**, 49, 10901-10908



# СИНТЕЗ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ *П*-ТРЕТ-БУТИЛТИАКАЛИКС[4]АРЕНА, СОДЕРЖАЩИХ ПРОПАРГИЛЬНЫЕ И БРОМАЛКИЛЬНЫЕ ФРАГМЕНТЫ

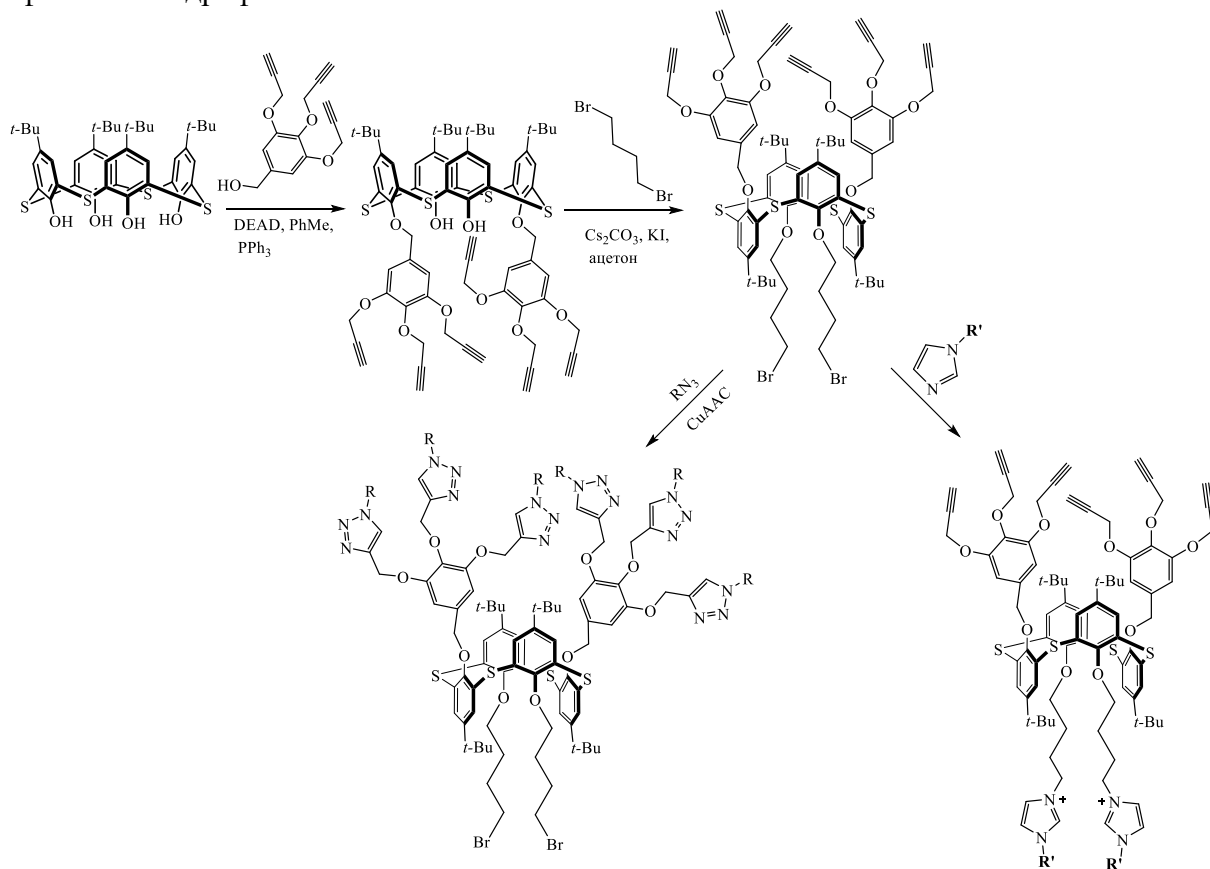
Р.В. Габдуллин<sup>a</sup>, Б.Х. Гафиатуллин<sup>a</sup>, В.А. Бурилов<sup>a</sup>, С.Е. Соловьева<sup>b</sup>, И.С. Антипин<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, Казань, Россия

roma.gabdullin.03@mail.ru

Для создания пространственно предорганизованных амфифильных структур особый интерес представляют тиакаликс[4]арены в стереоизомерной форме *1,3-альтернат*, так как именно в этой стереоизомерной формах удаётся достичь наиболее полного разделения гидрофобной и гидрофильной частей.



В рамках данной работы были синтезированы производные тиакаликс[4]арена, содержащие бромалкильные и пропаргильные фрагменты, с использованием реакции Мицунобу и Вильямсона путем поэтапной модификации нижнего обода. Такое многофункциональное соединение имеет большой синтетический потенциал для дальнейшей функционализации с помощью клик-реакций и кватернизаций.

## ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ТИОЦИАНАТНЫХ ПРОТОННЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

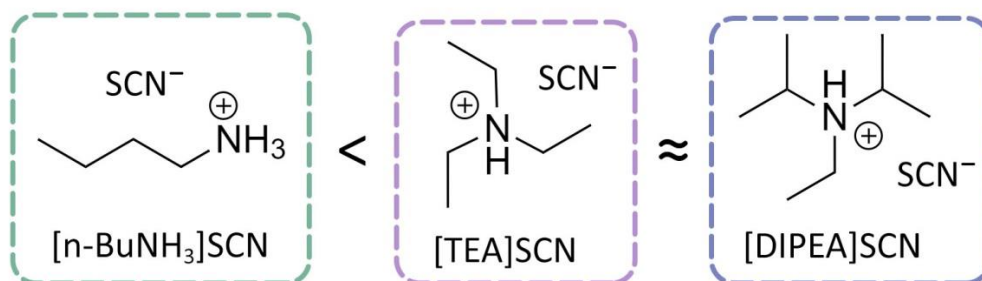
Б.Р. Гайнутдинов, Т.И. Магсумов, И.А. Седов

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*vorobeidomovyi@gmail.com*

Одним из важнейших промышленных процессов является разделение алифатических и ароматических углеводородов. В настоящее время для этих целей используются сульфолан и N-метилпирролидон. Согласно недавним исследованиям ионные жидкости (ИЖ) на основе тиоцианатов обладают большей эффективностью и селективностью для этих задач. Разделение, как правило, проводится при относительно высоких температурах, в связи с чем необходимо иметь представление о термической стабильности используемых ионных жидкостей.

В данной работе была изучена термическая стабильность аммонийных ИЖ (см. рис.) с тиоцианат-анионом методами термогравиметрического анализа (ТГА) в динамическом и изотермическом режимах и ИК-спектроскопии.



Согласно ТГА среди рассмотренных ионных жидкостей наименьшую термическую стабильность показал n-бутиламмоний тиоцианат. Третичные триэтиламмоний тиоцианат и диизопропилэтиламмоний тиоцианат начали терять массу при больших и близких друг к другу температурах. Кроме того, разложение [n-BuNH<sub>3</sub>]<sup>+</sup>SCN<sup>-</sup> протекает в две стадии и, судя по всему, сопровождается изомеризацией, в то время как [TEA]<sup>+</sup>SCN<sup>-</sup> и [DIPEA]<sup>+</sup>SCN<sup>-</sup> разлагались в одну стадию с полной потерей массы. Полученные данные позволяют точнее оценить температурный диапазон применения ИЖ в перспективных технологических процессах.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №24-13-00062.*

# СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ХЕЛАТНЫХ БИС-*L*-ТРИПТОФАНАТОВ Cu(II)

М.Н. Галимов, Т.В. Берестова

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*miras200181@gmail.com*

Двухвалентные катионы переходных металлов играют важную роль в функционировании ферментов, белков и других биомакромолекул [1]. Ионы Cu(II) являются эссенциальными как для организма человека, так как входят в состав многих ферментов [2-3]. *L*-триптофан играет важную роль в развитии детей младенческого возраста, поддержании азотистого баланса у взрослых [1], а также в биосинтезе серотонина и ниацина [4].

Нами был синтезирован и изучен комплекс Cu(II) с *L*-триптофаном.

С целью установления изомерного состава полученного комплекса было проведено квантовохимическое моделирование структуры комплекса. Согласно проведенным квантовохимическим расчетам (метод M06, базисный набор 6-311+G(d)) из шести возможных конфигураций/изомеров комплекса [Cu(*L*-Trp)<sub>2</sub>] (*цис*-[Cu(SA-Trp)<sub>2</sub>], *цис*-[Cu(SA-Trp)(SE-Trp)], *цис*-[Cu(SE-Trp)<sub>2</sub>]; *транс*-[Cu(SA-Trp)<sub>2</sub>], *транс*-[Cu(SA-Trp)(SE-Trp)], *транс*-[Cu(SE-Trp)<sub>2</sub>]) наименьшую энергию имеет *цис*-изомер с формулой [Cu(SA-Trp)(SE-Trp)] (рисунок 1). По данным рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии и др. методам анализа установлено, что в ходе синтеза, вероятно, реализуется *цис*-изомер комплекса Cu(II) с *L*-триптофаном.

Возможность реализации в ходе синтеза *цис*-изомера для бис-триптофанатов Cu(II) может являться некоторым исключением, так как для подобных комплексов бис-фенилаланинатов Cu(II) более энергетически выгодными являются *транс*-изомеры [5].

По-видимому, тенденция образования *цис*-изомера в случае бис-триптофановых комплексов Cu(II) может заключаться в природе выбранного лиганда, а также в том, что пиррольные фрагменты индольного кольца находятся в непосредственной близости относительно друг друга и являются меньшими по размеру по сравнению с фенильными фрагментами фенилаланина для бис-фенилаланиннатных комплексов Cu(II) (рисунок 2).

Выяснение деталей большей устойчивости *цис*-изомеров комплексов Cu(II) с *L*-триптофаном является целью дальнейших исследований.

1. Remko M. et al. Effect of metal Ions (Ni 2+, Cu 2+ and Zn 2+) and water coordination on the structure of L-phenylalanine, L-tyrosine, L-tryptophan and their zwitterionic forms //Journal of Molecular Modeling. – 2011. – Т. 17. – С. 3117-3128.
2. Deschamps P. et al. The saga of copper (II)–l-histidine //Coordination chemistry reviews. – 2005. – Т. 249. – №. 9-10. – С. 895-909.
3. Тищенко К. И. Новые производные 2-тиоксо-тетрагидро-4Н-имидазол-4-онов и их медьсодержащие комплексы: дис. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук, Москва, 2017.
4. Altun Ö., Bilcen S. Spectroscopic characterization of Cu (II) complex of l-phenylalanine and d, l-tryptophan //Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2010. – Т. 75. – №. 2. – С. 789-793.
5. Berestova, T.V., Gizatov, R.R., Galimov, M.N., Mustafin, A.G. Influence of the absolute configuration of the ligand's chiral center on the structure of planar-square phenyl-containing bis-(N,O)copper(II) chelates // J. Mol. Struct. – 2021. – 1236. - 130303.

## ЭЛЕКТРОД, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА, ДЛЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ

И.А. Гафиатова, Ю.П. Добрынина, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*ilvina1603@mail.ru*

Гиалуроновая кислота (ГК) – это природный полисахарид, важнейший структурный компонент соединительной, эпителиальной и нервной тканей, а также некоторых биологических жидкостей (слюны, синовиальной жидкости). Благодаря особенностям строения молекул, повышающим прочность тканей, ГК является активным компонентом антивозрастных средств, кремов для лица, шампуней и глазных капель. Кроме того, ГК может выступать в качестве биомаркера таких патологий, как рак, фиброз печени, остеоартрит и хроническая обструктивная болезнь легких. В связи с этим существуют интерес к разработке чувствительного и точного метода определения ГК.

В настоящей работе изучена возможность использования стеклоуглеродного электрода, модифицированного частицами золота (Au-CU), для определения ГК в условиях циклической вольтамперометрии.

При изучении морфологии поверхности электрода Au-CU методами атомно-силовой и сканирующей электронной микроскопии установлено формирование частиц золота в нанометровом диапазоне.

На вольтамперограмме окисления ГК на анодной ветви наблюдается один пик в области окисления модификатора при  $E$  1.10 В, высота которого зависит от концентрации органического соединения. Линейный диапазон концентрации аналита составляет  $1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-4}$  М. При этом происходит многократный прирост тока по сравнению с током окисления модификатора и уменьшение перенапряжения окисления ГК на электроде Au-CU по сравнению с немодифицированным электродом.

Электрод Au-CU использовали для вольтамперометрического определения ГК в биологически активных добавках. Определено, что присутствие матричных компонентов (аскорбиновая кислота, биотин и др.) не мешает её определению. Правильность методики определена методом введено-найдено. Предлагаемый электрод характеризуется высокой чувствительностью, стабильностью отклика и низкой стоимостью.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).*

## СИНТЕЗ АМИДОВ И ДИАМИДОВ, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ BRCA1

Б.П. Гладких<sup>a</sup>, Г.М. Бутов<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

<sup>b</sup> Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ, Волжский, Россия

gladkih-boris@mail.ru

Направленный синтез и создание противоопухолевых препаратов является одной из фундаментальных проблем медицинской химии.

Риск развития рака молочной железы у женщин заметно увеличивается, если наследуется мутировавший вариант гена *BRCA1* [1]. Однако лишь 5% больных раком имеют мутации в *BRCA1/2* [2].

*BRCA1* является геном-супрессором опухолей [3], белки которого экспрессируются в клетках молочной железы и других тканях, где они помогают восстанавливать поврежденную ДНК или уничтожать клетки, где ДНК не может быть восстановлена. Гомологичная рекомбинация (HR) – способ восстановления хромосомных повреждений, основанный на устранении двуцепочечных разрывов ДНК, где белок *BRCA1* играет ключевую роль [4]. Раковые клетки используют HR для ремонта своей ДНК.

Ингибиторы *BRCA1* могут нарушать процесс HR в раковых клетках, тем самым увеличивая количество неотремонтрованных двуцепочечных разрывов ДНК, что в свою очередь приведет к геномной нестабильности, клеточному стрессу и гибели.

Разработаны потенциальные ингибиторы tBRCT домена белка *BRCA1*.

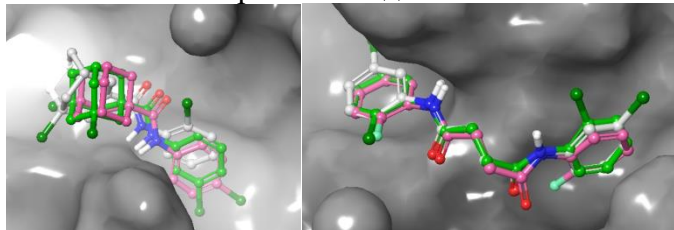


Рисунок 1. Суперимпозиция потенциальных ингибиторов в tBRCT домене белка *BRCA1*.

Синтезированные соединения могут активно встраиваться в область tandemного домена, мешая сборке репарационного комплекса, который предполагает связывания фосфолипидных мотивов белков, участвующих в восстановлении повреждений ДНК.

Исследование выполнено за счет средств программы развития ВолгГТУ «Приоритет 2030», в рамках научного проекта № 45/645-24

1. Antoniou A. et.al., *Am. J. Hum. Genet.* **2003**, 72, 1117–1130.
2. Passetto Z.Y. et.al. *Breast Cancer Res. Treat.* **2012**, 134, 511-517.
3. Duncan J. et.al., *Mol. Pathol.* **1998**, 51, 237-247.
4. Friedenson B. et.al. *BMC Cancer.* **2007**, 7, 152-162.

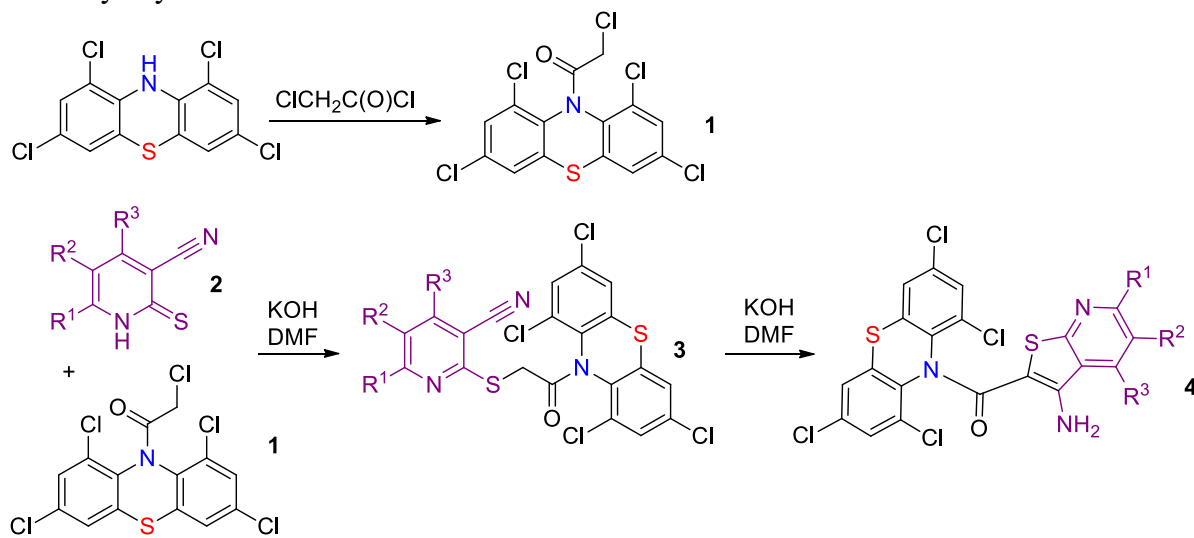
# СИНТЕЗ НОВЫХ ПОЛИХЛОРЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕНОТИАЗИНА

Н.О. Глузмин, Т.Л. Цымбал, Д.С. Бурый, В.К. Киндоп, В.В. Доценко

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

gluzmini@gmail.com, victor\_dotsenko\_@mail.ru

Молекулярные гибриды на основе фенотиазина привлекают внимание исследователей благодаря наличию интересного фармакологического потенциала [1,2]. С другой стороны, известен класс биологически активных молекул группы тиено[2,3-*b*]пиридина [3]. Задачей настоящей работы было получение гетеродимерных молекул, сочетающих в структуре фармакофорные фрагменты тиено[2,3-*b*]пиридина и фенотиазина. Для этого был получен тетрахлорзамещённый N-(хлорацетил)фенотиазин **1**, который был далее введен в реакцию Торпа-Циглера с рядом 2-тиоксоникотинитрилов **2**. Реакция протекает через образование продуктов S-алкилирования **3**, которые при обработке избытком KOH изомеризуются в целевые гетеродимеры **4**. Свойства и фармакологический потенциал продуктов **3** и **4** подлежат дальнейшему изучению.



Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № Н-24.1/30

1. Posso M.C., Domingues F.C., Ferreira S., Silvestre S. *Molecules*, 2022, Vol. 27. N 1. P. 276.
2. Kumar A., Vigato C., Boschi D., Lolli M.L., Kumar D. *Eur. J. Med. Chem.*, 2023, Vol. 254, paper 115337.
3. Dotsenko V.V., Buryi D.S., Lukina D.Yu., Krivokolysko S.G. *Russ. Chem. Bull.*, 2020, Vol. 69, N 10. P. 1829–1858.

## СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННЫЕ ПОЛИОЛЫ И ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ КОБАЛЬТА МЕТОДОМ ПОЛИОЛЬНОГО СИНТЕЗА

А.С. Горовая, А.Р. Аминова, А.Е. Бурматова, А.А. Ханнанов, М.П. Кутырева

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*gorovayaarina5@gmail.com*

Полиольный метод синтеза представляет собой эффективный и универсальный способ производства металлических наночастиц и нанокомпозитов на их основе. Одним из основных преимуществ полиольного подхода является высокая степень управляемости процесса, что позволяет получать наночастицы с определенными характеристиками для различных целей.

В рамках исследования предложен новый подход к синтезу водорастворимых композитов на основе наночастиц кобальта в смеси полимеров: сверхразветвленного полиэфирополиола четвертой генерации ( $G_4OH$ ) и полиэтиленгликоля 4000 (ПЭГ<sub>4000</sub>). Методами ИК-Фурье и УФ-Вид спектроскопии, РФА, ТГ-ДСК, NTA изучены условия формирования металлической нанофазы. Установлены состав и морфология нанокомпозитов, синтезированных при различных соотношениях  $v_{G_4OH}/v_{ПЭГ4000}$  и  $v_{Co(II)}/v_{OH\ polyol}$ : CoNp-1 ( $v_{G_4OH}/v_{ПЭГ4000} = 2:1$ ;  $v_{Co(II)}/v_{OH\ polyol} = 1:150$ ), CoNp-2 ( $v_{G_4OH}/v_{ПЭГ4000} = 1:1$ ;  $v_{Co(II)}/v_{OH\ polyol} = 1:150$ ), CoNp-3 ( $v_{G_4OH}/v_{ПЭГ4000} = 1:5$ ;  $v_{Co(II)}/v_{OH\ polyol} = 1:10$ ), CoNp-4 ( $v_{G_4OH}/v_{ПЭГ4000} = 1:10$ ;  $v_{Co(II)}/v_{OH\ polyol} = 1:10$ ). Все синтезированные образцы при комнатной температуре представляют собой порошки коричневого цвета для CoNp-1 и CoNp-2 и зеленого для CoNp-3 и CoNp-4. Синтез нанофазы кобальта в расплаве полиолов достигается при температуре 230 °С. Формирование металлической нанофазы подтверждается наличием в электронных спектрах поглощения образцов полос плазмонного резонанса металлического  $Co^0$  ( $\lambda_{ППР}=265-275\text{ нм}$ ).

Установлено, что увеличение соотношения  $v_{G_4OH}/v_{ПЭГ4000}$  с 2:1 до 1:1 позволяет получать водорастворимые нанокомпозиты. Изучение размерного распределения частиц CoNp в воде показало, что во всех соотношениях система характеризуется формированием полидисперсных агрегатов с гидродинамическим диаметром 80 нм для CoNp-2, 146 нм для CoNp-3 и 177 нм для CoNp-4. По данным NTA увеличение соотношения  $v_{G_4OH}/v_{ПЭГ4000}$  приводит к увеличению гидродинамического диаметра нанокомпозитов.

Таким образом, совокупность полученных данных позиционирует сочетание сверхразветвленных полиолов и полиэтиленгликолей в качестве перспективных компонентов одностадийного получения полимер-металлических водорастворимых наноматериалов.



## СИНТЕЗ НОВЫХ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ

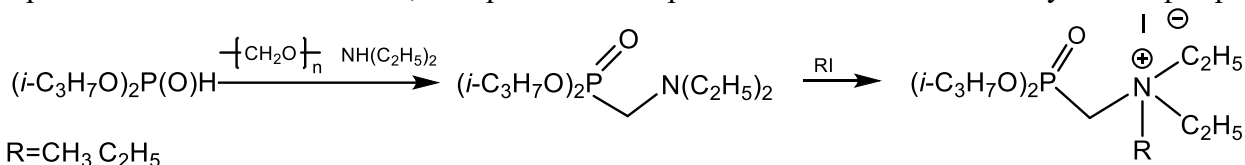
И.И. Дамиров, Р.Р. Давлетшин

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*damirov.ilgar@mail.ru*

Одной из мировых проблем общественного здравоохранения является, усиливающаяся с каждым годом, устойчивость патогенов к противомикробным препаратам. Популярным способом решения данной проблемы является создание эффективных противомикробных лекарств. В современной медицинской практике наибольшее распространение получили антимикробные фармпрепараты, содержащие в своем составе четырехкоординированный атомы азота или фосфора. Например, такие лекарственные средства как бензалкония хлорид, мирамистин, цетилпиридиния бромид, являются давно зарекомендовавшими себя антимикробными препаратами широкого спектра действия [1].

Нами была разработана двухстадийная методика синтеза фосфорилированных четвертичных аммониевых солей, содержащих изопропоксильные заместители у атома фосфора.



Первую стадию реакции проводили в течение четырех часов в ацетонитриле, с использованием в качестве катализатора п-толуолсульфокислоты. Вторая стадия заключалась во взаимодействии полученного α-аминофосфоната с алкилйодидами без растворителя при комнатной температуре. Все соединения выделены и охарактеризованы физическими методами исследования: ИК и ЯМР спектроскопией, а также рентгеноструктурным анализом (Рис. 1)

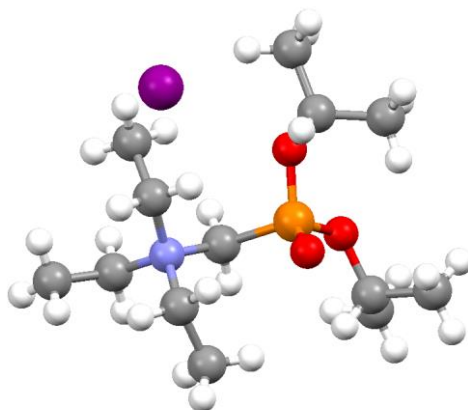


Рисунок 1. Молекулярная структура йодида диизопропоксифосфорилметан (триэтиламмония)

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»)*

1. Bureš F. *Topics in Current Chemistry*, **2019**, 377, 1-21.

## ПОРЦИОННО-ИНЖЕКЦИОННОЕ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ НА ПЛАНАРНОМ ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ БИНАРНОЙ СИСТЕМОЙ СЕРЕБРО-ПАЛЛАДИЙ

Ю.П. Добрынина, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*juliad99@mail.ru*

Пировиноградная кислота (ПК) – органическая биомолекула, промежуточное звено в метаболизме жиров, белков и углеводов. Обнаружение повышенного или пониженного уровня ПК может помочь в раннем выявлении некоторых видов рака, в диагностике и лечении дефицита витамина В1, сердечно-сосудистых заболеваний, диабете II типа.

В связи с необходимостью определения ПК в биологических жидкостях изучена каталитическая активность бинарной системы серебро-палладий (Ag–Pd), электроосажденной на поверхности рабочего электрода в составе планарного электрода (ПЭ), при окислении ПК в условиях циклической вольтамперометрии и порционно-инжекционного анализа (ПрИА).

ПК на немодифицированном ПЭ не окисляется. Бинарная система Ag–Pd, электроосажденная на ПЭ (Ag–Pd–ПЭ), проявляет каталитическую активность при окислении ПК. Катализ проявляется в уменьшении перенапряжения окисления субстрата и увеличении тока окисления модификатора. Зависимость тока пика окисления ПК от концентрации линейна в диапазоне от  $5 \times 10^{-4}$  до  $5 \times 10^{-2}$  М.

Разработаны способы амперометрического детектирования ПК на электроде Ag–Pd–ПЭ в условиях ПрИА. Оценено влияние гидродинамических и электрохимических параметров проточной системы на величину аналитического сигнала. Установлены рабочие условия регистрации аналитического сигнала в условиях потока. Зависимость тока окисления от концентрации ПК линейна в интервале концентраций от  $5 \times 10^{-6}$  до  $5 \times 10^{-2}$  М. Теоретическая производительность анализа в условиях ПрИА достигает 360 определений/ч, а рассчитанные значения  $S_r$  для тока окисления аналита не превышают 2.0 %. Показано, что анализ растворов в потоке обеспечивает высокую производительность, экспрессность и точность анализа, а в сочетании с амперометрическим детектированием на модифицированном электроде – высокую чувствительность определений. Предлагаемый способ определения ПК был апробирован для анализа искусственной урины. Присутствие матричных компонентов не мешает определению.

Преимуществом проведения анализа в порционно-инжекционной системе с амперометрическим детектором по сравнению с другими проточными методами является малый расход фонового электролита, отсутствие насоса и коммуникаций, рост чувствительности, воспроизводимости и экспрессности метода анализа.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).*

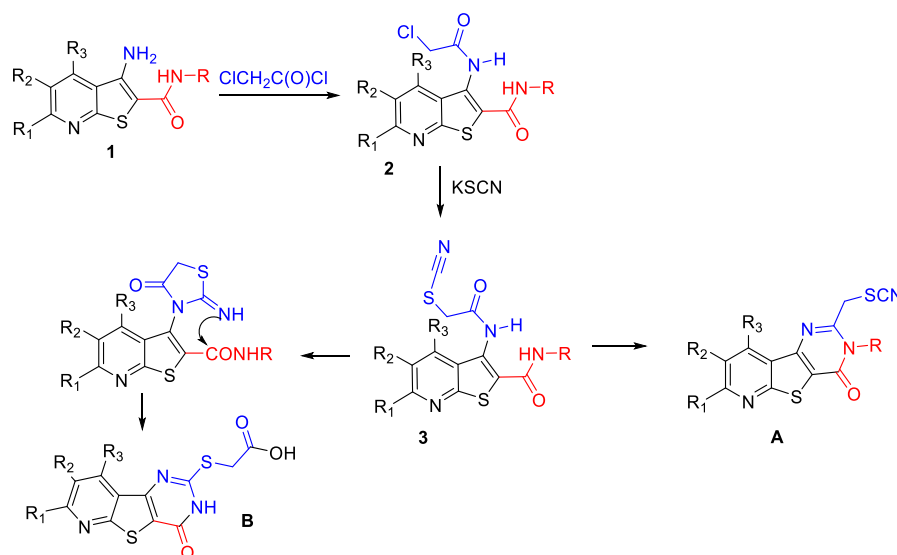
## ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИИ N-ЗАМЕЩЕННЫХ РОДАНОАЦЕТАМИДОВ

А.А. Долганов, Вл.К. Киндоп, В.К. Киндоп, А.В. Беспалов, В.В. Доценко

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

alexsm2004@gmail.com

Тиено[2,3-*b*]пиридины представляют собой важный класс соединений, обладающих значительным терапевтическим потенциалом. В последние годы наблюдается рост интереса к новым реакциям и модификациям соединений тиенопиридинового ряда, поскольку они открывают новые возможности для их применения и улучшения фармакологических характеристик [1]. Особый интерес представляет изучение гетероциклизации N-замещенных роданоацетамидов, содержащих замещенный тиенопиридиновый фрагмент (3). Ранее не описанные в литературе роданоацетамиды 3 доступны из 3-аминотиенопиридинов (1) через последовательную обработку хлорацетилхлоридом и роданидом калия. Реакция, предположительно, может протекать по двум альтернативным направлениям. Нами было установлено, что продуктами данного процесса являются производные пиридотиенопиримидина А.



Строение полученных соединений подтверждено спектральными методами. Свойства и фармакологический потенциал продуктов подлежат дальнейшему изучению.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МПИ-24.1/12

1 Litvinov, V.P., Dotsenko, V.V. & Krivokolysko, S.G. Thienopyridines: synthesis, properties, and biological activity. *Russ Chem Bull* **54**, 864–904 (2005).

# СИНТЕЗ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ДВА КАТИОННЫХ ЦЕНТРА, НА ОСНОВЕ ТРЕТИЧНЫХ ФОСФИНОВ И ЗАМЕЩЕННЫХ КОРИЧНЫХ КИСЛОТ.

Н.Е. Долгополов, Л.Ф. Сулейманов, С.Р. Романов, И.В. Галкина, Ю.В. Бахтиярова

Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

dolgopolov\_nikita@vk.com

Соли фосфония представляют особый интерес, поскольку могут служить диагностическими агентами для опухолей и митохондриально-адресованными антиоксидантами, экстрагентами, органокатализаторами, катализаторами фазового переноса, реагентами для синтеза.

Замещенные коричные кислоты нашли широкое применение в медицине (могут ингибировать ряд ферментов, затормаживать развитие некоторых микроорганизмов и грибов). На кафедре ВМ и ЭОС Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ ранее были синтезированы фосфониевые соли на основе коричных кислот. Однако данные соединения имели один фосфониевый центр в своей структуре. В настоящей работе изучены реакции бис(дифенилфосфино)алканов с 2-хлоркоричной и 3-нитрокоричной кислотами с целью синтеза фосфониевых солей с двумя катионными центрами (схема 1). Строение и состав соединений подтвержден комплексом спектральных методов. Микробиологические исследования выявили, что введение дополнительного катионного центра в структуру фосфониевой соли не приводит к значительному увеличению антимикробной активности.

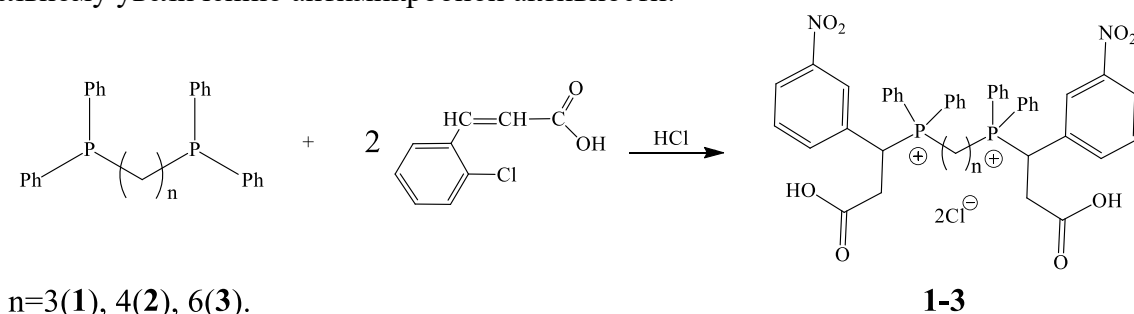


Схема 1.

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

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОЦЕССА ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОЛИГОМЕРОВ ГЛИКОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ НА ВЫХОД ГЛИКОЛИДА

А.И. Дьячков, Ю.С. Ерохина, Г.Ш. Алиев, Р.В. Томс, А.Ю. Гервальд

*МИРЭА – Российский Технологический Университет, Институт тонких химических технологий  
им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

*dyachkov.a.i@yandex.ru*

Биосовместимые полимеры на основе гликолида являются востребованными материалами, которые используют в медицине для создания саморассасывающихся имплантатов, хирургических нитей и штифтов, а также применяют в стоматологии, ортопедии и хирургии. Основным способом получения гликолида является его синтез из гликолевой кислоты, которую модифицируют многоатомными спиртами с целью увеличения чистоты и снижения гидроксилсодержащих примесей [1].

В работе было изучено влияние условий проведения синтеза гликолида деполимеризацией из олигомеров гликолевой кислоты, модифицированных глицерином в молярном соотношении 17 : 1, на выход целевого продукта. В качестве катализатора использовали оксид олова (IV) в концентрации 1 % масс.

Деполимеризацию модифицированных олигомеров гликолевой кислоты осуществляли в трехгорлой колбе, снабженной термопарой, магнитной мешалкой и обратным холодильником. Синтез гликолида был проведен при температурах 250, 260 и 270 °С и давлении менее 2 мбар. Было установлено, что с увеличением температуры процесса время выделения гликолида-сырца уменьшается со 100 до 47 минут. При этом выход гликолида-сырца на олигомеры составил 35,6, 71,5 и 64,3 % для температур синтеза 250, 260 и 270 °С, соответственно.

Таким образом, было установлено, что наибольший выход гликолида-сырца, равный 71,5 %, возможно достичь при температуре 260 °С и давлении менее 2 мбар.

1. Botvin V., Karaseva S., Salikova D., Dusselier M. Syntheses and chemical transformations of glycolide and lactide as monomers for biodegradable polymers // Polymer Degradation and Stability. – 2020. – V. 183, №109427. – P. 1-51.

## НАНОЧАСТИЦЫ $\text{CeO}_2$ И $\text{CeO}_2@\text{CaSO}_4$ : СИНТЕЗ В СТРУКТУРИРОВАННОЙ СРЕДЕ ПЭГ300 - ЛИМОННАЯ КИСЛОТА

С.С. Евстратова, Ц. Чжан, К.А. Игнатьева, М.П. Кутырева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

*Evstratova.14@mail.ru*

Использование наночастиц диоксида церия (НДЦ) является одним из перспективных решений проблемы окислительного стресса в связи с их ярко-выраженной антиоксидантной способностью. При этом антиоксидантная активность НДЦ в значительной степени определяется их морфологией и свойствами поверхности. Создание композитных составов на основе НДЦ позволяет получить наноматериалы с мультимодальными биологически значимыми свойствами. Поэтому развитие и совершенствование методов синтеза НДЦ и нанокompозитов на их основе представляет важную и актуальную задачу современного материаловедения для биомедицины.

С применением золь-гель технологии в двухкомпонентной организирующей среде ПЭГ300-лимонная кислота с последующим отжигом реакционной смеси разработаны методики синтеза  $\text{CeO}_2$ -NPs и композита  $\text{CeO}_2@\text{CaSO}_4$ -NPs. Варьирование температуры отжига осуществлялось в пределах 600 - 800 °С. По данным РФА с ростом температуры отжига наблюдается изменение состава и морфологии образцов  $\text{Ce}_6\text{O}_{11}$ -NPs  $25 \pm 3$  нм (600 °С);  $\text{CeO}_2$ -NPs  $12 \pm 3$  нм (600 °С);  $\text{CeO}_2$ -NPs  $29 \pm 1$  нм (800 °С) при возрастании кристалличности материала. Методом ПЭМ (рис.1) было определено, что полученные  $\text{CeO}_2$ -NPs представляют собой бимодальную систему из сфероидных кристаллитов  $\text{CeO}_2$  с размерами частиц 50 и 80 нм. Частицы композита  $\text{CeO}_2@\text{CaSO}_4$ -NPs монодисперсны, имеют сфероидную форму и средний диаметр 25 нм.

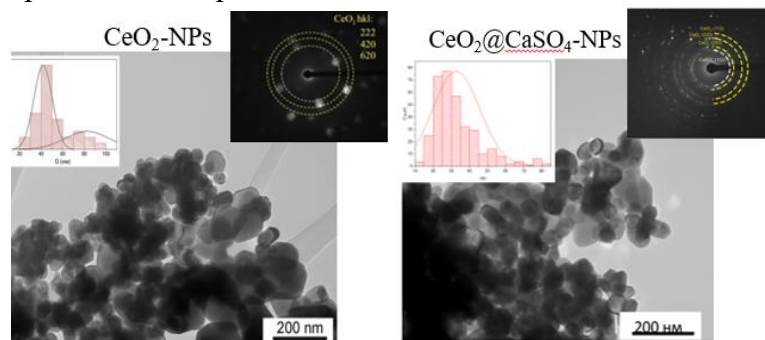


Рисунок 1. Характеристики  $\text{CeO}_2$ -NPs и  $\text{CeO}_2@\text{CaSO}_4$ -NPs по результатам ПЭМ и ED-анализа.

Биосовместимость образцов была исследована на эритроцитах крови человека и оценена по величине коэффициента гемолиза HC50, соответствующему разрушению 50% эритроцитов в пробе. Установлено, что  $\text{CeO}_2$ -NPs малотоксичны  $\text{HC50} = 1$  мг/мл. Гемосовместимость композита  $\text{CeO}_2@\text{CaSO}_4$ -NPs в 4 раза выше,  $\text{HC50} = 3,91$  мг/мл.

В дальнейшей работе предполагается исследование антиоксидантных свойств синтезированных наночастиц. Материал на основе  $\text{CeO}_2@\text{CaSO}_4$ -NPs может показать дополнительную эффективность при ускорении заживления костных травм.

# ПРОИЗВОДНЫЕ 2,2-ДИ(ГИДРОКСИМЕТИЛ)ПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТЫ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА

А.В. Ердякова, А.А. Ханнанов, М.П. Кутырева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Yerdyakova02@mail.ru

Синтез производных 2,2-ди(гидроксиметил)пропионовой кислоты (ДМПК) и их использование в формировании металлокомплексов с ионами серебра (Ag(I)) представляют собой значимый вклад в разработку функциональных полимерных систем. Исследование показало, что дендритные амфифильные структуры, благодаря наличию разветвленных гидрофильных и линейных гидрофобных фрагментов, способны эффективно стабилизировать наночастицы металлов [1-2].

Работа состояла из двух частей. Первая – разработка методик синтеза дендритных амфифилов первой и второй генерации. Вторая – в изучении их способности к стабилизации наночастиц серебра. Успешное прохождение синтеза подтверждалось появлением пиков молекулярного иона необходимой молекулярной массой при проведении масс-спектрометрии. Также при ИК-спектроскопии наблюдались характерные изменения спектров, такие как появление новых полос, указывающих на образование сложных эфиров. Проведение ЯМР анализа позволило определить структуру полимера и подтвердить дендритную природу соединений.

Для стабилизации наночастиц металлов были выбраны ионы серебра из-за их антибактериальных свойств и устойчивости к коррозии. Электронная спектроскопия показала появление пиков поглощения, подтверждающих стабилизацию наночастиц, включая сигналы поверхностного плазмонного резонанса (ППР) при 400 нм и образование кластеров при 300 нм. Атомно-силовая микроскопия выявила размеры полученных наночастиц, которые составляли 5,4 нм при соотношении полимер/Ag 1:2 и 4,1 нм при соотношении 1:1.

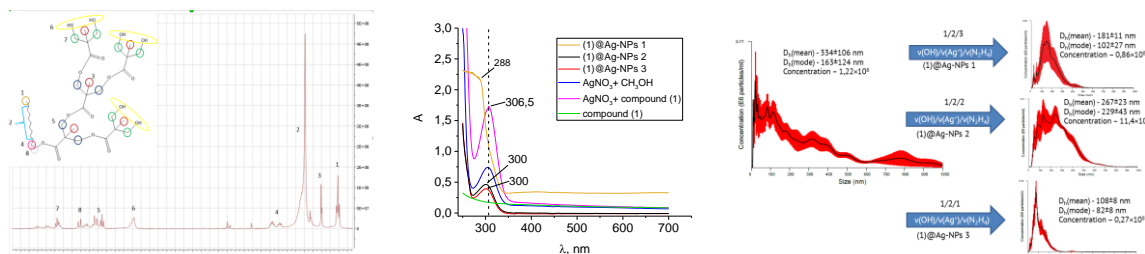


Рисунок 1. ЯМР-спектр полученного соединения второй генерации; Рисунок 2. Электронный спектр органозоля Ag/ДАП; Рисунок 3. Зависимость размера частиц от концентрации (NTA).

Проведенные исследования доказали, что дендритные амфифильные полимеры на основе ДМПК обладают способностью к эффективной стабилизации наночастиц металлов, обеспечивая их стабильность и низкий индекс полидисперсности. Эти свойства открывают перспективы для применения данных материалов в биомедицинских технологиях и промышленности, где требуются устойчивые и функциональные нанокомпозиты.

1. Carlmark, A. Dendritic architectures based on bis-MPA: functional polymeric scaffolds for application-driven research / A. Carlmark, E. Malmström, M. Malkoch // Chemical Society Reviews. – 2013. – Vol. 42. – No. 13. – P. 5858. DOI: 10.1039/c3cs60101c.
2. Lee, C., MacKay, J., Fréchet, J., et al. Designing dendrimers for biological applications // Nature Biotechnology. – 2005. – Vol. 23. – P. 1517–1526. DOI: 10.1038/nbt1171.



## СИНТЕЗ $\beta$ -ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Е.А. Ермакова, Р.Р. Давлетшин

Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

ermak-k99@mail.ru

Устойчивость патогенов к антибиотикам – глобальная проблема общественного здравоохранения. Разработка новых противомикробных препаратов — перспективное решение. Мы разработали методику синтеза  $\beta$ -фосфорилированных производных ЧАС (рис. 1), продолжая исследования, показавшие высокую активность  $\alpha$ -фосфорилированных аналогов [1-2].

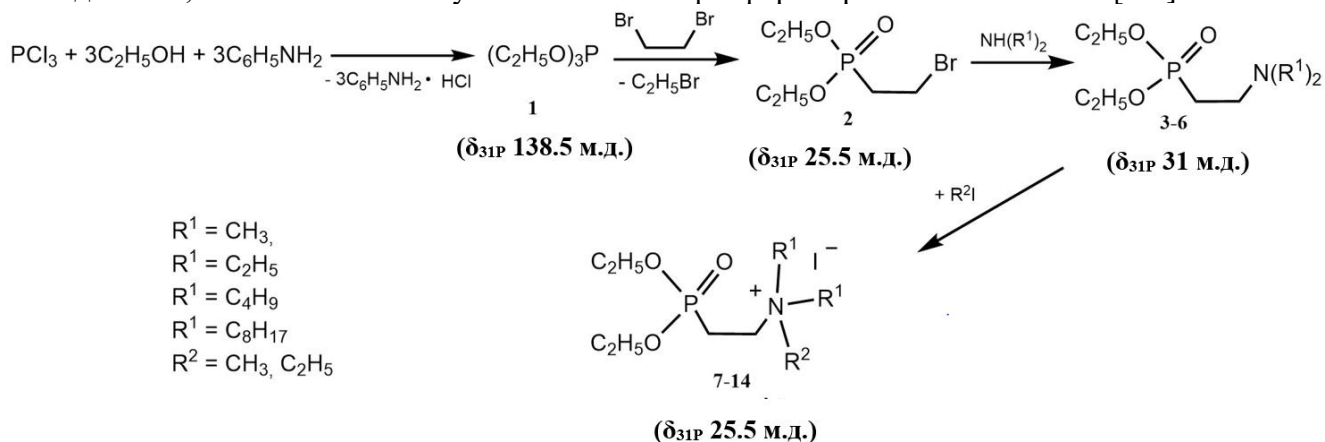


Рисунок 1. Схема синтеза  $\beta$ -фосфорилированных четвертичных солей аммония.

На первой стадии диэтил 2-бромэтилфосфонат **2** реагировал с диалкиламинами с образованием во всех случаях диэтилвинилфосфоната. После добавления в реакционную смесь водного раствора щелочи и бензола (1:1) наблюдалось образование продуктов **3-6**;

Далее соединения **3-6** использованы в реакции с йодистыми алкилами с получением  $\beta$ -фосфорилированных производных четвертичных солей аммония **7-14**.

Структура полученных целевых продуктов доказана комплексом физических методов исследования.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).

1. Gayneev A., Davletshin R., Davletshina N., Galkina I., Mirkhuzina M., Sedov A., Kuchaev E., Islamov D. Synthesis and antimicrobial activity of phosphorylated betaines // Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements. 2021 V. 197. P. 654-656.

2. Пат. 2770537 Рос. Федерация: МПК C07F 9/6581, A61K 31/66, A61P31/00 Фосфорилсодержащие четвертичные соли аммония с высшими алкильными заместителями, обладающие бактерицидной и фунгицидной активностью / Р.Р. Давлетшин, А.М. Гайнеев, И.В. Галкина, Н.В. Давлетшина, М.П. Шулаева, О.К. Поздеев.— №2021127127; заявл. 15.09.2021; опубл. 18.04.2022, бюл. № 11.

**СИНТЕЗ ПОРОШКОВ  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}(\text{Ca})_x\text{FeO}_3$  ( $x = 0,2$ ) ЗОЛЬ – ГЕЛЬ МЕТОДОМ**

Е.А. Ермакова<sup>a</sup>, С.С. Стрельникова<sup>a</sup>, А.С. Анохин<sup>a</sup>, М.С. Чувикина<sup>a</sup>,  
Д.А. Михальченко<sup>a,b</sup>, А.В. Шилов<sup>a,c</sup>, А.А. Акимова<sup>d</sup>

<sup>a</sup> *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, Москва, Россия*

<sup>b</sup> *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», институт новых материалов, Москва, Россия*

<sup>c</sup> *Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

<sup>d</sup> *МИРЭА - Российский технологический университет, Москва, Россия*

*elena-adrshina@mail.ru*

В работе методом золь-гель технологии были получены порошки составов  $\text{LaFeO}_3$ ,  $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{FeO}_3$ ,  $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{FeO}_3$  с помощью замещение ионов  $\text{La}^{3+}$  на ионы  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$ . Целью работы являлось изучение влияния различных технологических параметров на синтез, фазовый состав и размер зерна. Полученный гель подвергался сушке в свч-установке для удаления жидкой фазы и получения ксерогеля, который затем обжигался в муфельной печи при температуре 800 и 900°C с выдержкой при максимальной температуре в течение 10 часов. По результатам РЭМ порошки представляют собой конгломераты припекшихся мелкодисперсных частиц. Размеры частиц изменяются от 0,28 до 1,35 мкм при температуре 800 °C, а при повышении до 900 °C размер частиц возрастает и лежит в диапазоне от 0,58 до 1,48 мкм. Следует отметить, что порошки  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}(\text{Ca})_x\text{FeO}_3$ , полученные при температуре 800°C, имеют более равномерное распределение частиц по размерам. Повышение температуры синтеза порошков  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}(\text{Ca})_x\text{FeO}_3$  приводит к образованию агрегатов размером до 26 мкм. Таким образом, результаты исследования подтверждают эффективность золь-гель метода для синтеза порошков  $\text{LaFeO}_3$ ,  $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{FeO}_3$ ,  $\text{La}_{0,8}\text{Ca}_{0,2}\text{FeO}_3$ , а также открывают новые возможности для оптимизации свойств материалов путем изменения параметров синтеза. Выбор легирующих добавок и температурный режим может стать ключевым фактором в разработке материалов с заданными характеристиками.

## АРМИРОВАННЫЕ ПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ КВАРЦЕВЫХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Д.А. Ермолаев

*МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М. В. Ломоносова), Москва, Россия*

*d.ermolaev@npostek.ru*

В настоящее время, все большее развитие приобретает техника, работающая в СВЧ диапазоне. Ужесточение условий эксплуатации компонентов СВЧ электротехники, делает необходимым разработку материалов, отвечающих данным требованиям [1].

В данной работе, приведены результаты исследования технологических характеристик полимерной матрицы, предложены оптимальные технологические режимы процесса получения армированного полимерного композиционного материала (АрПКМ) на основе кварцевой ткани и различных выпускных формах фторопласта: порошки «Ф-4А», «Ф4-ПН» (ООО «ГалоПолимер Кирово-Чепецк», Россия), водная суспензия «Ф-4Д» (ООО «Пластполимер», Россия), пленка «Ф-4ЭО» (ООО «ТехПластПолимер», Россия).

Проведен сравнительный анализ структур стеклотканевых армирующих наполнителей и, на основании справочных и расчетных параметров структуры тканей, сделан научно-обоснованный выбор марки кварцевой ткани – «ТК-3» (АО «НПО Стеклопластик», Россия).

Плавление исследуемых марок фторопластов начиналось при температуре 330 – 345°C, согласно данным ДСК. По ТГ-кривой определены температуры начала деструкции 485 – 520°C. По данным дилатометрии, кристаллизация, происходила в температурном интервале 308 - 285°C. При охлаждении с 380 °C до 25 °C усадка составила 23 – 28%, из которой около 10 – 11% пришлось на усадку в расплаве.

Наименьшей пористости (менее 1%) удалось достичь при использовании суспензии «Ф-4Д» в качестве матрицы, при давлении прессования 10 Мпа, температуре 380 °C и времени выдержки 10 минут. В ходе работы, выявлен факт деструкции органического стабилизатора «ОП-7», который входил в состав водной суспензии «Ф-4Д», это делает невозможным использование данного материала в качестве СВЧ диэлектрика. Композиты на основе порошка «Ф-4А» имели наибольшую пористость – 9 – 12%. На основе пленки «Ф-4ЭО» были получены композиты с пористостью 6 – 8%. Пятислойный АрПКМ, на основе кварцевой ткани «ТК-3» и пленки «Ф-4ЭО», имел диэлектрическую проницаемость ( $\epsilon$ ) - 2,36 и тангенс угла диэлектрических потерь ( $\tan\delta$ ) – 0,0006 при частоте  $10^{10}$  Гц.

1. Трайнт Р. Методы прессования многослойных печатных плат из фторопласта/Р.Трайнт//Технологии в электронной промышленности–2005–№6–С.30–34

## СИНТЕЗ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СУПЕРАБСОРБЕНТОВ С РАЗВИТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

И.А. Журавлев, В.А. Киселев, А.В. Сорокин, М.С. Лавлинская

*Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия*

*ivan.geranos@yandex.ru*

Суперабсорбенты (САП) – гидрогели, способные удерживать в себе количества воды в сотни или тысячи раз превосходящие их собственную массу и чаще всего получаемых из синтетических акрилатных мономеров. Массовое внедрение таких САП в народное хозяйство влечет за собой высокую антропогенную нагрузку на окружающую среду, что является негативным фактором, сдерживающим расширение их применения, например, в сельском хозяйстве. Решением этой проблемы является использование более экологичных композиционных САП – гидрогелей, сочетающих в своем составе как акрилатные, так и биоразлагаемые, чаще всего – полисахаридные, звенья. Однако в химии композиционных САП существует проблема обратной зависимости степени набухания от содержания полисахаридной фракции, т.е. чем выше экологичность материала, тем меньшее количество влаги он может поглотить.

Для решения обозначенной проблемы нами предложено включение в состав композиционного суперабсорбента на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы порога карбоната аммония, использование которого приводит к развитию поверхности материала. Методом сканирующей электронной микроскопии показано, что внесение 5 % масс.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  приводит к образованию равномерно распределенных на поверхности материалов пор диаметром 1–5 мкм. В результате этого значение равновесной степени набухания такого суперабсорбента повышается на 26 % по сравнению с полимером, полученным без  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . Также показано, что движущей силой сорбции воды полимерами является хемосорбция, в независимости от присутствия порога, однако, в случае пористого САП процесс набухания протекает несколько быстрее.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 24-73-00251.*

# ONE-POT СИНТЕЗ БЕНЗОФОСФОЛЕНОВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИЙ ПРОИЗВОДНЫХ Р(III) С КАРБОНИЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ И ФЕНОЛАМИ

М.А. Заборский <sup>a</sup>, Д.А. Татаринов <sup>a,b</sup>, И.А. Литвинов <sup>b</sup>, В.Ф. Миронов <sup>a,b</sup>

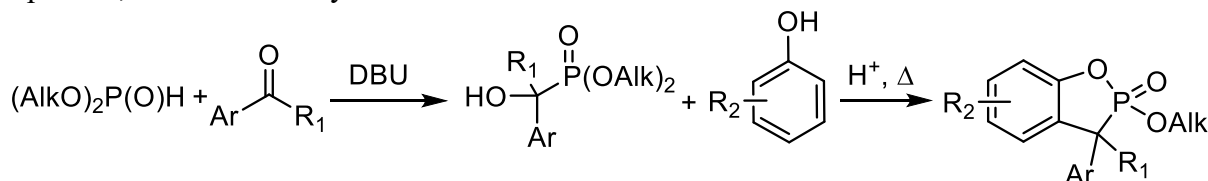
<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

<sup>b</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

makazab35@gmail.com

Бензофосфолены являются пятичленными фосфорсодержащими гетероциклами, проявляющими высокую биологическую активность [1]. Некоторые их производные обладают противовоспалительной, противоопухолевой, противовирусной активностью [2]. Кроме того, эти соединения могут выступать в роли антиоксидантов [3].

В данной работе представлен новый метод синтеза бензофосфоленов на основе последовательности реакций Абрамова и Фриделя-Крафтса. Метод включает образование связей Р-С и С-С, а также внутримолекулярную переэтерификацию с замыканием цикла. Все стадии процесса выполняются «one-pot», что позволяет синтезировать целевые структуры по эффективному атом-экономному подходу и без использования дорогих и сложных реагентов. В дополнение к этому, предложенная нами методика отличается вариабельностью и может быть проведена в широком температурном диапазоне и действии различных катализаторов как в растворителе, так и в его отсутствие.



Общая схема двухстадийного синтеза бензофосфоленов.

1. Nozaki E., Gotoh M. *Biochim. Biophys. Acta - Mol. Cell Biol. Lipids.*, **2011**, 4, 271–277.
2. Nifantiev E.E., Khrebtova S.B. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat Elem.*, **2002**, 1, 251–259.
3. Perez-Prieto J., Galian R.E. *Org. Lett.*, **2004**, 6, 561–564.

## ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПИЛЛАР[5]АРЕНЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ОДНОВРЕМЕННО ГИДРОХИНОНОВЫЕ ЗВЕНЬЯ И ФЕРРОЦЕНОВЫЕ ФРАГМЕНТЫ: СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Я.А. Зайцева, Д.И. Стойков, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

*Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

*iazayceva@mail.ru*

Разработка систем, чувствительных к изменению условий внешней среды, является приоритетным направлением в современной химии. Одним из решений может служить разработка новых полифункциональных молекул, содержащих электрохимические звенья. Внимание ученых привлекают пиллар[5]арены благодаря синтетической доступности данных макроциклов и широкому выбору способов их химической модификации [1]. Введение в молекулу пиллар[5]арена ферроценовых групп позволяет получить соединения, чувствительные к некоторым белкам, связанных с опухолевыми заболеваниями; примером может служить глутатион (GSH), чья концентрация в опухолевых клетках выше, чем в здоровых [2].

В данной работе нами были получены пиллар[5]арены, содержащие в своей структуре сразу две электрохимически активных группы – гидрохиноновые и ферроценовые фрагменты. Путем азид-алкинового циклоприсоединения были получены целевые соединения с высоким выходом. Была усовершенствована методика получения данных макроциклов подбором оптимальных условий реакции и способа очистки. Структуру подтверждали методами ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , ИК спектроскопии и масс спектрометрии. Были изучены электрохимические свойства полученных макроциклов, содержащих в своей структуре гидрохиноновые группировки и ферроценовые фрагменты, а также сделан вывод об увеличении электрохимического отклика при одновременном введении в макроциклическую платформу вышеуказанных функциональных групп.

1. Wu, J.R. New opportunities in synthetic macrocyclic arenes / J.R. Wu, Y.W. Yang // Chem. Commun. – 2019. – V. 55. – № 11. – P. 1533-1543.
2. Chang, Y. Cationic Vesicles Based on Amphiphilic Pillar[5]arene Capped with Ferrocenium: A Redox-Responsive System for Drug/siRNA Co-Delivery / Y. Chang, K. Yang, P. Wei, S. Huang, Y. Pei, W. Zhao, Z. Pei // Angew. Chem. Int. Ed. – 2014. – V. 53. – № 48. – P. 13126-13130.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ В РАСТВОРАХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК СЕРЫ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНИМИНОМ

З.Р. Зарафутдинова <sup>a</sup>, Э.Т. Гайфуллина <sup>a</sup>, А.Б. Зиятдинова <sup>a</sup>, Р.Р. Амиров <sup>a</sup>,  
С.А. Мирсайязнова <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ (Чистопольский филиал «Восток»), Чистополь, Россия

zarema.lion@yandex.ru

Фотолуминесцентные материалы на основе квантовых точек представляют значительный интерес благодаря своим уникальным оптическим свойствам. Квантовые точки серы (КТС) не содержат ионы тяжелых металлов и поэтому имеют перспективы применения в том числе и для биомедицинских целей. В связи с этим актуальным является исследование влияния различных факторов (например, pH среды) на процесс синтеза КТС в растворах.

Ранее нами было показано, что мицеллообразующее катионное ПАВ эффективно стабилизирует КТС в водных растворах [1]. В данном исследовании была проверена возможность получения КТС в присутствии катионного полиэлектролита ПЭИ-1300, который благодаря наличию в своем составе атомов азота дает щелочную реакцию в водном растворе. Для оценки роли щелочи при получении КТС, стабилизированных ПЭИ-1300, проводили 2 параллельных синтеза: с добавкой и без добавки NaOH. Синтезы вели при нагревании (70 °C) и непрерывном перемешивании в течении 6 часов. В обоих случаях использовали H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> для получения S<sup>0</sup> *in situ* по реакции кислотного гидролиза Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Оказалось, что в отсутствие щелочи значение pH раствора равно 2,5 и лишь значительное количество ПЭИ (450 мМ по звену) приводит к достижению pH 7-8. Эксперимент показал, что в кислой среде КТС практически не образуются даже при добавлении пероксида водорода. В щелочной среде, напротив, КТС эффективно образуются после травления пероксидом водорода даже без использования NaOH. Таким образом, pH играет ключевую роль при образовании КТС, причем щелочную среду можно создавать не только традиционной щелочью, а использовать другие реагенты, которые могут одновременно выполнять роль и контролера pH, и стабилизатора.

1. Gaifullina E.T., Shmelev A.G., Gataullina R.M., Zarafutdinova Z.R., Kornev T.A., Nizameeva G.R., Zairov R.R., Ziyatdinova A.B., Amirov R.R. Sulfur quantum dots stabilized by myristyl trimethylammonium bromide / Optical Materials. — 2024. — Vol. 157 (P.2), Art. N 116269.



## ПОЛУЧЕНИЕ НИКЕЛЯ В АВТОКЛАВНЫХ УСЛОВИЯХ И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СВОЙСТВ

В.Е. Звездаков <sup>a</sup>, Е.В. Фесик <sup>a,b</sup>, Е.В. Гусева <sup>c</sup><sup>a</sup> РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия<sup>b</sup> РТУ МИРЭА, Москва, Россия<sup>c</sup> КНИТУ, Казань, Россия

victor.zvezdakov@bk.ru

Получение новых материалов на основе высокодисперсного порошка никеля является признано перспективным направлением современного материаловедения, поскольку, имеет значительные перспективы использования их на практике. Высокодисперсный никель находит широкое применение как катализатор самых разных химических реакций [1, 2]. В литературе хорошо описаны способы получения порошков высокодисперсного никеля в том числе в автоклавных условиях [3, 4], где авторы используют гидразин как восстановитель. В настоящем докладе сообщаются результаты исследования процесса получения высокодисперсного никеля путем восстановления  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  в водных аммиачно-щелочных растворах при 190 °С в автоклавных условиях за счет внутрисферного аммиака, который в момент выделения восстанавливает ионы никеля до металлического состояния. Методами РФА показано, что черный порошок, полученный в результате автоклавного термоллиза  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  в водном аммиачно-щелочном растворе при 190 °С, представлен одной фазой – металлическим никелем. Методом СЭМ и ЭДС определено, что порошинки имеющие сферическую форму до 1 мкм, образуют крупные агломераты до 2-3 мкм. Результаты работы способствуют развитию стратегического направления металлургической промышленности и могут быть положены в основу получения порошков, а также катализаторов на основе никеля в одну стадию без привлечения дополнительных восстановителей.

1. Никелевые катализаторы на основе пористого никеля для реакции паровой конверсии метана / З. А. Сабилова, М. М. Данилова, В. И. Зайковский [и др.] // Кинетика и катализ. – 2008. – Т. 49, № 3. – С. 449-456.
2. Изучение процесса гидрирования карбонильных соединений в присутствии наноструктурированных никелевых катализаторов / А. В. Разваляева, А. О. Сергеев, Д. С. Косьяненко [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2023. – № 12(283). – С. 46-50. –
3. Получение металлических порошков никеля и кобальта в автоклавных условиях / Н. В. Белоусова, О. В. Белоусов, Р. В. Борисов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 15-24.
4. Автоклавный синтез высокодисперсных порошков никеля / Белоусов О.В., Борисов Р.В., Белоусова Н.В. и др. // Журнал неорганической химии, 2021, Т.66, № 10, с. 1380–1386.

# МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ *N*-ФЕНИЛАМИДОВ И *N*-БЕНЗИЛАМИДОВ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

А.Д. Злыгостев <sup>a,b</sup>, А.И. Кононов <sup>b</sup>, М.А. Хворова <sup>a,b</sup>, С.О. Стрекалова <sup>b</sup>, Ю.Г. Будникова <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия  
<sup>b</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

andrey.windsor29@yandex.ru

Азотсодержащие ароматические соединения, в частности *N*-фениламиды и *N*-бензиламиды, широко используются в качестве биологически активных веществ (фармпрепараты, агрохимикаты) и их прекурсоров [1]. Поиск эффективных методов образования амидных C-N связей остается актуальной задачей в области органической химии. Одной из значимых альтернатив является проведение амидирования в условиях электросинтеза, поскольку электрохимические реакции протекают в мягких условиях.

В данной работе был предложен электрохимический метод синтеза *N*-фениламидов и *N*-бензиламидов с высокими выходами (до 87%) непосредственно из ароматических субстратов с электронно-донорными и электро-акцепторными заместителями, с использованием нитрилов (MeCN, EtCN) в качестве источника амидного фрагмента [2].

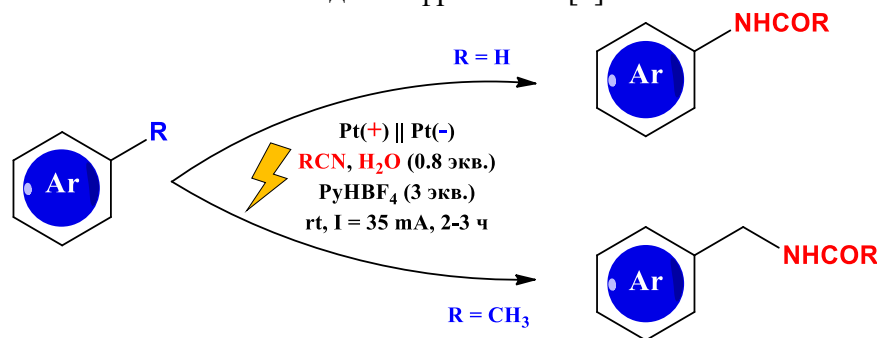


Рисунок 1. Электрохимический синтез *N*-фениламидов и *N*-бензиламидов

1. Kar S., et al. *Chem. Rev.*, **2021**, 122(3), 3637.
2. Kononov A., Strekalova S., Kobeleva E., Savelyev G., Zlygostev A., Khvorova M., Morozov V., Babaeva O., Budnikova Y., *Curr. Res. Green Sust. Chem.*, **2024**, 8, 100406.

## МЕМБРАННАЯ ЭКСТРАКЦИЯ САМАРИЯ ПО МЕХАНИЗМУ АКТИВНОГО ТРАНСПОРТА

С.Э. Зульфугарова, А.М. Хакимзянова, Р.Р. Давлетшин, Н.В. Давлетшина

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*zulfugarova56311@gmail.com*

Извлечение редкоземельных элементов с помощью мембранной экстракции представляет собой перспективный метод, который позволяет отделять ценные металлы от сопутствующих им в минералах различной природы [1]

По разработанной ранее методике, заключающейся в использовании механизма активного транспорта при мембранной экстракции ионов редкоземельных металлов и последующего их количественного определения спектрофотометрически, нами была получена зависимость транспорта Sm от концентрации  $\text{KNO}_3$  в отдающем растворе. В качестве экстрагента было использован фосфорилированный бетаин  $\text{O}(\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O})\text{P}(\text{O})\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)(\text{C}_8\text{H}_{17})_2$ :

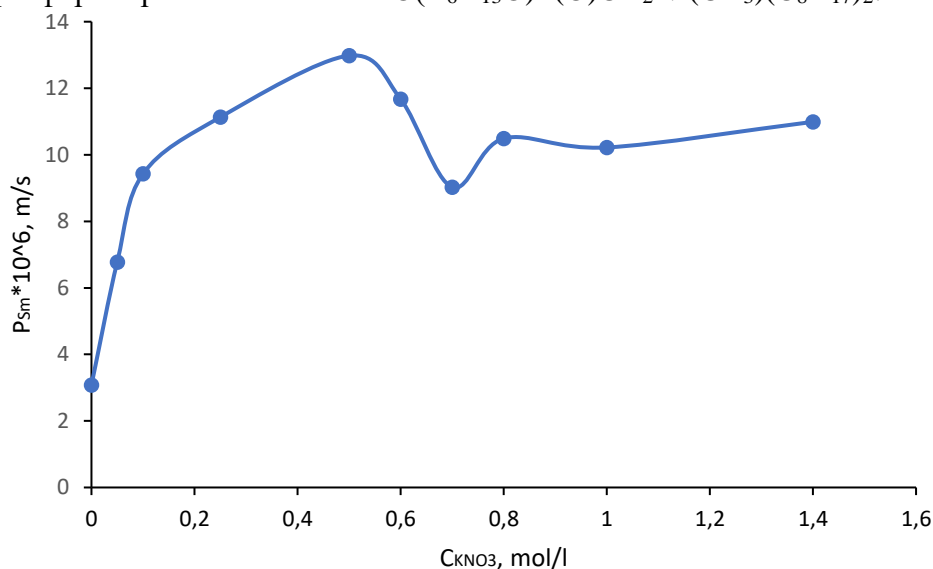


Рисунок 1. График зависимости проницаемости  $P_{\text{Sm}}$  от концентрации  $C_{\text{KNO}_3}$

Согласно полученным данным, величина проницаемости достигает максимального значения при концентрации нитрата калия  $C_{\text{KNO}_3} = 0.50$  моль/л.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (“Приоритет-2030”)*

1. Kim, D. A supported liquid membrane system for the selective recovery of rare earth elements from neodymium-based permanent magnets / D. Kim, L. Powell, L.H. Delmau, E.S. Peterson, J. Herchenroeder, R.R. Bhavé // Separation Science and Technology. – 2016. – V.51. – P.1716-1726.

## КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ СИНТЕЗИРОВАННОГО 2-ЭТИЛГЕКСАНОАТА ХРОМА (III) В РЕАКЦИИ ГОМОГЕННОЙ ТРИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА

А.С. Иванов <sup>a,b</sup>, А.В. Сухов <sup>a,b</sup>, М.М. Никитин <sup>a</sup>, М.С. Сафонов <sup>a</sup>, Д.Г. Яхваров <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

minandreybit@mail.ru

Гексен-1 – один из важнейших представителей класса линейных альфа-олефинов, являющийся ключевым компонентом для производства широкого спектра полимерных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, востребованных в медицине, строительстве, автомобильной промышленности, пищевой и других социально значимых отраслях промышленности Российской Федерации [1-2].

В данной работе представлена новая электрохимическая технология синтеза 2-этилгексаноата хрома (III)  $\text{Cr}(2\text{-EH})_3$ , где EH - 2-этилгексаноат, проявляющего в смеси с 2,5-диметилпирролом,  $\text{Et}_3\text{Al}$  (или  $\text{Et}_2\text{AlCl}$ ) высокую селективность (более 99%) и активность (более  $3 \cdot 10^4$  моль $\text{C}_2\text{H}_4$ ·моль $\text{Cr}^{-1}$ ·ч $^{-1}$ ) в процессе гомогенной тримеризации этилена с получением гексена-1 [3]. При использовании метода *in situ* спектроскопии электрохимии установлено, что в качестве электрохимического медиатора в ходе электросинтеза  $\text{Cr}(2\text{-EH})_3$  могут выступать различные анионы используемой фоновой соли. Исходя из экспериментальных кинетических кривых установлен механизм электрохимического анодного растворения металлического хрома для получения 2-этилгексаноата хрома (III)  $\text{Cr}(2\text{-EH})_3$ .

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

1. Alferov K. A., Belov G. P., Meng Y. Applied Catalysis A: General. 2017. 542. 71.
2. Bekmukhamedov G. E., Sukhov A. V., Kuchkaev A. M., Kuchkaev A. M., Khayarov K. R., Dobrynin A. B., Babaev V. M., Yakhvarov D. G. Polyhedron. 2022. 223. 115978.
3. Яхваров Д.Г., Иванов А.С., Сухов А.В. Патент РФ № 2822543 от 09.07.2024, приоритет от 22.12.2023.

# СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НОВЫХ ИМИННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРОКАТЕХИНА И ИХ КОМПЛЕКСЫ С КАТИОНАМИ Cu(II)

В.С. Иванова<sup>b</sup>, Ю.В. Стрельникова<sup>a,b</sup>, А.С. Овсянников<sup>a,b</sup>, И.А. Литвинов<sup>a</sup>,  
С.Е. Соловьева<sup>a,b</sup>, И.С. Антипин<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е.Арбузова,  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

veta132544@gmail.com

Комплексы меди представляют собой привлекательные объекты для исследований в сфере координационной химии благодаря широкому применению в биохимических и каталитических процессах. [1]. Использование органических лигандов для получения комплексов меди открывает дополнительные возможности настройки свойств металл-органической системы, которая может осуществляться за счёт контролируемого искажения в координационной сфере ионов Cu(II), достигаемого путём целенаправленной модификации органических лигандов, что открывает перспективы для разработки новых материалов с желаемыми характеристиками, включая каталитические свойства [2].

В данной работе представлен синтез новых производных пирокатехина, которые содержат гибкий алкильный спейсер и два эндоориентированных иминофенольных фрагмента, отличающихся между собой природой и расположением заместителей. На основе полученных лигандов синтезирован ряд новых комплексов с катионами Cu (II). Все полученные соединения были изучены комплексом физико-химических методов анализа (<sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопия, ИК-спектроскопия, MALDI-MS, PCA).

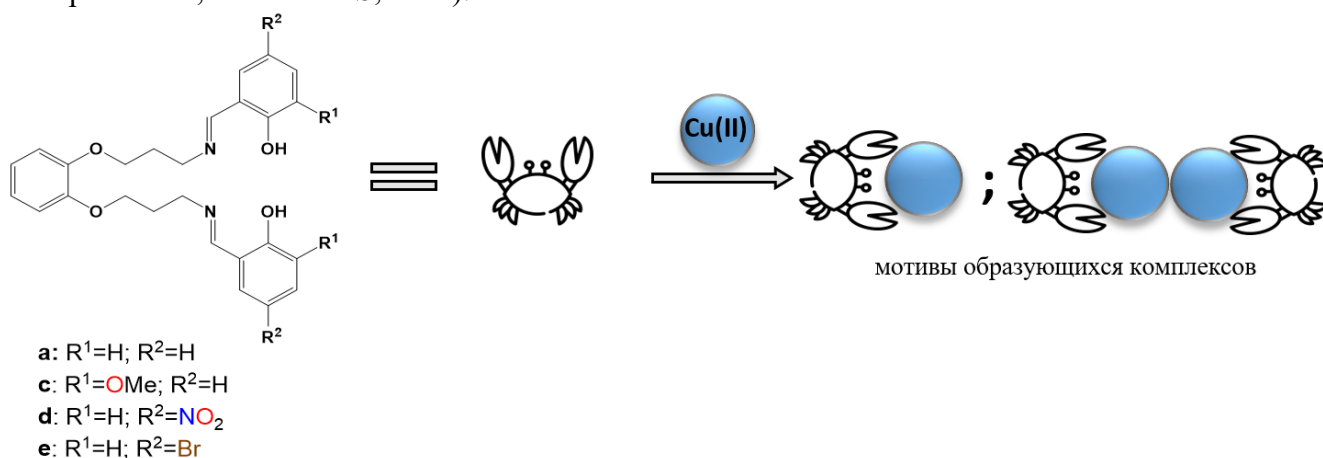


Рисунок 1. Целевые производные пирокатехина и структурные мотивы комплексов с Cu(II).

*Благодарности:* Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант №22-73-10139).

1. M. Rajasekar, S. Sreedaran, R. Prabu, V. Narayanan, R. Jegadeesh, N. Raaman, A. Kalilur Rahiman. *J. Coord. Chem.* **2009**. V. 63. № 1. 136-146.
2. G. Kumar, S.K. Das. *Inorg. Chem. Front.* **2017**. V. 4. № 2. 202-233.

## СИНТЕЗ СШИВАЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИ(МЕТ)АКРИЛОВЫХ МИКРОСФЕР МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.И. Игошина<sup>a</sup>, К.К. Ширшин<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> *Нижегородский государственный технический университет  
имени Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия*

<sup>b</sup> *Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, Россия*

*v.strahova-maks@yandex.ru*

В последние годы активно проводятся исследования по поиску новых химических агентов для сшивания линейных макромолекул. Сшивающие агенты на основе метакрилатов многоатомных спиртов находят широкое применение в различных областях медицины, в частности, в стоматологии. Так, например, полимерные композиции, получаемые при переработке микросфер полиметилметакрилата (ПММА) в среде мономера в присутствии определённых сшивающих агентов, достаточно давно и весьма успешно используются в стоматологии в качестве материала для изготовления зубных протезов, временных коронок и искусственных зубов. Сшивающие агенты на основе олигометакрилатов, а именно триметилпропан триметакрилат (ТМПТМА) и полиэтиленгликоль диметакрилаты (ПЭГДМА) различной молекулярной массы обладают хорошей адгезией и биосовместимостью с зубной тканью, низким влагопоглощением, а также высокой устойчивостью и стойкостью к истиранию.

В данной работе исследовался синтез описанных ранее сшивающих агентов. В лабораторных условиях тризамещённый эфир ТМПТМА получали как методом этерификации метакриловой кислоты (МАК), так и переэтерификацией метилметакрилата (ММА) триметилпропаном (ТМП). В ходе проведения серии экспериментов было установлено, что оптимальным способом получения ТМПТМА является метод этерификации. Данный метод позволяет достичь практически количественных выходов мономера на стадии синтеза. Аналогичным способом получали и диметакрилат ПЭГДМА. Синтез проводили в присутствии классических катализаторов этерификации (растворы минеральных кислот), а также ингибиторов радикальной полимеризации (гидрохинон, п-метоксифенол и их смеси) в среде растворителя (толуол, гексан, циклогексан). Безусловно, использование ТМПТМА и ПЭГДМА в качестве сшивающих агентов в процессе получения полимерных композиций на основе микросфер ПММА является достаточно перспективным направлением. Потенциальное промышленное применение метакрилатов многоатомных спиртов обуславливает дополнительный интерес к изучению особенностей синтеза соединений данного класса.

## СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ (ТИА)КАЛИКС[4]АРЕНОВ, ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ИМИННЫМИ И ТРИАЗОЛИЛЬНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ

А.А. Иова<sup>a</sup>, Ю.В. Стрельникова<sup>a,b</sup>, А.С. Овсянников<sup>b</sup>, Д.Р. Исламов<sup>b</sup>, П.В. Дороватовский<sup>c</sup>,  
А.Т. Губайдуллин<sup>b</sup>, С.Р. Клешнина<sup>b</sup>, И.А. Литвинов<sup>b</sup>, А.Е. Вандюков<sup>b</sup>,  
С.Е. Соловьева<sup>a,b</sup>, И.С. Антипин<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

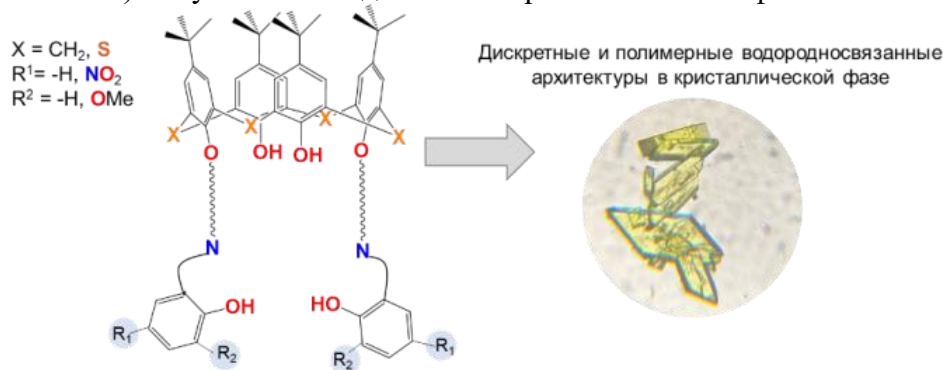
<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,  
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

<sup>c</sup> Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

aa.iova@mail.ru

В настоящее время органические соединения в виде молекулярных кристаллов широко применяются в качестве лекарств [1], в области полупроводниковых и оптических материалов [2]. При этом функциональные свойства таких материалов зависят от супрамолекулярной организации, которая определяется геометрией молекул и силой межмолекулярных взаимодействий [3]. В данном контексте понимание и контроль над процессом молекулярной «самосборки» органических кристаллов открывает широкие возможности управления их свойствами.

В данной работе в качестве объектов исследования выступают новые дизамещённые салицилиденаминные и триазолильные производные (тия)каликс[4]арена, способные образовывать дискретные и полимерные супрамолекулярные ансамбли в кристаллической фазе под действием межмолекулярного водородного связывания. В работе представлен синтез и структура новых макроциклических соединений, изученная с помощью <sup>1</sup>H/<sup>13</sup>C ЯМР-, ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии, ТГ-ДСК, монокристаллографического РСА. Установлены структурные факторы, влияющие на супрамолекулярную организацию (димерные или полимерные ансамбли) полученных соединений в кристаллической фазе.



Монокристалл производного каликс[4]арена (R<sub>1</sub>=NO<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>=H) под микроскопом

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 22-73-10139.*

1. Corpinot M., Bučar D. *Cryst. Growth Des.*, **2019**, 19, 1426–1453.
2. Ostroverkhova O. *Chemical reviews*, **2016**, 116, 13279-13412.
3. Gorbachuk V. V. et al. *Reactive and Functional Polymers*, **2020**, 150, 104546.



# СИНТЕЗ ПРЕКУРСОРОВ CuAAC-РЕАКЦИЙ И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИСКАЛИКСАРЕНОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ИХ ОСНОВЕ

З.Э. Исхакова<sup>a</sup>, Е.Г. Макаров<sup>a</sup>, В.А. Бурилов<sup>a</sup>, С.Е. Соловьева<sup>a,b</sup>, И.С. Антипин<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Химический институт А.М. Бутлерова, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

Zarina-ish@mail.ru

Каликсарены являются отличной платформой для создания новых функциональных супрамолекулярных систем. Наличие в их структуре двух активных реакционных центров (арильного каркаса и фенольных гидроксильных групп) открывает возможность легкой их модификации. Введение азидных групп на каликс[4]арен позволяет применять данный макроцикл в медь(I)-катализируемой реакции азид-алкинового циклоприсоединения с получением соединений более сложной архитектуры, а сохранение свободных гидроксильных групп на нижнем ободе позволяет получать различные функциональные материалы на их основе.

В данной работе продемонстрирована новая подробная методика получения моноазид производного каликс[4]арена со свободными гидроксильными группами, на основе него были синтезированы бискаликсарены, содержащие в качестве линкеров пирокатехиновые, гидрохиноновые, ди- и тетраэтиленгликолевые фрагменты (рис. 1) и способные связывать ряд аммонийных и пиридиниевых солей. Также были получены водорастворимые бискаликсарены, содержащие сульфатные группы.

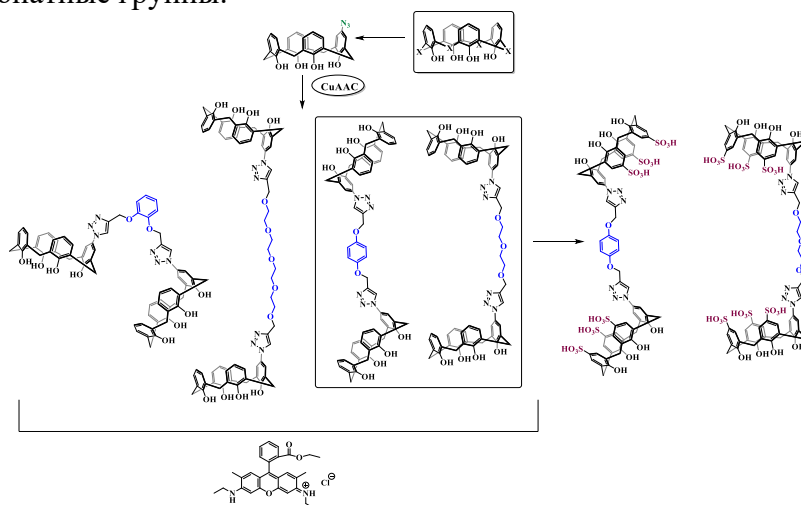


Рисунок 1. Синтез азид-производного каликс[4]арена и получение бискаликсаренов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 23-23-00291.

## РАЗРАБОТКА ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ СОРБЦИИ БИОМОЛЕКУЛ

А.Ф. Кадиров, А.А. Ханнанов, М.П. Кутырева

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*aigizkadirov@gmail.com*

Разработка селективных и высокоёмких сорбентов биологических молекул является перспективным подходом к выделению и очистке биологически активных соединений, а также находит применение в гемосорбции [1]. Для достижения этой цели необходимо детально изучить общие свойства получаемых сорбентов, а также оценить сорбционные способности по отношению к модельным биомолекулам.

Был получен  $\gamma$ -гидроксид алюминия (s-1), поверхность которого затем была модифицирована янтарным ангидридом (s-2). Сравнительный анализ ИК-спектров полученных соединений свидетельствует об успешной модификации поверхности – в спектре продукта s-2 не было обнаружено характерных полос ангидридного фрагмента, но наблюдались полосы валентных колебаний связей Al-O и Al-O-Al. Морфология продуктов была изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии и ЯМР-порометрии, по результатам которых было выяснено, что модификация не отразилась на форме частиц и размерах пор (рис.1). Размеры пор в полученных композитах составили  $10 \pm 4$  нм и  $12 \pm 6$  нм для s-1 и s-2 соответственно.

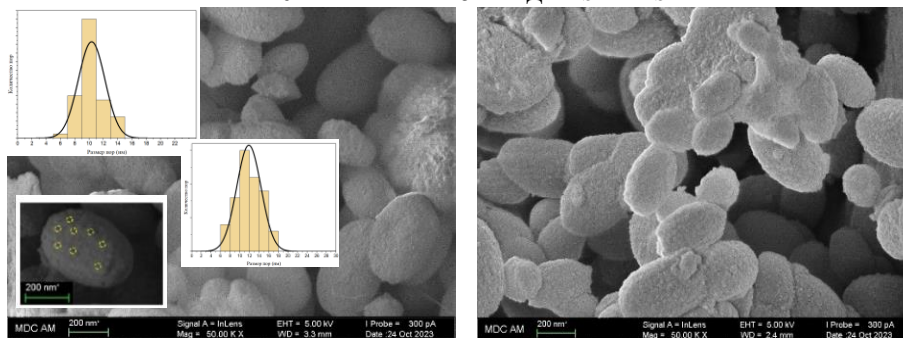


Рисунок 2. Сканирующая электронная микроскопия.

Для оценки сорбционной способности использовали белки Hb, Cym и cyt c. Исходя из расчётов по моделям Темкина и Фрейндлиха, доказано, что оба продукта способны только к физической адсорбции, причём константы связывания выше в случае s-1. Это говорит нам о том, что продукт s-2 не связывает необходимые компоненты крови, что делает его пригодным к использованию в гемосорбции.

1. Shimizu, T. Endotoxin adsorption: Direct hemoperfusion with the polymyxin B-immobilized fiber column (PMX) / T. Shimizu, T. Miyake, N. Kitamura et al. // Transfusion and Apheresis Science. – 2017. – Vol. 56. – Endotoxin adsorption. – № 5. – P. 682-688. DOI: 10.1016/j.transci.2017.08.015.

## ПОЛУЧЕНИЕ 3,5-ДИМЕТИЛПИРАЗОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ П-ТРЕТ-БУТИЛТИАКАЛИКС[4]АРЕНА И ИХ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА

В.И. Калинин, Е.В. Расперетихина, И.И. Стойков

*Химический институт А.М. Бутлерова, Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

*valerargentum@gmail.com*

Одним из разделов медицинской диагностики является диагностика медь-зависимых заболеваний, например, болезни Вильсона-Коновалова и Менкеса [1]. Перспективными средствами исследований такого рода являются внешние сенсоры, которые не требуют применения *in vivo* [2]. Для изготовления таких сенсоров необходимы соединения, способные селективно связываться с катионами меди (II).

Разработан подход к получению 3,5-диметилпиразольных производных п-трет-бутилтиакаликс[4]аренов в трёх стереоизомерных формах (*конус*, *частичный конус* и *1,3-альтернат*), а также мономерного производного феноксиуксусной кислоты с высокими выходами. Полученные соединения были охарактеризованы рядом физических методов: спектроскопия ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , ИК-спектроскопия, масс-спектрометрия MALDI, элементный и рентгеноструктурный анализ.

Были исследованы комплексообразующие свойства полученных соединений в среде хлороформ-метанол (95:5). Обнаружено, что все три синтезированных стереоизомера селективно связываются с катионами Cu(II) с константами порядка  $10^4$  со стехиометрией 1:1.

1. Crisponi, G. et al. Copper-related diseases: from chemistry to molecular pathology. *Coord. Chem. Rev.* 2010, 254, 7-8, 876–889.
2. Vulpe G. et al. Wearable technology for one health: Charting the course of dermal biosensing. *Biosensors and Bioelectronics: X.* 2024, 19, 100500.

## ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЕ *ТРАНС*-АНЕТОЛА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ПОЛИ(ФЕНОЛОВЫЙ КРАСНЫЙ–*П*-КУМАРОВАЯ КИСЛОТА)

А.Д. Калмыкова, Г.К. Зиятдинова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*alena.kalmykova.pnb.2000@mail.ru*

*Транс*-анетол – один из основных компонентов эфирного масла аниса, также встречается в маслах майорана, фенхеля и других растений. Это вещество с приятным запахом, что обуславливает его широкое применение в парфюмерной и косметической промышленности, фармации и кулинарии. *Транс*-анетол проявляет противовирусные, противомикробные, седативные и обезболивающие свойства и его определение в растительном сырье и продуктах на его основе, в частности, с применением электрохимических методов, представляет интерес.

Предложен стеклоуглеродный электрод, модифицированный послойным сочетанием многостенных углеродных нанотрубок и электросополимеризованными феноловым красным и *п*-кумаровой кислотой, дающий отклик на *транс*-анетол. Проведен поиск оптимальных условий получения полимерного покрытия в потенциодинамическом режиме по вольтамперометрическим характеристикам 5.0 мкМ *транс*-анетола на фоне универсального буферного раствора с pH 2.0. Установлено, что электросополимеризацию следует проводить из эквимольной 100 мкМ смеси мономеров путем пятнадцатикратного циклирования потенциала от 0.0 до 1.2 В со скоростью 50 мВ/с в универсальном буферном растворе с pH 7.0. Электрод охарактеризован методами сканирующей электронной микроскопии и спектроскопии электрохимического импеданса.

Изучено электроокисление *транс*-анетола на основе вольтамперометрических данных при варьировании pH фонового электролита и скорости сканирования потенциала. Установлено, что протоны не участвуют в электроокислении и электродный процесс контролируется поверхностными процессами, что подтверждается линейной зависимостью тока окисления *транс*-анетола от скорости сканирования потенциала. Рассчитаны параметры электроокисления *транс*-анетола (число электронов равно 1, поверхностная концентрация составляет  $233 \pm 9$  пмоль/см<sup>2</sup>, гетерогенная константа скорости переноса электрона равна  $1646 \pm 45$  с<sup>-1</sup>).

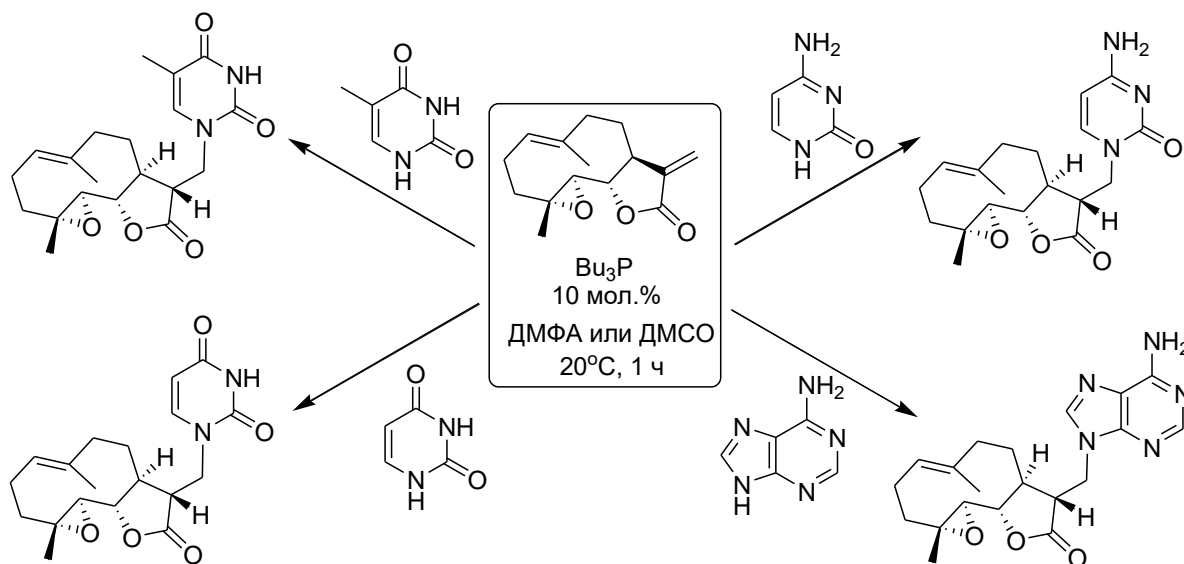
## ФОСФИН-КАТАЛИЗИРУЕМЫЕ РЕАКЦИИ ПАРТЕНОЛИДА С АЗОТИСТЫМИ ОСНОВАНИЯМИ

Е.В. Карташева, А.А. Шабанов, А.В. Салин

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*karkarkysha@yandex.ru*

Партенолид – сесквитерпеновый  $\alpha$ -метил- $\gamma$ -бутиролактон гермакранового ряда, выделяемый из растения *Tanacetum parthenium*. Большой интерес к данному соединению обусловлен его избирательной противоопухолевой активностью, связанной с индукцией апоптоза раковых клеток за счет связывания с ядерным фактором-кВ [1]. Присоединение аминов к партенолиду используется для модификации фармакокинетического профиля этого соединения [1]. Ранее было показано, что третичные фосфины являются эффективными органокатализаторами реакции Михаэля  $\alpha$ -метил- $\gamma$ -бутиролактонов [2]. С целью поиска новых биологически активных производных в настоящей работе было впервые осуществлено присоединение азотистых оснований по экзоциклической кратной связи партенолида в условиях органокатализа  $\text{P}(\text{Bu})_3$ . Показано, что присоединение пиримидиновых оснований протекает исключительно по N1 атому азота гетероцикла, пуринового основания аденина – по N9 атому азота.



*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект 23-23-00029).*

1. A. Ghantous, A. Sinjab, Z. Herceg, N. Darwiche. *Drug Discov. Today*, 2013, **18**, 894-905.
2. A.V. Salin, A.A. Shabanov, K.R. Khayarov, R.I. Nugmanov, D.R. Islamov. *J. Org. Chem.*, 2023, **88**, 11954-11967.

## СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

З.А. Немкова, Д.Р. Касоев, М.Э. Алисултанов, А.Г. Мурадова

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

*alisultanov.marat@mail.ru*

**Актуальность.** Наночастицы на основе оксида циркония широко используются в функциональных материалах: катализаторы, датчики и полупроводниковые приборы, и конструкционных материалах: покрытия на режущих инструментах, керамике, имплантатах и т. д. Кроме того, его можно использовать в качестве электрооптического, диэлектрического, пьезоэлектрического материала из-за его подходящих электрических и оптических свойств [1, 2].

**Материалы и методы.** В качестве прекурсоров были использованы следующие реагенты:  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (99,9 %) и  $\text{NaOH}$  (99 %). Наночастицы  $\text{ZrO}_2$  были получены методом осаждения с последующим прокаливанием. Для получения  $\text{Zr}(\text{OH})_4$  были приготовлены: 0,08 М водный раствор  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$  и водный раствор  $\text{NaOH}$  концентрации 0,5 М. С помощью перистальтического насоса в раствор  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$  по каплям, со скоростью 175 мл/ч, добавляли водный раствор  $\text{NaOH}$ . Синтез проводили при интенсивном перемешивании, с помощью магнитной мешалки (1000 об/мин). После смешения исходных растворов смесь выдерживали в течение 15 минут. Полученный осадок  $\text{Zr}(\text{OH})_4$  отделяли центрифугированием (3500 об/мин, в течение 5 мин) и промывали бидистиллированной водой 3 раза. Затем осадок высушивали при температуре 120 °С в течение 2 ч для удаления воды. Наночастицы  $\text{ZrO}_2$  были получены термическим разложением осадка  $\text{Zr}(\text{OH})_4$  в течение 2 ч при температурах 500 и 700 °С.

**Результаты.** По результатам ДСК и ТГА было зафиксировано несколько термических эффектов связанных с разложением гидроксида циркония 100, 240 и 420 °С. Общая потеря массы во всем диапазоне измерения составила 15,83 %. Для подтверждения образования фазы  $\text{ZrO}_2$  образец отжигали при температурах 500 и 700 °С и проводили рентгенофазовый анализ. На дифрактограмме образца, полученного при температуре 500 °С, все обнаруженные пики, были отнесены к тетрагональной фазе  $\text{ZrO}_2$  пространственная группа P42/nmc. Полученные результаты РФА согласуются с картой тетрагонального  $\text{ZrO}_2$  JCPDS № 96-230-0613. Средний размер кристаллитов был определен по формуле Шеррера и составлял  $25 \pm 6$  нм. На дифрактограмме образца, полученного при температуре 700 °С, обнаруженные пики, можно отнести к двум фазам тетрагональной фазе  $\text{ZrO}_2$  пространственная группа P42/nmc и моноклинной P121/c. Полученные результаты РФА согласуются с картой тетрагонального  $\text{ZrO}_2$  JCPDS № 96-230-0613 и моноклинной № 96-152-2144. Средний размер кристаллитов для образца, полученного при температуре 700 °С, составлял  $23 \pm 7$  нм.

**Благодарности.** Исследования СЭМ, РФЛА и РФА выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования им. Д.И. Менделеева.

1. Chitoria A.K. et al. A review of  $\text{ZrO}_2$  nanoparticles applications and recent advancements // *Ceramics International*. 2023. Vol. 49, № 20. P. 32343–32358.
2. Guo M. et al. Preparation of Nano- $\text{ZrO}_2$  powder via a microwave-assisted hydrothermal method // *Ceramics International*. 2021. Vol. 47, № 9. P. 12425–12432.

## СИНТЕЗ И РЕАКЦИИ N-(ТИОЦИАНАТОАЦЕТИЛ)ФЕНОТИАЗИНА

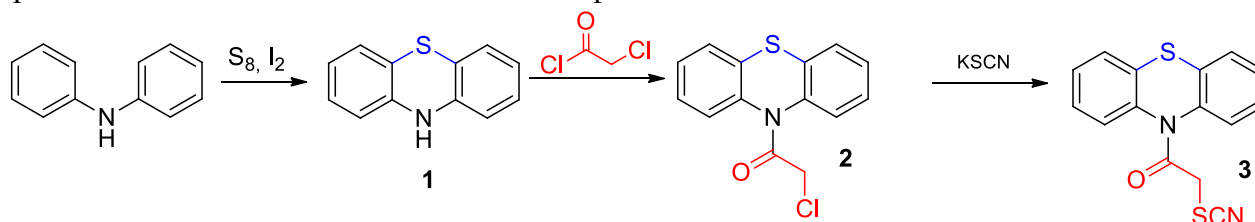
Вл.К. Киндоп, Вяч.К. Киндоп, А.А. Долганов, А.В. Беспалов, В.В. Доценко

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

*vlad.kindop@mail.ru*

Производные фенотиазина являются важными биологически активными соединениями, обладающими различными свойствами. Ключевым механизмом действия многих коммерческих производных фенотиазина является блокада дофаминовых рецепторов, что представляет интерес для получения новых средств для психотерапии. Соединение структурных фрагментов фенотиазина и  $\alpha$ -роданокarbонильных соединений открывает новые возможности для структурной модификации молекул и дальнейшей возможности улучшения фармакологических свойств [1].

Ранее не описанный в литературе 1-(10H-фенотиазин-10-ил)-2-тиоцианатоэтан-1-он **3** был получен ацилированием фенотиазина **1** хлорацетилхлоридом с последующей обработкой образовавшегося хлорацетамида **2** роданидом калия. В дальнейшем тиоцианатоацетамид **3** был введен в реакцию с малонитрилом в присутствии основного катализатора, в результате чего нами было получен краситель ярко-красного цвета, изменяющий цвет в кислой среде на фиолетовый. Гидразинолиз тиоцианатоацетамида **3** под действием гидразин-гидрата сопровождается выделением незамещенного фенотиазина.



Строение полученных соединений подтверждено спектральными методами. Свойства соединения **3** и продуктов превращений в настоящее время изучаются.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МПИ-24.1/12*

1 Silva, G.A. New class of potent antinociceptive and antiplatelet 10H-phenothiazine-1-acylhydrazone derivatives / G.A. Silva, L.M.M. Costa, F.C.F. Brito // Bioorg. Med. Chem. – 2004. – № 12. – P. 3149.



## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ИНЖЕКЦИОННОЕ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ, ПАРАЦЕТАМОЛА И ФЕНИЛЭФРИНА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ЧАСТИЦАМИ РОДИЯ И ОКСИДАМИ ИРИДИЯ, В ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ

Д.А. Кириленко, Д.А. Коряковцева, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова, Г.К. Будников

*Химический институт им. А.М. Бутлерова, КФУ, Казань, Россия*

*dasha.kirilenko.370633@mail.ru*

На сегодняшний день комбинированные лекарственные препараты, основными действующими веществами которых являются аскорбиновая кислота (АК), парацетамол (ПЦ) и фенилэфрин (ФЭ), широко распространены в аптечной сети. Они облегчают течение болезни и снижают вероятность развития осложнений простудных заболеваний.

Основными тенденциями в развитии современной аналитической химии являются миниатюризация и повышение чувствительности анализа, в связи с чем, большое распространение получают проточные методы в сочетании с амперометрическим детектированием.

В настоящей работе сопоставлена электрокаталитическая активность электроосажденных на стеклоуглеродном электроде (СУ) частиц родия (Rh), смешанновалентных оксидов иридия ( $\text{IrO}_x$ ), а также бинарной системы Rh- $\text{IrO}_x$  при окислении АК, ПЦ и ФЭ. Оценена возможность амперометрического детектирования трехкомпонентной системы на рассматриваемых модифицированных электродах в условиях последовательного инъекционного анализа (ПослИА).

Осаждение частиц Rh и оксидов  $\text{IrO}_x$  и бинарной системы Rh- $\text{IrO}_x$  на поверхность СУ проводили электрохимически. Использование модифицированных электродов приводит к регистрации четко выраженных пиков окисления органических соединений при потенциалах окисления модификатора в условиях вольтамперометрии. Высота регистрируемого сигнала линейно связана с концентрацией АК, ПЦ и ФЭ в растворе.

Каталитический отклик СУ с электроосажденной бинарной системой Rh- $\text{IrO}_x$  (Rh- $\text{IrO}_x$ -СУ) отличается высокой стабильностью и воспроизводимостью. Использование композитного электрода по сравнению с немодифицированным СУ позволяет повысить чувствительность определения и снизить нижнюю границу определяемых содержаний до  $1 \times 10^{-6}$  М.

Композитный электрод Rh- $\text{IrO}_x$ -СУ был использован для амперометрического определения рассмотренных органических соединений в условиях ПослИА. Для АК, ПЦ и ФЭ были определены электрохимические и гидродинамические условия регистрации ПослИА-сигнала на ХМЭ в кислой среде. Значения, при которых регистрировали наибольший по величине сигнал, были выбраны в качестве рабочих условий амперометрического детектирования рассматриваемых соединений в потоке.

На основе полученных экспериментальных данных разработан селективный амперометрический способ одновременного определения АК, ПЦ и ФЭ в комбинированных лекарственных препаратах. Правильность методик оценена методом введено-найдено. Относительное стандартное отклонение ( $S_r$ ) не превышает 5.0% во всем диапазоне исследуемых концентраций.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).*

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА В КАЛИКСАРЕНАХ И УГЛЕРОДНОЙ БУМАГИ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРОВ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

С.С. Кириллова<sup>а</sup>, А.Н. Рамазанова<sup>а</sup>, Д.В. Брусницын<sup>а</sup>, Э.П. Медянцева<sup>а</sup>, А.М. Димиев<sup>а</sup>,  
Т.Л. Хамидуллин<sup>а</sup>, Ю.И. Журавлева<sup>а</sup>, Э.Р. Рамазанова<sup>б</sup>, В.А. Бурилов<sup>а</sup>, Е.Г. Макаров<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>б</sup> Институт нефти, химии и нанотехнологий КНИТУ, Казань, Россия

*sonykirillova25092003@gmail.com*

Стабилизаторами наночастиц металлов могут выступать различные реагенты, в частности цитраты, полимеры и макроциклические соединения. Наибольший интерес представляет сочетание наночастиц металлов и углеродных материалов как модификаторов поверхности электродов.

В рамках нашей работы мы исследовали поведение наночастиц золота (НЧАu) на поверхности бумаги из углеродных нанотрубок (БУНТ). Синтез НЧАu, стабилизированных аминотиокаликс[4]ареном, проводили по разработанной нами методике. Композит БУНТ/ НЧАu наносили на поверхность планарного электрода для изучения электрохимических особенностей НЧАu.

На немодифицированной поверхности электрода пик от НЧАu на вольтамперной кривой наблюдается при потенциале 1300 мВ, в ходе нанесения НЧАu на поверхность электрода, модифицированную БУНТ, происходит смещение потенциала, что говорит об облегчении процесса электронного переноса.

По данным циклической вольтамперометрии на модифицированной поверхности электрода (БУНТ/ НЧАu) от НЧАu наблюдается пик на вольтамперной кривой при потенциалах 350 (анодный потенциал) и 250 (катодный потенциал) мВ на фоне ацетатного буферного раствора.

Накопленные знания могут быть использованы при разработке амперометрических биосенсоров для определения лекарственных соединений.

*Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).*

## ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИОЛОВ ДЛЯ ЖЕСТКИХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ ХИМИЧЕСКИМ РЕЦИКЛИНГОМ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

К.А. Киршанов, Р.В. Томс, А.Ю. Гервальд

*МИРЭА – Российский Технологический Университет, Москва, Россия*

*kirill\_kirshanov@mail.ru*

Объемы производства полиэтилентерефталата (ПЭТ) в России составляют порядка миллиона тонн в год, при этом существенную долю полимера используют для производства одноразовой тары. Актуальными задачами являются разработка способов рециклинга ПЭТ и поиск направлений применения полиэфирных продуктов рециклинга. Перспективным способом химического рециклинга ПЭТ является гликолиз (алкоголиз). Разработаны способы гликолиза под действием сложных олигоэфиров, которые позволяют получить сополиэфиры на основе ПЭТ гомофазным процессом в расплаве.

Одним из высокомаржинальных продуктов с гидроксильными концевыми группами, который можно получить гликолизом полиэтилентерефталата, является полиэфир полиол. Такие полиолы с молекулярной массой порядка 1000 г/моль используют для получения жестких пенополиуретанов.

Таким образом, целью работы является исследование процесса получения полиолов для жестких пенополиуретанов гликолизом отходов полиэтилентерефталата.

Процесс химического рециклинга ПЭТ вели последовательно в два этапа. На первом этапе снижали молекулярную массу полиэтилентерефталата под действием различных олигоэфиров (ОЭФ) при 250 °С в течение 30 минут. На второй стадии сополиэфир, полученный на первой стадии, подвергали взаимодействию с олигодиетилентерфталатом (ОДЭА) при 190 °С в течение 60 минут. ПЭТ, ОЭФ и ОДЭА использованы в эквимольном соотношении по звеньям.

Обнаружено, что полиолы, полученные при использовании ОЭФ-модификаторов на основе терефталата, не являются текучими при комнатной температуре. Наилучшими свойствами обладал полиол, полученный при использовании в качестве ОЭФ олигодиетилентерфталата со степенью поликонденсации 4 и ОДЭА со степенью поликонденсации 4. Среднечисловая молекулярная масса этого полиола составила 1327 г/моль, индекс полидисперсности 1,76, гидроксильное число 79 мгКОН/г.

# СИНТЕЗ N-АРИЛАМИДОВ И N-АРИЛФЕНОТИАЗИНОВ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А.И. Кононов<sup>a</sup>, М.А. Хворова<sup>a,b</sup>, А.Д. Злыгостев<sup>a,b</sup>, С.О. Стрекалова<sup>a</sup>, Ю.Г. Будникова<sup>a</sup>

<sup>a</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

kononovsnz97@gmail.com

Ароматические соединения с амидными или аминными фрагментами являются важными структурными мотивами для создания фармпрепаратов, агрохимикатов и функциональных материалов, а поиск новых эффективных стратегий получения данных азотсодержащих соединений остается актуальной задачей [1]. Особое значение имеют методы электрохимического синтеза, поскольку редокс превращение реагентов в продукты осуществляется без участия внешних окислителей или восстановителей, а процесс протекает с участием электронов [2,3].

В данной работе предложен подход к аминированию ароматических субстратов в условиях анодного окисления с целью введения амидных и фенотиозиновых фрагментов. В результате были получены соответствующие целевые амиды и амины в одну стадию и без использования внешних окислителей или кислотных добавок.

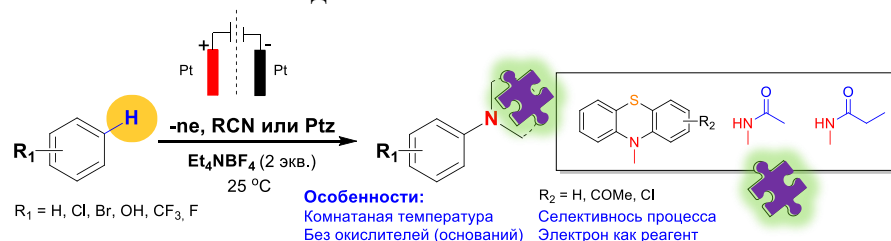


Рисунок 1. Электрохимическое аминирование ароматических субстратов

Работа выполнена за счет гранта РНФ и Академии наук Республики Татарстан по проекту № 24-23-20125.

1. Kerru N., Gummidi L., Maddila S., Jonnalagadda S. *Molecules*, **2020**, 25(8), 1909.
2. Kärkäs M. D. *Chem. Soc. Rev.*, **2018**, 47(15), 5786-5865.
3. Strekalova S., Kononov A. et al. *Adv. Synth. Catal.*, **2023**, 365(19), 3375-3381.

# ВЛИЯНИЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ ЛАНТАНА, ЦЕРИЯ И САМАРИИ ПРИ АНАЛИЗЕ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ АЭС МИП

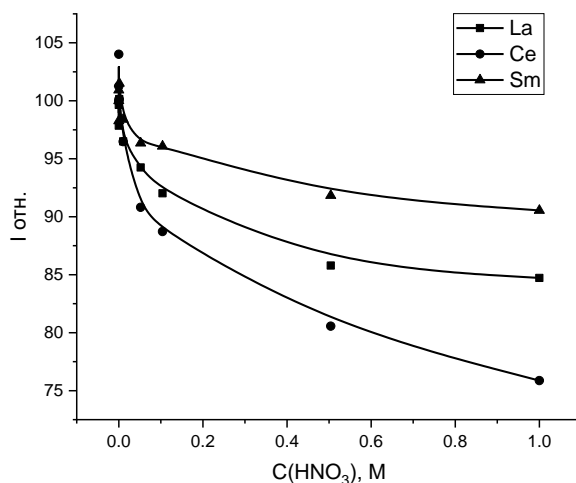
Е.К. Конькова, Е.О. Чибирев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Химический институт  
им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

redatushared@gmail.com

Методы оптической спектроскопии являются наиболее распространенными при анализе объектов, содержащих редкоземельные элементы. Среди них можно выделить атомно-эмиссионную спектроскопию с микроволново-индуцированной плазмой (АЭС МИП). К достоинствам данного метода относятся многоэлементность, низкие затраты на техническое обслуживание, низкие пределы обнаружения и высокая скорость. АЭС МИП – это экономически эффективный аналитический метод наравне с атомно-эмиссионной спектроскопией индуктивно-связанной плазмы (АЭС ИСП), при этом предлагающий больше возможностей, чем атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС). Однако у используемого нами метода есть ключевой недостаток в сравнении с АЭС ИСП. Более низкая температура плазмы в аналитической зоне (около 5000 °С) может приводить к менее эффективному термическому разложению образца и возникновению матричных помех.

Нами было исследовано влияние азотной кислоты на аналитические сигналы трёх редкоземельных элементов: лантана, церия и самария. Для анализа растворов использовали атомно-эмиссионный спектрометр микроволновой плазмы Agilent 4100M (Agilent, США). Концентрация металлов в пробе была постоянной ( $2,8 \cdot 10^{-4}$  М), тогда как концентрация кислоты варьировалась от  $2 \cdot 10^{-5}$  до 1 М. Полученные графические зависимости представлены на рисунке.



Проведенное исследование показало, что с повышением концентрации азотной кислоты в пробах происходит снижение аналитического сигнала анализируемых металлов. Для получения корректных результатов необходимо контролировать её содержание в анализируемых образцах.

## АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ИНЖЕКЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КСАНТИНА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ БИНАРНОЙ СИСТЕМОЙ СМЕШАННОВАЛЕНТНЫЕ ОКСИДЫ ИРИДИЯ - ЧАСТИЦЫ ВИСМУТА

Д.А. Коряковцева, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова, Г.К. Будников

*Химический институт им. А.М. Бутлерова, КФУ, Казань, Россия*

*koryakovtzeva\_darya@mail.ru*

Ксантин (3,7-дигидропурин-2,6-дион), промежуточный продукт обмена пуриновых оснований. Контроль содержания ксантина (Кс) в физиологических жидкостях позволяет диагностировать на ранней стадии многие заболевания такие, как гиперурикемия, подагра, гипопурикемия, ксантинурия, почечная недостаточность и др.

Одним из наиболее простых и эффективных методов для определения Кс является применение вольтамперометрического метода анализа. Для расширения диапазона определяемых концентраций и повышения точности определения применяют химически модифицированные электроды (ХМЭ). Для автоматизации рутинного анализа, повышения производительности анализа и снижения объемов потребляемых растворов применяется комбинация амперометрического детектирования с проточными методами, например, последовательным инжекционным анализом (ПослИА).

В настоящей работе была изучена электрокаталитическая активность электроосажденных на планарный электрод (ПЭ) смешановалентных оксидов иридия ( $\text{IrO}_x$ ) и частиц висмута (Bi), а также бинарной системы  $\text{IrO}_x$ -Bi при окислении Кс. По сравнению с немодифицированным ПЭ на электродах с электроосажденными оксидами  $\text{IrO}_x$  или частицами Bi наблюдается увеличение тока окисления субстрата в 1,6 и 1,5 раза соответственно, а при использовании композитного электрода в 2,5 раза.

Полученные ХМЭ были использованы для разработки способов амперометрического детектирования Кс в условиях ПослИА с использованием проточной ячейки типа отражающей стенки и микрофлюидной ячейки.

Для каждой из рассматриваемых ячеек при определении Кс в проточной системе установлены оптимальные условия регистрации сигнала на ХМЭ – объем вводимой пробы, скорость ввода пробы и накладываемый потенциал.

В последовательной инжекционной системе с проточной ячейки типа отражающей стенки достигается теоретическая производительность до 180 определений/ч (при времени отклика ХМЭ 20 с). В последовательной инжекционной системе с микрофлюидной ячейкой теоретическая производительность увеличивается до 360 определений/ч (при времени отклика ХМЭ 10 с). При непрерывном использовании ХМЭ в условиях ПИА электрокаталитический отклик имеет хорошую воспроизводимость. Рассчитанные значения  $S_r$  для отклика ХМЭ не превышает 5 % (при  $n=6$ ,  $P=0,95$ ).

Таким образом, миниатюризация ячейки значительно улучшает аналитические и метрологические характеристики определения Кс в проточных условиях.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).*

## СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ МОЛИБДЕНА И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СИЛИКАТНОЙ МАТРИЦЕ

В.А. Костоломова<sup>a</sup>, А.Н. Рамазанова<sup>a</sup>, Д.В. Брусницын<sup>a</sup>, Э.П. Медянцева<sup>a</sup>,  
Ю.Г. Елистратова<sup>b</sup>, А.Р. Мустафина<sup>b</sup>, М.Н. Соколов<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>c</sup> Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия

*kostolomova1801@mail.ru*

В мире насчитывается большое количество областей, где активно применяют наночастицы кластерных комплексов молибдена, в частности теплоизоляционные материалы, для создания датчиков кислорода, электрооптических устройств, биовизуализации тканей, фотокатализа, как антибактериальные и противоопухолевые фотодинамические агенты.

Литературных данных использования углеродных материалов достаточно много, однако мало изучено применение углеродных материалов с кластерными комплексами переходных металлов в электрохимии.

В рамках нашей работы мы исследовали электрохимические возможности наночастиц кластерных комплексов молибдена и углеродных материалов на силикатных частицах, нанесенных на поверхность печатных планарных электродов.

Необходимо отметить, что наночастицы кластерных комплексов молибдена и углеродных материалов (углеродных нанотрубок и оксида графена) были посажены на силикатную матрицу при помощи сильного супрамолекулярного взаимодействия между модификаторами.

Наночастицы кластерных комплексов молибдена на вольтамперограмме проявляются в диапазоне потенциалов 400 – 450 мВ в виде необратимых пиков.

Полученные результаты могут быть интересны для разработки электрохимических биосенсоров при использовании наночастиц в качестве модификаторов электродной поверхности.



# ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ СЕРЕБРА В РАМКАХ ПОДХОДА СИНТЕТИЧЕСКОЙ ЗЕЛЁНОЙ ХИМИИ

И.В. Кузнецов, В.А. Прытков, М.П. Кутырева

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

ilyakuznetsov03@mail.ru

Современной стратегией в синтезе композитных материалов, в том числе наноматериалов, для биомедицины является использование подходов синтетической зелёной химии. С этой целью для синтеза биосовместимых серебросодержащих нанокompозитов перспективным является использование биodeградируемых дендритоподобных сверхразветвленных полиэфиров (СРП), проявляющих высокую стабилизирующую активность по отношению к наночастицам серебра. Для придания бифункциональной активности проведена поверхностная модификация СРП второго поколения фрагментами 3[(2-аминоэтил)амино]пропионата. Синтезированный полиэфирополиамин G2-EDA (содержание аминогрупп  $14.7 \pm 0.2 \text{ \%}_{\text{масс}}$ ) проявляет восстановительную активность по отношению к ионам серебра при  $T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . В рамках подхода синтетической зелёной химии разработана методика синтеза нанокompозитов на основе наночастиц серебра и агрегатов G2-EDA в водной среде. С использованием методов УФ-Вид спектроскопии и NTA-анализа проведена оценка влияния мольного отношения  $\nu_{\text{Ag}^+}/\nu_{\text{EDA}}$  (в диапазоне от 1:5 до 5:1) и температуры синтеза на скорость образования и параметры морфологии металлических наночастиц и частиц нанокompозита. Оптимальные параметры синтеза нанокompозитов Ag@G2-EDA, позволяющие добиться максимальной нагрузки металлической нанофазы: мольные отношения  $\nu_{\text{Ag}^+}/\nu_{\text{EDA}} = 2:1 - 4:1$  ( $T_{\text{синт}} = 50^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{синт}} = 5 \text{ ч}$  для 2:1 и 6 ч для 3:1 – 4:1). В ходе реакции восстановления образуются наночастицы серебра сферической формы, средний гидродинамический диаметр частиц нанокompозитов составил  $70 \pm 3 \text{ нм}$ . Благодаря сочетанию плазмонной и антибактериальной активности, синтезированные материалы являются перспективными для медицины и фармакологии.

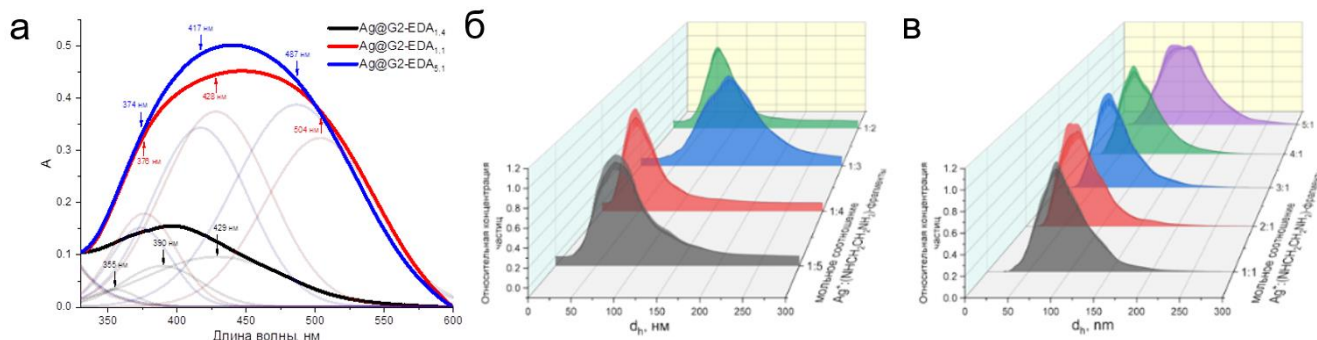


Рисунок 1. Электронные спектры поглощения образцов Ag@G2-EDA<sub>1.4</sub>, 1.1, 5.1 (а) и данные NTA-анализа образцов Ag@G2-EDA<sub>1.4-1.2</sub> (б), и Ag@G2-EDA<sub>1.1-5.1</sub> (в) при  $T_{\text{синт.}} = 50^{\circ}\text{C}$ .

## **ПРОБЛЕМА МАТРИЧНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ПЛАСТОВЫХ ВОД И КОЛИЧЕСТВЕННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ В НИХ ИОНОВ ЛИТИЯ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА**

О.М. Кучина, А.Р. Гарифзянов

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*fillodoka@yandex.ru*

Анализ полного ионного состава высокосолёных вод нефтяных месторождений представляет собой достаточно сложную задачу.

Метод капиллярного электрофореза (КЭ) сочетает в себе высокую чувствительность, селективность и экспрессность, а также позволяет проводить качественный и количественный анализ высокоминерализованных пластовых вод, однако требует специфической настройки систем разделения и детектирования. Необходимы разработки, направленные на модификацию и расширение стандартных процедур для проведения анализа, дающие информацию о содержании минорных ионных компонентов. Хотя одним из достоинств КЭ является большая устойчивость к сложным матрицам, было установлено, что даже при 250-кратном разбавлении за счёт матричных эффектов, ухудшается эффективность разделения. Помимо этого, также наблюдается «провал» в базовой линии перед появлением пика лития.

В ходе исследования была проанализирована возможность осаждения основных мешающих компонентов пластовых вод ацетоном и предпринята попытка разработки методики пробоподготовки для минимизации матричных эффектов, связанных с присутствием в пластовых водах, главным образом, катионов натрия, магния, кальция и калия. Были выявлены следующие закономерности: 1. При добавлении 8-9 кратного избытка ацетона к исследуемым образцам и эталонным растворам, аналогичным им по составу, осаждается более 90% натрия. При этом литий практически количественно переходит в водно-ацетоновую фазу; 2. Установлено, что кальций, магний, при их содержании до 1 г/дм<sup>3</sup>, и калий, при его содержании до 2 г/дм<sup>3</sup>, не мешают количественному определению лития.

Доказано, что результаты исследования с применением усовершенствованных методик анализа методом КЭ хорошо соотносятся с результатами анализа методом ICP-MS.

## СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ТРЕБОВАНИЯМИ СТАНДАРТА

М.В. Ламок, А.О. Ефанова

*Томский политехнический университет, Томск, Россия*

*lamok031202@gmail.com*

Одним из наиболее потребляемых видов топлива является дизельное топливо. В зависимости от климатических условий оно подразделяется на несколько марок: летнее (Л), зимнее (З), арктическое (А) и межсезонное (Е) [1]. Проведение оценки качества дизельного топлива на соответствие требованиям стандарта для каждой из марок является неотъемлемой частью при производстве и потреблении дизельного топлива.

Так, целью данной работы является определение физико-химических свойств товарного дизельного топлива (ДТ) и сравнение полученных результатов с требованиями стандарта [1].

В качестве исследуемого образца было выбрано товарное ДТ межсезонной марки с АЗС Томской области, г. Томск.

В ходе проведения практической части были определены основные физико-химические характеристики образца ДТ.

Согласно полученным данным, анализируемый образец ДТ соответствует требованиям для межсезонной марки ДТ. Показатель плотности при 15 °С равен 844,1 кг/м<sup>3</sup> (по ГОСТ – не более 863,4 кг/м<sup>3</sup>), значение кинематической вязкости при 20 °С имеет значение, равное 4,2 мм<sup>2</sup>/с, что входит в диапазон 3,0-6,0 мм<sup>2</sup>/с, согласно [1]. В данном образце ДТ не содержится серы. Предельная температура фильтруемости имеет значение, равное -17 °С (по ГОСТ – не выше -15 °С). Результаты определения фракционного состава образца товарного ДТ были получены следующие: пределы выкипания 50 и 95 % об. ДТ равны 262 °С (не выше 280 °С) и 334 °С (не выше 360 °С), соответственно.

Таким образом, проведение оценки качества ДТ позволило убедиться в соблюдении требований, предъявляемых к ДТ, согласно [1].

1. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

## АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ТИРОЗИНАЗНЫЕ БИОСЕНСОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ *ASPERGILLUS NIGER*

Н.Ю. Лопатко, О.Е. Малоземова, Р.М. Бейлинсон, Э.П. Медянцева

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия*

*nlopatko82@gmail.com*

*Aspergillus niger* – вид высших плесневых грибов, один из наиболее распространенных видов рода *Aspergillus*. Он вызывает заболевание аспергиллез фруктов и овощей, таких как виноград, лук, арахис, и является распространенным загрязнителем пищевых продуктов, представляющим опасность здоровью человека. В настоящее время основные способы детектирования данного вида основаны на ПЦР и культивировании, а количественное определение можно проводить при помощи иммуноанализа, по сравнению с которыми ферментные сенсоры отличаются относительной дешевизной, чувствительностью и быстротой постановки анализа.

Был разработан амперометрический тирозиназный биосенсор на основе печатного графитового электрода для количественной оценки следовых количеств плесневого гриба *Aspergillus niger*. Было установлено, что процессы, проходящие на поверхности электрода в присутствии данного аналита приводят к увеличению аналитического сигнала (активация) в концентрационном диапазоне  $1 \times 10^{-8}$  -  $1 \times 10^{-5}$  М с  $c_n = 5 \times 10^{-9}$  М и  $R^2 = 0.8911$ . Максимальный процент активации составил 80.7%. Для получения лучших аналитических характеристик сенсора провели модификацию поверхности рабочего электрода структурированными углеродными наноматериалами: углеродными нанотрубками (УНТ) и восстановленным оксидом графена (ВОГ). Данный приём позволил расширить определяемый концентрационный диапазон -  $1 \times 10^{-10}$  -  $1 \times 10^{-5}$  М с  $c_n = 5 \times 10^{-10}$  М и максимальным процентом активации 86,2 % ( $R^2$  - 0.9058) и 88,8 % для УНТ и ВОГ ( $R^2$  - 0.9196) соответственно.

Кинетические параметры реакции ферментативного превращения фенола в присутствии тирозиназного биосенсора, модифицированного УНТ и *Aspergillus niger* в соответствующих концентрационных интервалах соответствуют процессам двухпараметрически рассогласованной активации.

Разработанные биосенсоры планируется апробировать для определения следовых количеств *Aspergillus niger* при анализе фруктов и овощей.

# НОВЫЕ КАРБОКСИЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ТИАЗОЛО[3,2-*a*]ПИРИМИДИНА: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И ПОЛУЧЕНИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

М. Маилян<sup>a</sup>, А.С. Агарков<sup>a,b</sup>, Э.Р. Габитова<sup>a,b</sup>, А.А. Кожихов<sup>b</sup>, Л.В. Французова<sup>b</sup>,  
О.А. Лодочникова<sup>b</sup>, И.А. Литвинов<sup>b</sup>, С.Е. Соловьева<sup>b</sup>, И.С. Антипин<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,  
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

*mailyan.2002@inbox.ru*

Производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидина являются важными гетероциклическими соединениями, которые обладают перспективной фармакологической активностью, такой как противоопухолевая, антиоксидантная, противомикробная и противотуберкулёзная активности [1]. Хотя методы синтеза и структуры этих производных уже описаны в литературе [2], информация об их способности образовывать координационные соединения отсутствует. Тем не менее, тиазоло[3,2-*a*]пиримидины могут стать потенциальными лигандами для создания металлокомплексов благодаря наличию в их структуре различных гетероатомов, способных связывать ионы металлов. Модификация структуры тиазоло[3,2-*a*]пиримидина путем введения такого дополнительного координирующего фрагмента, как карбоксильная группа, позволяет увеличить их способность к комплексообразованию.

В данной работе были синтезированы новые карбоксильные производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидина и получены координационные соединения с биогенными металлами на их основе (Рис. 1).

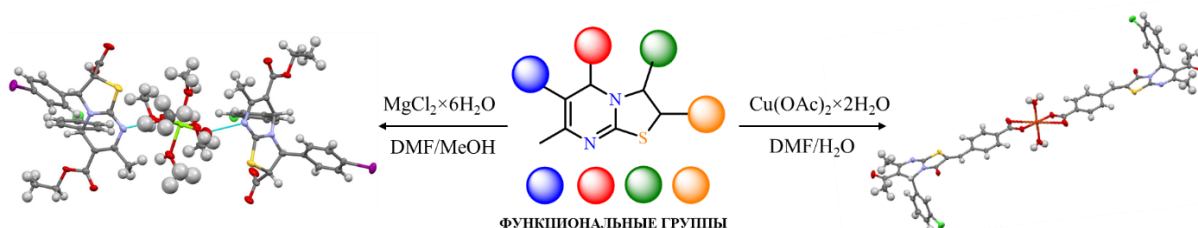


Рисунок 1. Схема получения металлокомплексов на основе производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина.

Строение полученных соединений подтверждено комплексом физико-химических методов (ИК, ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C спектроскопия, MALDI TOF масс-спектрометрии, PCA) анализа.

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФИЦ КазНЦ РАН для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.*

1. El-Shahat, M.; Salama, M. et al. *Mini-Rev. Med. Chem.* **2021**, 21(1), 118-131.
2. Agarkov, A.S. et al. *IJMS*, **2023**, 24, 2084.

# КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПОИСК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ ТРОМБИНА СРЕДИ ПРОИЗВОДНЫХ 2-[2-(СУЛЬФАНИЛМЕТИЛ)ИНДОЛ-3-ИЛ]УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Л.С. Максимов<sup>a</sup>, В.Р. Хайруллина<sup>a</sup>, Н.С. Ахмадиев<sup>b</sup>, Д.В. Леонтьев<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

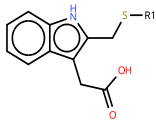



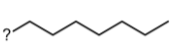

<sup>b</sup> Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, Уфа, Россия

leomaxcer@ya.ru

Цель данной работы заключалась в изучении позиционирования пяти производных 2-[2-(сульфанилметил)индол-3-ил]уксусной кислоты (indacS#) в активном центре человеческого тромбина. Актуальность исследования состоит в том, что современные антитромботические препараты, используемые для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, имеют ограничения и побочные эффекты при практическом применении из-за провоцируемых ими нарушений свертываемости крови и развития резистентности. Известно, что производное индола, имеющее пиридиновый фрагмент в С-2 и тиюфен-проп-2-еновый фрагмент в положении С-3, проявил в 3.5 раза большее антитромботическое действие, чем ацетилсалициловая кислота на модели тромбоза, вызванного применением хлорида железа(III) [1]. В связи с этим в качестве объектов исследования, а именно для поиска новых потенциальных ингибиторов тромбина, были выбраны соединения из библиотеки лаборатории гетероатомных соединений ИНК УФИЦ РАН на основе производных 2-[2-(сульфанилметил)индол-3-ил]уксусной кислоты (таблице 1).

Расчеты выполнены в программе Autodock Vina 1.2.6. Трехмерная модель белка тромбина была выбрана из Банка данных белков (код PDB: 1TA6) [2]. В ходе исследований нами была оценена энергия связывания лигандов с активным центром макромолекулы 1таб и определены факторы стабилизации этих соединений в указанном белке. Расчетные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты докинга в программе Autodock Vina 1.2.6.

		
Код	R1	E <sub>bind</sub> , [kcal/mol]
indacS1		-6.4
IndacS2		-6.5
IndacS3		-7.0
IndacS4		-7.1
IndacS5		-7.4

Согласно данным таблицы 1, все пять исследованных производных 2-[2-(сульфанилметил)индол-3-ил]уксусной кислоты потенциально могут проявлять умеренную аффинность с активным центром. Наибольшей потенциальной активностью среди ряда этих соединений обладает лиганд IndacS5, содержащий циклогексильный фрагмент в качестве заместителя в положении С-1. Наименьшее значение сродства к активному центру белка продемонстрировали лиганды IndacS1 и IndacS2, содержащие короткоцепочечные полярные этоксильный и тиоксильный фрагменты.

Окончательные выводы относительно данных соединений можно делать после биологических испытаний.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №19-73-20073, <https://rscf.ru/project/19-73-20073/>.*

1. Тянь Минган. Антитромбогенные свойства новых производных индола : автореферат дис. ... кандидата медицинских наук : 14.03.06 / Тянь Минган; [Место защиты: Волгогр. гос. мед. ун-т]. — Волгоград, 2014. — 27 с..
2. <https://www.rcsb.org/>



# СИНТЕЗ ФОТОКАТАЛИЗАТОРА g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> В РАСПЛАВЕ KCl-LiCl: НОВЫЙ ПОДХОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ СБОРКИ МЕЛАМИН-БАРБИТУРАТА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Ю.В. Мальцева, Д.Ю. Пярниц, В.Ю. Юрова, Е.В. Скорб

*Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия*

*maltseva@infochemistry.itmo.ru*

В последнее время графитовый нитрид углерода (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) привлекает внимание в фотокатализе благодаря своей доступности, стабильности и способности инициировать фотокаталитические реакции под видимым излучением [1]. Однако, его использование ограничено быстрой рекомбинацией фотогенерированных зарядов и их низкой подвижностью. Для улучшения свойств применяются различные модификации: создание композитов, введение добавок (например, графен) и пространственную реорганизацию структуры [2]. В частности, синтез в расплаве эвтектической смеси KCl-LiCl способствует увеличению кристалличности и снижению количества рекомбинационных центров, что ведет к повышению фотокаталитической активности материала [3].

В данной работе представлен метод получения g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> путем одностадийной обработки супрамолекулярной сборки меламина-барбитурата (МБ) в атмосфере аргона при температуре 360 °С в расплаве смеси солей KCl-LiCl (соотношение 55:45 масс.%) в течение 1 часа. РФА подтвердил образование графитоподобного каркаса с пиком при 27.23° ( $d_{002} = 0.328$  нм) и смещение вторичного пика до 10.32° относительно характерного пика на 13° для g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ( $d_{100} = 0.858$  нм), что связано с увеличением плоскостной развернутости сетки [4]. СЭМ-изображения демонстрируют разрушение звездоподобной структуры МБ, при этом материал становится более пористым. Ширина запрещенной зоны (E<sub>g</sub>) образца была оценена методом Тауца по пересечению касательной к графику зависимости  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  от энергии фотона и составила 2,7 эВ.

Описанный подход позволил снизить ширину запрещенной зоны с 4,13 эВ (характерной для МБ) до 2,7 эВ, что делает материал способным работать при видимом свете ( $\lambda = 450$  нм), соответствующей синему цвету спектра. Улучшенные свойства материала подтверждают его потенциал для производства H<sub>2</sub>, а также очистки воды и воздуха [5].

1. Ran J, Pan T, Wu Y, et al. Endowing g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Membranes with Superior Permeability and Stability by Using Acid Spacers. *Angew Chem Int Ed Engl*. 2019;58(46):16463-16468. doi:10.1002/anie.201908786
2. Zhang, Yuanjian & Mori, Toshiyuki & Niu, Li & Ye, Jinhua. (2011). Non-covalent doping of graphitic carbon nitride polymer with graphene: Controlled electronic structure and enhanced optoelectronic conversion. *Energy & Environmental Science*. 4. 4517. 10.1039/c1ee01400e.
3. Xu, Tingting & Hur, Jung & Niu, Ping & Wang, Shulan & Lee, Sangwook & Chun, Sangeun & Li, Li. (2022). Synthesis of Crystalline g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with Rock/Molten Salts for Efficient Photocatalysis and Piezocatalysis. *Green Energy & Environment*. 10.1016/j.gee.2022.10.004.
4. Andryushina, N., Shvalagin, V., Korzhak, G., Grodzyuk, G., Kuchmiy, S., & Skoryk, M. (2019). Photocatalytic evolution of H<sub>2</sub> from aqueous solutions of two-component electron-donor substrates in the presence of g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> activated by heat treatment in the KCl + LiCl melt. *Applied Surface Science*, 475, 348–354. doi:10.1016/j.apsusc.2018.12.287
5. Bhandari, Dhavalkumar & Lakhani, Pratikkumar & Modi, Chetan. (2023). Graphitic carbon nitride (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) as an emerging photocatalyst for sustainable environmental applications: a comprehensive review. *RSC Sustainability*. 2. 10.1039/d3su00382e.

## ФОСФИН-КАТАЛИЗИРУЕМОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ ИМИДОВ И ГИДАНТОИНОВ К МЕТИЛПРОПИОЛАТУ

М.А. Мамонтов, К.С. Анисимова, А.В. Ильин

Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

*mamontovmihail373@gmail.com*

Сообщается о высокоэффективном  $\alpha$ - и вицинальном бисприсоединении циклических имидов и производных гидантоина к метилпропиолату с высокими выходами и  $\beta$ -присоединении данных имидов и производных гидантоинов к  $\alpha$ -имидакрилатам и  $\alpha$ -гидантоиноакрилатам с количественными выходами в условиях катализа третичными фосфинами.

Такой метод синтеза представляет собой простой подход к получению биологически активных  $\alpha$ -имидакрилатов и  $\alpha$ -гидантоиноакрилатов, а также вицинальных бисимидов и бисгидантоинов в мягких условиях с высокой атомной экономией и селективностью. (Схема 1).

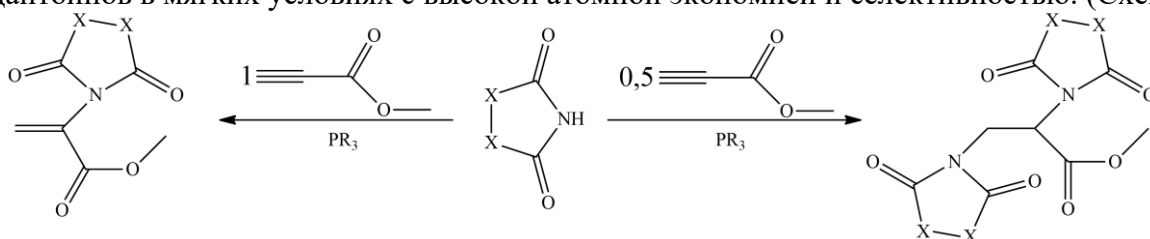


Схема 1.

Также был получен гидантоин со стереоцентром в *S*-конфигурации из L-пролина, для того чтобы проверить будет ли это оказывать влияние на образующийся в ходе реакции бис- и  $\beta$ -присоединения новый асимметрический центр на  $\alpha$ -атоме углерода метилпропаноатного фрагмента. (Схема 2).

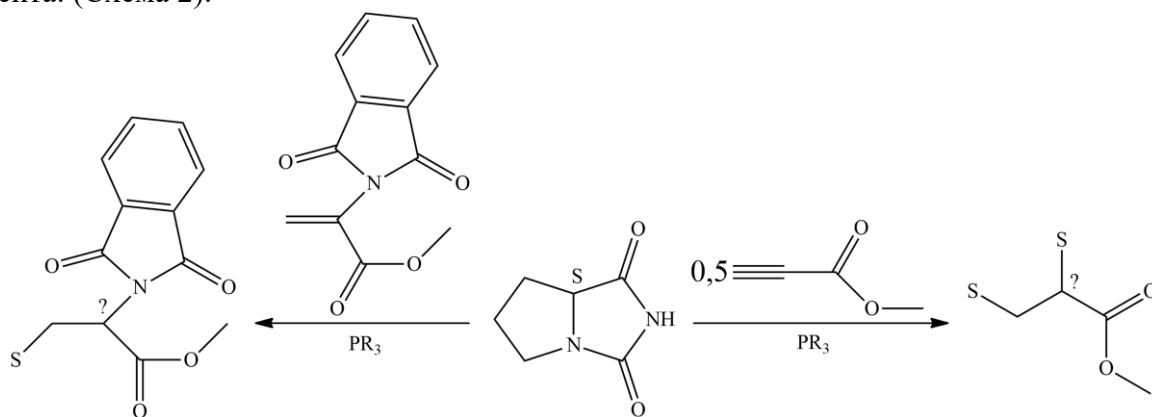


Схема 2.

## АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Г.С. Минаков, М.Ю. Королёва

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

*gleblitnet@gmail.com*

Ежегодно в результате деятельности нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности в окружающую среду попадают миллионы тонн нефти и нефтепродуктов. Одним из перспективных способов решения вышеописанной проблемы является применение пористых материалов при реализации сорбционного метода ликвидации аварийного разлива на водной поверхности. Эффективность используемых сорбентов определяется высокими показателями емкости по отношению к нефтепродуктам, скоростью сорбции, пористостью и возможностью многократного использования сорбента [1]. Немаловажным фактором является возможность биоразлагаемости материала, поэтому наибольший интерес представляют сорбенты на основе биосовместимых реагентов [2].

В работе был исследован химический состав получаемого методом криотропного гелеобразования пористого материала для сорбции нефтепродуктов на основе коллагеновых волокон, выделенных из шкур крупного рогатого скота и отходов рыбного производства, а также исходных компонентов с целью идентификации входящих в состав функциональных групп и подтверждения протекания реакции сшивки глутаровым альдегидом (ГА) волокнистой полимерной матрицы.

Наличие на ИК-спектрах узких пиков в зоне волновых чисел 1618, 1521, 1217 и 1040  $\text{см}^{-1}$  свидетельствует о наличии аминогрупп ( $\text{NH}_2$ -,  $\text{NH}$ -) а также связей C-N. У всех исследуемых образцов имелись сходные показатели пиков в зоне волновых чисел от 1000 до 1450  $\text{см}^{-1}$  и 2900-3300  $\text{см}^{-1}$ , что свидетельствует о нахождении в образцах парафиновых групп и карбоксильных групп соответственно.

Появление ярко выраженных интенсивных пиков при 839, 906, 1537  $\text{см}^{-1}$  соответствует образованию большого количества амидных, азометиновых и альдиминовых функциональных групп и свидетельствует об успешном прохождении реакции сшивки волокон коллагена ГА.

На основе приведенных суждений можно сделать вывод о том, что в составе как коллагенсодержащего сырья, так и полимерных пористых образцов на его основе ключевым соединением являются аминокислоты, с аминогруппами которых ГА образует сложные поперечные связи.

Измерения выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования имени Д.И. Менделеева.

1. Koroleva M.Y., Shirokikh S.A., Zagoskin P.S., Yurtov E.V. Controlling pore sizes in highly porous poly(styrene-divinylbenzene) sponges for preferable oil sorption // Polymer Testing. — 2019. — Vol. 77, No. 105931.
2. Минаков Г.С., Широких С.А., Корнилов Д.Ю., Королева М.Ю. Пористые полимерные нанокомпозиционные материалы для охраны окружающей среды // Химия в интересах устойчивого развития. — 2022. — Т. 30, № 1. — С. 56–67.

# СИНТЕЗ, СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЕ И НОВАЯ ПЕРЕГРУППИРОВКА 2-АРИЛГИДРАЗОНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛО[3,2-*a*]ПИРИМИДИНА

Д.О. Мингажетдинова<sup>a</sup>, А.С. Агарков<sup>a,b</sup>, А.А. Нефедова<sup>b</sup>, А.С. Овсянников<sup>b</sup>,  
И.А. Литвинов<sup>b</sup>, С.Е. Соловьева<sup>a,b</sup>, И.С. Антипин<sup>a,b</sup>.

<sup>a</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова, ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

doming01@mail.ru

В настоящее время гидразоны являются перспективными строительными блоками для создания различных супрамолекулярных архитектур, поскольку они могут претерпевать конформационные и конфигурационные изменения под влиянием внешних условий [1]. Так, с точки зрения супрамолекулярной химии было продемонстрировано потенциальное применение соединений, содержащих гидразоновую функциональную группу, для конструирования молекулярных переключателей, а также для создания новых материалов [2].

Данная работа посвящена синтезу и изучению строения 2-арилгидразоновых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина в кристаллической фазе (Рисунок 1).

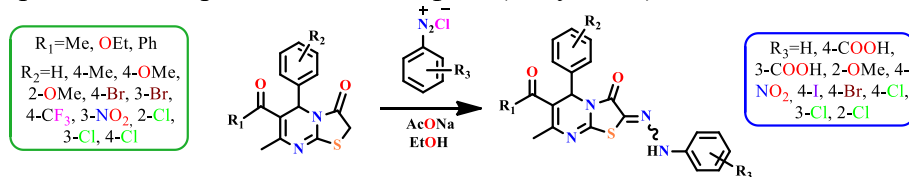


Рисунок 1. Схема синтеза 2-арилгидразонов тиазоло[3,2-*a*]пиримидина [3]

Анализ структуры полученных соединений в кристаллической фазе показал возможность образования водородно- и халькогенно-связанных димеров и гомохиральных цепочек (Рисунок 2а,б) [3,4]

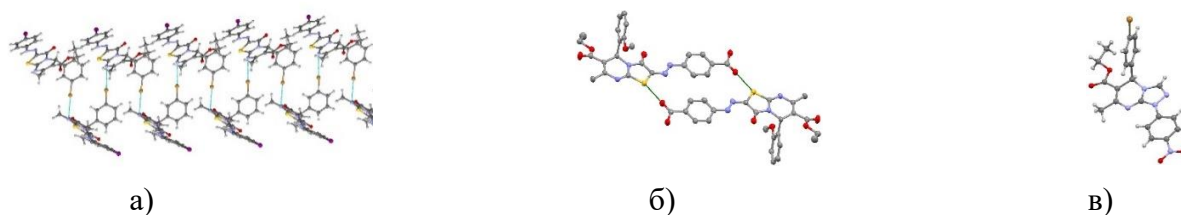


Рисунок 2. а) Геометрия и б) гомохиральные цепочки, в) халькогенно-связанные димеры 2-арилгидразонов тиазоло[3,2-*a*]пиримидина в кристаллической фазе

Также был открыт новый уникальный способ получения производных тиазоло[4,3-*a*] в условиях микроволной активации. Структура полученных соединений подтверждена монокристалльным РСА (Рисунок 2в).

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФИЦ КазНЦ РАН для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

1. Betancourth J. G. et al. *Eur. J. Org. Chem.* **2022**, 28, e202200228.
2. Gebretsadik T. et al. *Coord. Chem. Rev.* **2021**, 431, С. 213666.
3. Agarkov, A.S. et al. *In Doklady Chemistry.* **2022**, 503, 45-50.
4. Agarkov, A.S. et al. *IJMS*, **2023**, 24, 2084.

## ГИДРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ ДИПЕПТИДА Fmoc-FF С АКТИВНЫМИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

Э.Р. Миргазиева, Р.А. Ларионов, М.А. Зиганшин

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*mirgazieva02@mail.ru*

В настоящее время активно ведется разработка способов повышения биодоступности плохо растворимых в воде лекарственных препаратов. Известно, что увеличение биодоступности препарата возможно при инкапсулировании его в гелевую матрицу, в качестве которой могут выступать как полимерные, так и супрамолекулярные гели. Высоким потенциалом для применения обладают супрамолекулярные гели с высоким содержанием воды – гидрогели.

В качестве низкомолекулярного гелеобразователя могут выступать короткоцепные олигопептиды, в особенности, Fmoc-замещенные линейные дипептиды, образующие гели за счет межмолекулярных взаимодействий. Такие гели обладают высокой стабильностью, механической прочностью, они биосовместимы и нетоксичны для человеческого организма. В сочетании с биоактивными молекулами такие материалы могут быть использованы для лечения опасных для жизни заболеваний, таких как рак, при разработке неинвазивных систем доставки лекарственных препаратов, а также могут способствовать заживлению мягких и твердых тканей.

В настоящей работе впервые была предложена методика получения гидрогелей на основе Fmoc-FF с инкапсулированными активными фармацевтическими ингредиентами (АФИ), относящихся к классу антибиотиков и противоопухолевых препаратов. Структурно-механические свойства гидрогелей были охарактеризованы с помощью ряда физических методов: ИК-спектроскопии, реологии, порошковой рентгеновской дифрактометрии. Влияние АФИ на кинетику гелеобразования было изучено методом ЯМР-спектроскопии. Методом атомно-силовой микроскопии продемонстрированы структурные особенности гидрогелей, содержащих АФИ.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).*

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПРЕССОВАНИИ НА ПРОЧНОСТЬ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НИКЕЛАТА ЛАНТАНА, ПОЛУЧЕННОГО ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Д.А. Михальченко <sup>a, b</sup>, Е.А. Ермакова <sup>b</sup>, А.В. Шилов <sup>b, c</sup>, М.С. Чувикина <sup>b</sup>,  
А.С. Анохин <sup>b</sup>, С.С. Стрельникова <sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Университет науки и технологий МИСИС, Москва, Россия

<sup>b</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, Москва, Россия

<sup>c</sup> Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

denismih2017@gmail.com

Настоящее исследование проводилось с целью рассмотреть влияние изменения давления при полусухом прессовании на механическую прочность полученных изделий. Для прессования использовался порошок никелата лантана, полученный золь-гель методом. Полученный гель подвергался сушке в СВЧ-установке для получения ксерогеля, который подвергался обжигу при температуре 800 и 900 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 10 часов. Далее порошок дополнительно подвергался обработке в планетарной мельнице (PULVERISETTE 7). Для прессования использовали метод полусухого одноступенчатого прессования под давлениями 200 МПа, 400 МПа и двухступенчатого под давлением 200 + 400 МПа. Прессование производилось на ручном гидравлическом прессе (Specac GS15011). Полученные балки размером 4×4×40 мм обжигались в печи с хромитлантановыми нагревателями при температуре 1300 °С с выдержкой 3 часа на максимальной температуре. Прочность исследовалась методом трехточечного изгиба на разрывной машине (Instron – 5800). Полученные данные показывают, что у образцов из порошка с температурой обработки 800 °С спрессованных под давлением 200 МПа предел прочности составляет 75 МПа, а при термообработке 900 °С – 35 МПа. При давлении 400 МПа у образца при температуре термообработки 800 °С произошла распрессовка во время обжига, а при термообработке 900 °С предел прочности составил 68 МПа. При двухступенчатом прессовании 200 + 400 МПа у образцов из порошка с температурой обработки 800 °С предел прочности поставил 68 МПа, а при термообработке 900 °С – 83 МПа. Исходя из полученных данных можно сказать, что большей прочностью обладает керамика из порошка с температурой термообработки 900 °С при двухступенчатом прессовании.

## СИНТЕЗ И САМОСБОРКА МОНОЗАМЕЩЁННЫХ ПИЛЛАР[5]АРЕНОВ, СОДЕРЖАЩИХ (ПОЛИ)АМИДОАМИННЫЕ ДЕНДРОНЫ

А.С. Нагаева, А.А. Назарова, И.И Стойков

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия*

*nagaevaanna@gmail.com*

Для лечения онкологических заболеваний на сегодняшний день разработано и одобрено множество лекарственных препаратов и биологических агентов, для которых до сих пор существует ряд серьезных ограничений, таких как низкая растворимость в воде, неспецифическое биораспределение, быстрый клиренс, лекарственная устойчивость и нежелательные побочные эффекты. Среди множества молекул, используемых для создания наноносителей, дендримеры привлекают внимание ученых благодаря своей монодисперсности и стабильности. Они обладают множеством концевых групп, которые могут быть легко функционализированы. В качестве макроциклической платформы для синтеза дендримерных структур могут использоваться пиллар[5]арены. Они легко синтезируются и модифицируются, что позволяет создавать предорганизованные структуры, необходимые для эффективного и селективного связывания ряда лекарственных препаратов. Ряд производных пиллар[5]арена обладает хорошей растворимостью в воде, низкой токсичностью и избирательным связыванием с молекулами-гостями, что открывает перспективы для дальнейшего изучения и применения в наномедицине.

В настоящей работе предложены подходы к синтезу ряда новых монопроизводных пиллар[5]аренов, содержащих сложноэфирные и карбоксильные фрагменты. Структура полученных соединений была подтверждена комплексом физических методов - ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  и ИК спектроскопии, масс-спектрометрии, индивидуальность - измерением температуры плавления, а состав - элементным анализом. Самоассоциация синтезированных монозамещённых пиллар[5]аренов была изучена посредством динамического рассеяния света и ЯМР спектроскопии. Было показано образование частиц со средним гидродинамическим диаметром 79-124 нм.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-01087 (<https://rscf.ru/project/23-73-01087/>).*



## ПОЛИМОРФИЗМ И ТЕРМОДИНАМИКА ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ФЕНАЗОНА

И.И. Низамов, Д.Н. Болматенков

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия**IlyaINizamov@kpfu.ru*

Процессы производства, очистки и хранения органических соединений невозможно представить без данных о термодинамических характеристиках фазовых переходов, включая энтальпии фазовых переходов и давления пара. В случае лекарственных веществ необходимо учитывать возможность образования полиморфов, существенно различающихся по биодоступности. Для большинства лекарств скрининг новых полиморфов и прецизионное определение термодинамических параметров – трудоёмкие и ресурсоёмкие задачи.

Феназон – болеутоляющее лекарственное средство группы пиразолинов, термодинамика фазовых переходов которого практически не изучена, а упоминание полиморфизма отсутствует вовсе. Целью работы было получение полиморфов и определение термодинамических характеристик фазовых переходов феназона с использованием комплекса методов.

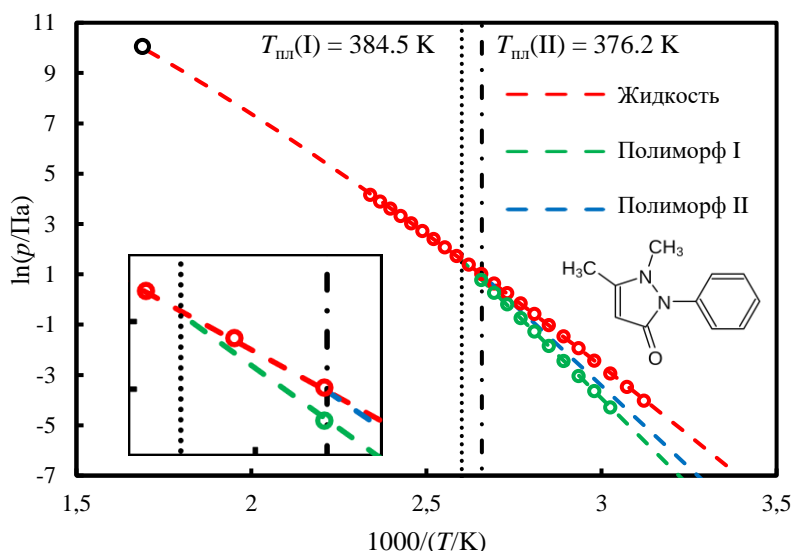


Рисунок 1. Давления паров над различными фазами феназона.

В настоящей работе было обнаружено существование двух полиморфов феназона, стабильной формы I и метастабильной формы II, которые могут быть получены из расплава в различных условиях. С использованием ДСК были определены теплоёмкости вещества в конденсированном состоянии и энтальпии и температуры плавления полиморфов. Использование сверхбыстрой сканирующей калориметрии позволило впервые измерить давления пара над кристаллическим (полиморф I) и жидким феназоном и теоретически рассчитать давление пара над полиморфом II. Показана согласованность полученных данных.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-73-00186).*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НИКЕЛЯ (II) С N,N-ЛИГАНДАМИ

М.М. Никитин<sup>a</sup>, М.С. Сафонов<sup>a</sup>, А.С. Иванов<sup>a,b</sup>, А.В. Сухов<sup>a,b</sup>, Д.Г. Яхваров<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

mikhail.nikitin.2004@mail.ru

Процесс гомогенной олигомеризации этилена, катализируемый соединениями переходных металлов, является основным источником получения широкого спектра линейных альфа-олефинов (ЛАО), являющихся востребованным сырьем на российском и мировом рынке химикатов и полимерных материалов. Одним из важнейших ЛАО является бутен-1 в силу того, что он применяется в качестве сомомера в синтезе различных полимерных структур, используемых в качестве сырья для производства бытовой химии, продуктов тонкой химической промышленности, смазочных материалов и др. В качестве катализаторов процесса димеризации этилена на данный момент внимание ученых привлекают комплексы никеля с N,N-, N,P- и P,N,P-лигандами. Именно они показывают высокую активность и селективность в процессе получения бутена-1 на основе этилена.

В данной работе представлены дибромидные и мезитилбромидные (мезитил - 2,4,6-триметилфенил) комплексы никеля (II) с N,N-лигандами и исследованы их каталитические свойства в реакции гомогенной олигомеризации этилена. Активность полученных мезитилбромидных комплексов составила значения вплоть до  $380 \text{ моль}_{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot \text{моль}_{\text{Ni}}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ , с сохранением селективности по бутену-1 (до 93 %), что намного превосходит показатели дибромидных аналогов.

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

1. Bektukhamedov G. E. et al. Catalytic performance of nickel (II) complexes bearing 1,10-phenanthroline based ligands in homogeneous ethylene oligomerization // Polyhedron. – 2022. – Т. 223. – С. 115978.

## ФИБРИЛЛООБРАЗОВАНИЕ СЫВОРОТОЧНОГО АЛЬБУМИНА В ПРИСУТСТВИИ АНИОННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ

А.А. Никифорова, И.А. Седов

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*alnikiforova22@gmail.com*

Неправильное сворачивание и агрегация белков приводит к образованию амилоидных фибрилл, накопление которых связано с различными амилоидозами – заболеваниями, поражающими центральную нервную систему, ткани и органы. В клинических испытаниях в Китае препарат GV-971 на основе олигоманнурата натрия показал такую же эффективность у пациентов с болезнью Альцгеймера легкой и средней степени тяжести, как и донепезил, используемый при лечении деменции [1]. Этот олигосахарид привлек исследователей к изучению антиамилоидной активности других олиго- и полисахаридов.

В настоящей работе анализируется влияние природных анионных полисахаридов (альгината натрия, ι- и κ-каррагинанов) на процесс фибриллообразования бычьего сывороточного альбумином (БСА) в денатурирующих условиях. Определенные с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии значения доли денатурированной формы альбумина в присутствии полисахарида при температуре инкубирования коррелируют с начальной скоростью образования фибрилл по данным об интенсивности флуоресценции в присутствии тиофлавина Т. Показано, что ингибирующий эффект полисахаридов обусловлен термодинамическим фактором – снижением равновесной доли денатурированной формы белка из-за повышения его термостабильности.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда и Кабинета Министров Республики Татарстан в рамках научного проекта № 23-23-10084.*

1. Xiao S. et al. A 36-week multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group, phase 3 clinical trial of sodium oligomannate for mild-to-moderate Alzheimer's dementia // *Alzheimers Res Ther.* – 2021. – Vol. 13, № 1. – 11 p.

## КОЛЛОИДООБРАЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫХ ДИСПЕРСИЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

А.А. Николаев, М.Н. Курасова, А.С. Критченков

*ФГАОУ ВО РUDH имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия*

*andreynikolaev2001@yandex.ru*

Хитозан, имеющий реакционноспособную аминогруппу, способен создавать прочные комплексы с d-металлами, а также связываться с непереходными металлами, в результате чего образуются высокопористые каркасы. Еще одной особенностью хитозана является его склонность к коллоидообразованию. Но при этом главной проблемой остаётся стабильность коллоидных дисперсий, образуемых полимером с металлами.

Ранее были получены металлокомплексные частицы хитозана с металлами, как d-ряда ( $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ), так и непереходными ( $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ). Для получения координационных соединений навеску хитозана гомогенизировали в 1% уксусной кислоте, после чего добавляли необходимый объём 0,2 моль/л раствора соли, содержащего соответствующий катион, для достижения мольных соотношений полимер:металл 1:1, pH коллоидного раствора  $\approx 5,0$ . По окончании синтеза полимерные системы были заморожены при  $-70\text{ }^{\circ}C$  в течение 48 часов, далее лиофильно высушены.

При изучении коллоидообразования полученных систем было установлено, что все системы (кроме  $Zn^{2+}$ -содержащих) успешно редиспергировались в воде. На протяжении 6 месяцев определялись гидродинамические размеры и  $\zeta$ -потенциал коллоидных растворов методами динамического и электрофоретического рассеяния света. Все полученные системы представляли из себя дисперсии, состоящие из металлокомплексных частиц (диаметр 300 – 800 нм). При этом системы с катионами  $Ni^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  показали меньшую коллоидную стабильность, что выражалось в падении  $\zeta$ -потенциала во времени (с 30 мВ до 5 мВ), в результате чего происходила частичная коагуляция. В системах с  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$  не наблюдалось проблем с коагуляцией,  $\zeta$ -потенциал оставался в пределах допустимых значений стабильности для коллоидов ( $\approx 20$  мВ).

Очевидно, что характеристики систем напрямую зависят от природы взаимодействующего с макромолекулой хитозана катиона металла – при повышении заряда катиона увеличивается коллоидная стабильность суспензии. Дальнейшие изучения коллоидных характеристик и коллоидной стабильности изучаемых систем в зависимости от pH среды и/или растворителя являются перспективными.

*Работа выполнена при поддержке РФФ (23-23-00022).*

# ТЕОРИЯ ОТКЛИКА МЕМБРАННЫХ ОПТОДОВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ИОННОЙ АКТИВНОСТИ

В.Г. Носов, М.А. Пешкова

ФГБОУ ВО «СПбГУ», Санкт-Петербург, Россия

*nosoff.vitia2018@yandex.ru*

Ионоселективные оптоды и электроды являются крайне многообещающими датчиками для мониторинга электролитного состава водных растворов. Ключевой проблемой использования мембранных сенсоров являются термодинамические ограничения на измерение индивидуальной ионной активности: условие электронейтральности накладывает запрет на распределение между фазами единственного иона (например,  $H^+$ ), поэтому отклик мембранных сенсоров формируется также за счёт распределения дополнительного к анализируемому, парного иона (например,  $I^+$ ).

Достаточно давно известен класс мембранных сенсоров, в которых зависимость отклика от парного иона подавлена путём введения в мембрану липофильного электролита [1]. В дальнейшем была сделана попытка описать этот эффект путём вовлечения в теоретическое описание оптодов межфазного потенциала [2], однако такой подход продемонстрировал лишь смещение акцента с вопроса о причине подавления отклика на парный ион на вопрос о причине стабилизации межфазного потенциала.

В настоящей работе показано, что истинная причина подавления зависимости отклика от активности парного иона заключается в смене механизма отклика сенсора: вместо обмена  $H^+/I^+$  в случае умеренно липофильного электролита  $Q^+B^-$  реализуется ионный обмен  $H^+/Q^+$ . Такое рассмотрение позволяет получить аналитическое уравнение (1) для отклика такого сенсора, что в литературе ранее было признано невозможным.

$$pH_0 = \lg \frac{V_{\text{водн}} K_{CH} k_H}{V_M} - \lg k_Q \quad (1)$$

Также, предложена схема практического применения таких сенсоров с возобновлением полимерной фазы.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №20-73-10033

1. Hung L.Q. Electrochemical properties of the interface between two immiscible electrolyte solutions // J Electroanal Chem Interfacial Electrochem. 1983. Vol. 149, № 1–2. P. 1–14.
2. Stashkova A.E., Peshkova M.A., Mikhelson K.N. Single-ion activity: Optical sensing vs. electrochemical sensing // Sens Actuators B Chem. 2015. Vol. 207. P. 346–350.

## ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЦИКЛОВИРА И ВАЛАЦИКЛОВИРА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ БИНАРНОЙ СИСТЕМОЙ ЗОЛОТО - ПАЛЛАДИЙ И ВОССТАНОВЛЕННЫМ ОКСИДОМ ГРАФЕНА

С.А. Овсянникова, А.А. Поздняк, А.В. Гедмина, Л.Г. Шайдарова

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия*

*sofyaovsnv2002@yandex.ru*

Ацикловир (АЦв) и валацикловир (ВАЦв) являются эффективными противовирусными препаратами, которые широко распространены на мировом фармацевтическом рынке. В связи с интенсивным созданием аналогов оригинальных лекарственных средств (дженериков), содержащих АЦв и ВАЦв и непрерывным повышением требований к их качеству возникла необходимость совершенствования методов оценки аналоговых лекарственных средств.

В ходе данной работы изучено электроокисление ацикловира и валацикловира на стеклоуглеродном электроде (СУ) с композитом на основе восстановленного оксида графена ( $\text{ГО}_{\text{вос}}$ ) и биметаллической системы Au-Pd (Au-Pd-  $\text{ГО}_{\text{вос}}$ ) с целью разработки высокочувствительного вольтамперометрического способа определения рассматриваемых соединений.

Установлено, что окисление АЦв и ВАЦв на композитном электроде Au-Pd- $\text{ГО}_{\text{вос}}$  на фоне 0.1 М серной кислоты происходит по электрокаталитическому механизму при  $E = +1.1$  В и  $+1.3$  В соответственно. Величина каталитического эффекта при окислении обоих субстратов зависит от условий электрохимического осаждения композита: потенциала и времени потенциостатического осаждения, а также от значения pH фонового раствора. Определены оптимальные условия иммобилизации модификатора и регистрации аналитического отклика электрода Au-Pd-  $\text{ГО}_{\text{вос}}$ -СУ, при которых регистрируются наибольшие электрокаталитические эффекты.

Разработан селективный способ высокочувствительного вольтамперометрического определения ацикловира и валацикловира на композитном электроде Au-Pd- $\text{ГО}_{\text{вос}}$ -СУ. Нижняя граница определяемых содержаний для обоих субстратов составляет  $5 \times 10^{-8}$  М. Правильность предлагаемого способа оценена методом «введено-найдено» в модельном растворе. Разработанный электрод был апробирован при определении АЦв и ВАЦв в противовирусных лекарственных средствах.

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ИОНОВ КАЛИЯ И ОЛЕИЛАМИНА НА МОРФОЛОГИЮ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}$

Е.П. Овчинникова, В.В. Власенко, П.А. Пушина, В.Ф. Фаррахова,  
А.Н. Солодов, Ю.И. Журавлева

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*yulialab6@mail.ru*

Апконверсионные наночастицы (АКНЧ) на основе  $\text{NaYF}_4$ , легированные ионами  $\text{Yb}^{3+}$  и  $\text{Er}^{3+}$ , являются перспективными материалами для различных оптических применений, включая биомедицинскую визуализацию, фототерапию и люминесцентную термометрию. Эти наночастицы обладают уникальной способностью преобразовывать низкоэнергетические инфракрасные фотоны в высокоэнергетическое видимое излучение, что делает их превосходными кандидатами для использования в люминесцентных датчиках температуры. Однако морфология и фотофизические свойства АКНЧ сильно зависят от условий синтеза, от состава прекурсоров и присутствия различных добавок.

Получены апконверсионные наночастицы (АКНЧ) состава  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}$  с гексагональной фазой  $\text{NaYF}_4$  и средним размером 61 нм, обладающие люминесцентными свойствами. Они охарактеризованы методами РФА, ПЭМ и люминесцентного анализа.

Были получены наночастицы  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}$  с заменой 30 мол.% ионов Na на K (НЧ  $\text{Na}(\text{K})\text{YF}_4:\text{Yb}/\text{Er}$ ) и наночастицы  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}$  в присутствии олеиламина (НЧ  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}(\text{OAm})$ ). В обоих случаях это повлияло на размер наночастиц: в случае НЧ  $\text{Na}(\text{K})\text{YF}_4:\text{Yb}/\text{Er}$  размер увеличился до 86 нм, а для НЧ  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}(\text{OAm})$  - до 139 нм. Добавка олеиламина привела к сильному изменению формы получаемых частиц.

Изменение морфологии и размера АКНЧ привело к изменению люминесцентных свойств: в случае замещения ионов натрия на ионы калия в АКНЧ увеличился в 2 раза квантовый выход люминесценции; присутствие олеиламина привело к перераспределению полос эмиссии зеленой и красной области.

Все полученные АКНЧ могут быть использованы в качестве люминесцентных термометров в диапазоне температур 250-350 К, наибольшую чувствительность к изменению температуры показали  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}/\text{Er}(\text{OAm})$ .



## МИНЕРАЛ БИШОФИТ ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ЯВЛЯЕТСЯ ИСТОЧНИКОМ ВЫСОКИЙ УРОЖАЕВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Я.З. Палязова, А.О. Аллаева, О.Я.Гурбанова

*Туркменский сельскохозяйственный институт, Дашогуз вelayа, Туркменистан*

*yangilnonnazikjemal@gmail.com*

**Аннотация.** В научных исследованиях, проведенных в Туркменском сельскохозяйственном институте, на научной основе изучено влияние минерального водного раствора бишофита на урожайность и показатель маслянистости гибрида подсолнечника «Санлука». Исследования проводились в полевых условиях на умеренно засоленных почвах. Готовили 2,0%, 4,0% и 6,0% водный раствор минералов бишофита плотностью 1,30-1,32 т/м<sup>3</sup> и обрабатывали этим раствором семена подсолнечника перед посадкой. Для сравнения в опытном варианте также высаживали рассаду, не обработанную каким-либо препаратом.

**Ключевые слова:** подсолнечник, бишофитный минерал, гибрид санлука, корзинка подсолнечника, урожайность.

**Введение.** Удобрения играют важную роль в выращивании здоровых растений в сельском хозяйстве. Результаты многочисленных исследований, проведенных к настоящему времени, подтверждают, что использование органических удобрений в сочетании с минеральными дает лучшие результаты. В сельском хозяйстве подсолнечник, отличающийся производством высококачественного масла, также имеет высокую потребность в органических и неорганических удобрениях.

Одним из основных требований при выращивании подсолнечника в почвенно-погодных условиях Туркменистана является правильное и полное установление его режима удобрений. Подсолнечник считается фитомелиорантной культурой, способной произрастать на почвах Дашогузского вelayа Туркменистана с разным уровнем засоления и давать обильные урожаи. По этой причине в целях снижения засоления почв и предотвращения вторичного засоления почв налажен посев подсолнечника и солеустойчивых культур кормовых культур.

В Туркменском сельскохозяйственном институте, расположенном в Дашогузском вelayа Туркменистана, проводятся различные виды научно-исследовательской работы в этой области. Иными словами, влияние органических удобрений на повышение урожайности подсолнечника, особенно на повышение его маслянистости, тщательно изучается на научной основе путем регулярных полевых экспериментов.

Наряду с минеральными удобрениями микроэлементы считаются незаменимыми удобрениями для растений. Сегодня соль бишофита, содержащая хлорид магния, также широко применяется в сельском хозяйстве. Минерал Бишфит – минерал, относящийся к классу галогенидов и содержащий в своем составе соль хлорида магния ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Минерал бишофит в настоящее время широко используется в качестве сырья в различных областях медицины, металлургии, промышленности, сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. В научных исследованиях, проведенных в Туркменском сельскохозяйственном институте, на научной основе изучено влияние минерального водного раствора бишофита на урожайность и показатель маслянистости гибрида подсолнечника «Санлука». Исследования проводились в полевых условиях на умеренно засоленных почвах. Готовили 2,0%, 4,0% и 6,0% водный раствор минералов бишофита плотностью 1,30-1,32 т/м<sup>3</sup> и обрабатывали этим раствором семена подсолнечника перед посадкой.

Для сравнения в опытном варианте также высаживали рассаду, не обработанную каким-либо препаратом. Затем посадка была завершена. Было показано, что он увеличивает синеву и синеву солнечных сосудов.

Изучено также влияние минеральных водных растворов бишофитов различного процентного содержания на высоту подсолнечника, диаметр корзинки, массу 1000 семян.

То есть 4,0%-ный водный раствор минерала бишофита показал хороший результат при высоких указанных показателях. Высота стебля подсолнечника составила 1,90 см, диаметр корзинки - 24,6 см, масса 1000 семян - 71 грамм в варианте с применением 4,0% минерального раствора бишофита. Эти значения составили 1,76 см, 19 см и 65,4 грамма соответственно в контрольном варианте. 4,0%-ный водный раствор минерала бишофита использовали в качестве внекорневой подкормки 3 раза за период роста подсолнечника (количество рабочего раствора 250-300 л/га). 1-й раз вносили, когда у подсолнечника появилось 3-4 настоящих листа, 2-й раз, когда начали формироваться корзинки, 3-й раз, когда опали желтые лепестки корзинок.

В результате это оказало большое влияние на увеличение урожайности подсолнечника в период интенсивного роста и, в частности, на повышение устойчивости подсолнечника к инфекционным заболеваниям. При использовании 4,0% водного раствора минерала бишофит в качестве регулярной внекорневой подкормки рассады подсолнечника перед посадкой и в период роста были получены следующие результаты:

- увеличился метаболизм растения и активность аскорбиновой кислоты в проводящих тканях;
- в тех корзинках увеличивалась скорость опыления и оплодотворения, уменьшалось число пустых семян и увеличивалось число плодородных семян;
- содержание подсолнечного масла увеличилось на 5,3% по сравнению с контрольным вариантом;
- Урожайность подсолнечного масла с поля, засеянного гибридом «Санлука» из 1 подсолнечника, составила 935 кг.

Так, гибрид подсолнечника «Санлука», предназначенный для производства масла, был посажен в умеренно засоленной почве Дашогузского велаята, а при внесении в качестве удобрения 2,0%, 4,0% и 6,0% водного раствора минерала бишофита по всем показателям среди вариантов Ан. водный раствор минерала бишофита показал высокие результаты. Количество семян подсолнечника, зараженных мучнистой росой, было выше на контрольном варианте подсолнечника. Это доказывает, что минерал бишофит также важен для повышения устойчивости подсолнечника к болезням.

1. Абдуллаев, Иброхим Нуманович, et al. "Совершенствование технологических методов при устройстве фундаментов глубокого заложения." *Scientific progress* 3.1 (2022): 526-532.
2. Бочковой А.Д. Пивненко О.В. О перспективах крупноплодных форм среди сорто-образцов масличного подсолнечника // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2008. – Вып. I (138) - с.15-19.
3. Бочковой А.Д. Новые гибриды подсолнечника // Российские семена. – 1993. – Вып. I. - с.15-32.
4. Виноградов, Д. В. Агробиологические особенности выращивания гибридов подсолнечника в условиях Нечерноземной зоны / Д. В. Виноградов, М. П. Макарова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – Вып. 1. – С. 11-15.
5. Кулыгин В.А., Зинченко В.Е., Влияние удобрений на урожайность подсолнечника при разных способах обработки почвы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66).
6. Макарова, М. П. Агроэкологические аспекты формирования агроценозов подсолнечника в условиях Рязанской области / М. П. Макарова, Д. В.

## СИНТЕЗ 6-АМИНО-4-АРИЛ-5-(4-АРИЛТИАЗОЛ-2-ИЛ)-2-ЭТОКСИНИКОТИНОНИТРИЛОВ

Н.А. Пахолка <sup>a,b</sup>, С.Г. Кривоколыско <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Луганский государственный медицинский университет им. Святителя Луки, Луганск, Россия

<sup>b</sup> Лаборатория «ХимЭкс», Луганский государственный университет имени Владимира Даля, Луганск, Россия

nikolaypaholka@yandex.ru

Функционально замещенные пиридины являются важными реагентами для органического синтеза, а также характеризуются широким спектром биологической активности. По этой причине разработка доступных подходов к синтезу новых производных пиридина представляется весьма актуальной задачей.

В результате взаимодействия 4-арилтиазол-2-карбонитрилов **1** с арилиденмалонитрилами **2** в этаноле в условиях основного катализа образуются ранее неописанные продукты циклоконденсации - 6-амино-4-арил-5-(4-арилтиазол-2-ил)-2-этоксиникотинитрилы **3** с умеренными выходами (32-65%). Интересно отметить, что растворитель является одним из компонентов реакции. Профиль биологической активности пиридинов **3** находится на этапе изучения.

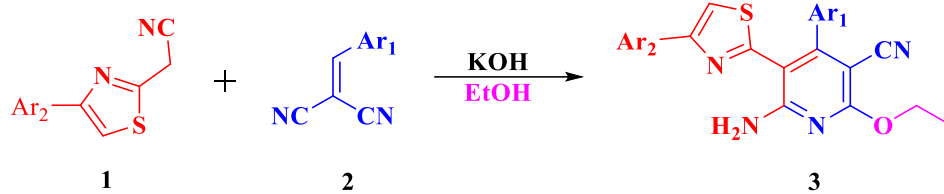


Рисунок 1. Схема получения 6-амино-4-арил-5-(4-арилтиазол-2-ил)-2-этоксиникотинитрилов.

Строение полученных соединений **3** было изучено с использованием методов ЯМР спектроскопии на ядрах <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C (DEPTQ), а также с привлечением рентгеноструктурного анализа, ИК-спектрофотометрии и элементного анализа.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации и Министерства здравоохранения Российской Федерации в рамках государственного задания (коды тем исследования: FREE-2023-0002, ZUNP-2024-0002).

## АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ: ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПИЛЛАР[5]АРЕНА ФТОРХИНОЛОНОМ

А.В. Пергат, Ю.И. Александрова, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия*

*pergatarina@yandex.ru*

За последние десятилетия фторхинолоны спасли миллионы человеческих жизней. Их история началась с 1960-х годов с налидиксовой кислоты, обладающей высокой антимикробной активностью по отношению к грамотрицательным микроорганизмам. Открытие оксолиновой кислоты позволило разработать более активные антибактериальные препараты, действующие как на грамположительные, так и грамотрицательные патогены. В продолжение этих работ был получен ряд производных 4-хинолона, среди которых особенно активными оказались соединения, содержащие в положении 6 атом фтора, а в положении 7— пиперазиновое кольцо. Эти соединения были названы фторхинолонами. Однако в последние годы уровень резистентности к фторхинолонам увеличился почти у всех видов бактерий (флора, колонизирующая кишечник, нос, ротоглотку и кожу и т.д.).

В данной работе мы предлагаем получение макроциклического рецептора путем введения одного фрагмента ломефлоксацина в платформу пиллар[5]арена. Отработанную в нашей группе методику раскрытия тирана циклическими вторичными аминами, реализуемую благодаря раскрытию пиперазиновым фрагментом тиранового цикла в ДМФА, применили для получения активного *S*-нуклеофила на платформе ломефлоксацина. Полученный прекурсор вводили в реакцию тиолирования с эквивалентным количеством декабромэтоксипиллар[5]арена в присутствии  $K_2CO_3$  в ДМФА при нагревании. Выделенный монозамещенный ломефлоксациновым фрагментом макроцикл был получен с выходом 55 %. Структура всех синтезируемых соединений была подтверждена комплексом физических методов, среди которых ЯМР  $^1H$ ,  $^{13}C$ , ИК спектроскопия, MALDI масс-спектрометрия. Сочетание нетоксичной макроциклической платформы, способной к самосборке в наноархитектуры, и фторхинолонового антибиотика может быть решением для направленной доставки и пролонгации действия антибиотика.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №22-73-10166.*

## ТЕРМОХИМИЯ СОЛЬВАТАЦИИ И ИСПАРЕНИЯ БИНАРНЫХ АЗЕОТРОПНЫХ СМЕСЕЙ

А.А. Петров, Е.А. Титова, А.А. Ахмадияров, И.Т. Ракипов, Б.Н. Соломонов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*artepetrov@kpfu.ru*

Известно, что среда влияет на различные физико-химические процессы: растворимость лекарственных препаратов, скорость химических реакций, экстракция. При этом использование бинарных растворителей позволяет гибко изменять свойства среды для различных задач. Частным случаем бинарных растворителей являются азеотропы – смеси, кипящие без изменения состава. Данная особенность представляет научно-прикладную значимость, так как позволяет использовать существующие термодинамические подходы для индивидуальных веществ к азеотропным смесям.

Одним из таких является подход, основанный на соотношении энтальпии сольватации и молекулярной рефракции [1]. Энтальпию испарения вещества можно представить как разницу между энтальпиями растворения и сольватацией вещества в растворителе. Энтальпия растворения – экспериментально определяемая величина, а энтальпию сольватации можно определить из линейного соотношения от молекулярной рефракции в насыщенных углеводородах. В данной работе экспериментально показано, что молекулярная рефракция и, соответственно, энтальпия сольватации является аддитивной величиной для растворяемой бинарной системы. Это позволяет определить энтальпию испарения азеотропной смеси, используя экспериментальную энтальпию растворения азеотропа и рассчитанную аддитивно энтальпию сольватации из соотношения молекулярной рефракции. Обнаружено, что энтальпия растворения включает всю сумму неаддитивных взаимодействий в бинарных смесях. На основе данных исследований предложен подход для оценки энтальпии испарения бинарных азеотропов из энтальпии сольватации индивидуальных компонентов смесей

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-23-00559, <https://rscf.ru/project/23-23-00559/>

1. B.N. Solomonov, A.I. Konovalov, V.B. Novikov, A.N. Vedernikov, M.D. Borisover, V.V. Gorbachuk, I.S. Antipin, Solvation of organic compounds. Molecular refraction, dipole moment, and enthalpy of solvation, J. Gen. Chem. USSR (Engl. Transl. ), 54 (1984) 1444-1453.

## ВЛИЯНИЕ МАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И УГЛЕРОДНОЙ БУМАГИ НА ЭЛЕКТРОДЕ С НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА

А.В. Пономаренко, А.Н. Рамазанова, Д.В. Брусницын, А.М. Димиев, Т.Л. Хамидуллин, Ю.И. Журавлева, В.А. Бурилов, Е.Г. Макаров

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*al.ponomarenko@list.ru*

Интерес ученых в настоящее время прикован к применению макроциклических соединений в сочетании с наноматериалами, в частности углеродными материалами, наночастицами. Наночастицы золота (НЧАu) являются хорошо изученными частицами, однако их применение в сочетании с другими наномодификаторами требует более детального изучения.

Макроциклические соединения на основе каликсаренов активно применяют в органической химии, однако в рамках наших исследования мы затронули электрохимический аспект использования каликс[4]аренов и их производных, в частности аминотиакаликс[4]аренов в составе модификаторов поверхности электродов.

Нами было проведено электрохимическое осаждение НЧАu на поверхность электрода, модифицированную бумагой из углеродных нанотрубок (БУНТ) и аминотиакаликс[4]ареном.

В ходе многократного циклирования потенциала при синтезе НЧАu на поверхности электрода наблюдается пара квазиобратимых пиков на вольтамперной кривой при потенциалах 1100 (анодный потенциал) и 700 (катодный потенциал) мВ.

Использование композита на основе БУНТ / аминотиакаликс[4]арен приводит к значительному увеличению токов пика и смещению потенциалов НЧАu на вольтамперной кривой на фоне ацетатного буферного раствора.

Электрохимический сигнал НЧАu на модифицированной электродной поверхности является стабильным и воспроизводимым во времени, что может быть использованы при разработке амперометрических биосенсоров.

*Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).*

## РЕАКЦИИ 2-ХЛОР-8-МЕТИЛ-БЕНЗО[*d*]-1,3,2-ДИОКСАФОСФОРИН-4-ОНА С ИМИНАМИ

П.О. Потемкина, Г.А. Ивкова

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет,  
Химический институт им. А.М.Бутлерова, Казань, Россия

*polinapotemkina@yandex.ru*

Фосфорилированные производные гидроксикарбоновых кислот – весьма перспективные соединения в синтезе гетероциклов [1]. Мы вовлекли в реакцию с 2-хлор-8-метил-бензо[*d*]-1,3,2-дифосфорин-4-оном (1) N-замещенные (4-метокси)бензальимины (2) и (3). Согласно спектральным данным, в ходе взаимодействия происходит внедрение иминогруппы в фосфорный гетероцикл, что приводит к расширению цикла до семичленного, и наблюдается образование новой Р-С связи. Проанализировав реакционную способность иминов с различной загруженностью нуклеофильного атома азота, мы пришли к выводу, что первоначально идет атака на углерод карбонильной группы фосфита (1).

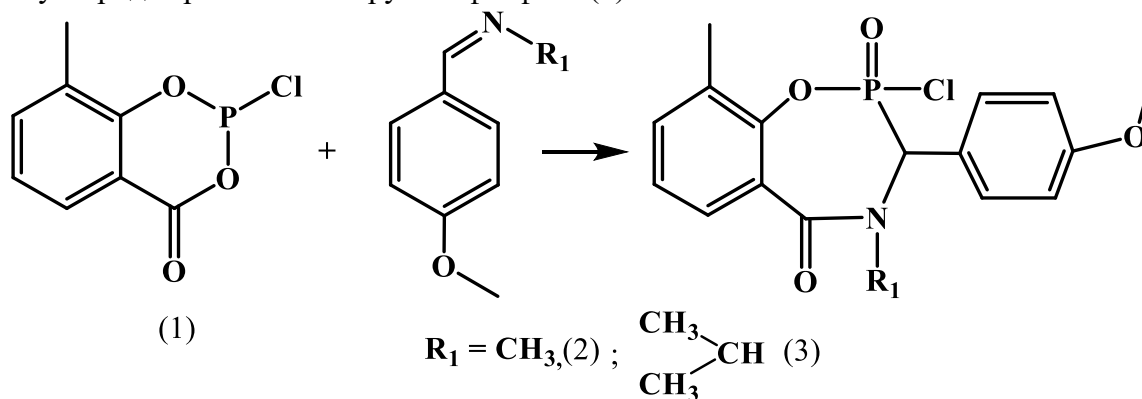


Схема 1. Схема взаимодействия хлорфосфита (1) с имидами (2,3)

*Работа выполнена за счет средств субсидии, предоставленной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, №FZSM-2023-0020.*

1. I. Neda, C. Melnický, A. Volbrecht, R. Schmutzler. An unusual N-alkylation reaction during the oxidative addition of hexafluoroacetone and tetrachloro-o-benzoquinone to P-bis(2-chloroethyl)amino-substituted  $\lambda^5$ -P-compounds // *Synthesis*. - 1996. – V. 4. - P. 437-438.



# ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИЭФИРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДОВ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ

В.А. Прытков, А.М. Осипова, А.А. Ханнанов, И.В. Кузнецов, М.П. Кутырева

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

vaaprytkov@gmail.com

Внедрение подходов зеленой химии является одним из перспективных направлений развития технологий синтеза наноматериалов для биомедицины. Металлополимерные наноконпозиты на основе наночастиц серебра с выраженной антимикробной активностью являются перспективными объектами для медицины и фармакологии как основа для создания многофункциональных терапевтических и тераностических средств. Для этих целей могут быть успешно использованы нетоксичные биоразлагаемые дендритноподобные сверхразветвленные полиэфиры (СРП) с трехмерной архитектурой и высокой стабилизирующей активностью по отношению к ионам серебра. Функционализация этих соединений фрагментами, проявляющими восстановительную активность по отношению к ионам серебра в мягких условиях, позволит достичь критериев синтетической зелёной химии. Синтезировано производное сверхразветвленного полиэфира второго поколения, функционализированное фрагментами моноэфира малеиновой кислоты – G2-estMA (содержание карбоксильных групп  $19.7 \pm 0.1 \text{ \%}_{\text{масс.}}$ ). Разработан одностадийный метод синтеза композиционных наноматериалов, состоящих из наночастиц серебра, стабилизированных в наноразмерных полимерных агрегатах G2-estMA в водной среде. Установлено, что G2-estMA действует как восстановитель и стабилизатор наночастиц серебра при термо- ( $60 - 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и фотоинициировании ( $254$  и  $365 \text{ nm}$ ). Методами УФ/Вид- и ИК-спектроскопии изучены процессы образования наночастиц серебра в наноконпозитах и определено влияние мольного соотношения  $v_{\text{Ag}^+}:v_{\text{MA}}$  на морфологию синтезированных наночастиц. Изучена возможность управления морфологией и скоростью образования нанопазы путем варьирования метода (термо-/фото-) и параметров инициирования [ $T$ ,  $^{\circ}\text{C}/\lambda_{\text{иниц.}}$ ]. Методом НТА-анализа исследована агрегационная активность наноконпозитов, определены концентрации и гидродинамические диаметры металлополимерных агрегатов. По данным просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), определены морфология и распределение наночастиц серебра по размерам. Таким образом, определены оптимальные условия образования  $\text{Ag}@G2\text{-estMA}$  ( $v_{\text{Ag}^+}:v_{\text{MA}} = 1:70, 1:50, 1:28, 1:12, 1:4$  при  $T = 100^{\circ}\text{C}$  в условиях термоинициирования и  $\lambda = 365 \text{ nm}$  для фотоинициирования). Синтезированные металлополимерные наноконпозиты обладают плазменной активностью и могут быть использованы в медицине в качестве тераностических агентов с антибактериальной и антимикотической активностью, а также в качестве субстратов SERS для селективного обнаружения белков.

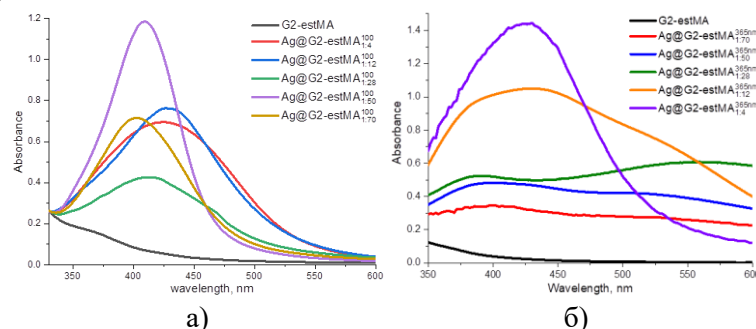


Рисунок 1. Данные УФ-Вид спектроскопии образцов  $\text{Ag}@G2\text{-estMA}_{1:70-1:4}^{100}$  ( $T = 100^{\circ}\text{C}$ ) (а) и образцов  $\text{Ag}@G2\text{-estMA}_{1:70-1:4}^{365\text{nm}}$  ( $\lambda_{\text{иниц.}} = 365 \text{ nm}$ ) (б).

# ДЕНДРИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ПРОПАРГИЛПРОИЗВОДНЫХ ИМИДАЗОЛ-4,5-ДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ, СОДЕРЖАЩИХ 1,2,3-ТРИАЗОЛЫ В КАЧЕСТВЕ ЛИНКЕРА

Е.А. Пушкарёва<sup>а</sup>, Д.Д. Радаев<sup>а</sup>, В.А. Бурилов<sup>а</sup>, С.Е. Соловьёва<sup>б</sup>, И.С. Антипин<sup>а,б</sup>.

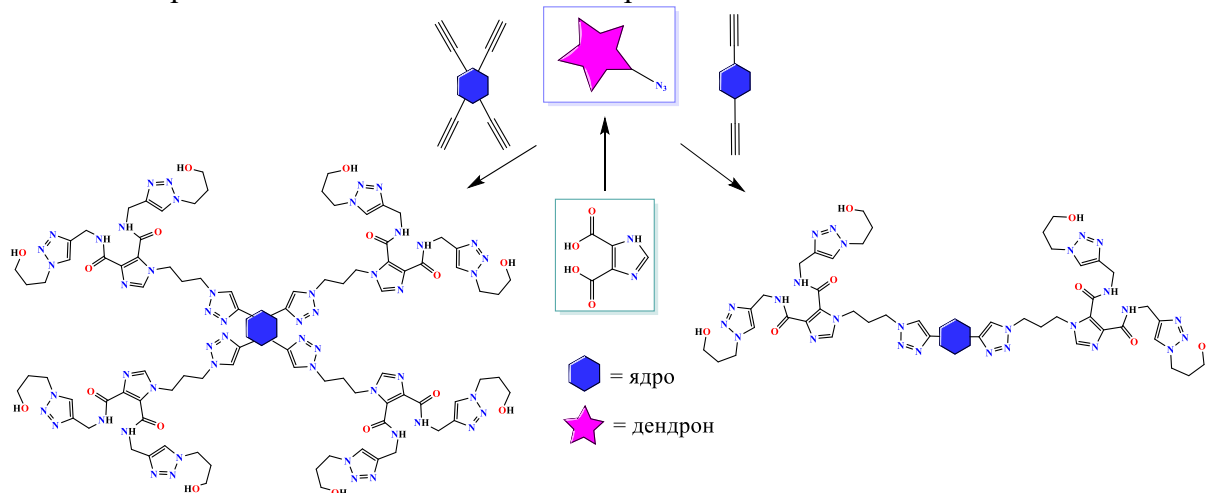
<sup>а</sup> ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия

<sup>б</sup> ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН, Казань, Россия

pushkareva.elizaveta@mail.ru

Химия дендримеров стремительно развивается в последние десятилетия. Данные разветвленные структуры находят широкое применение в медицине, в качестве наноразмерных реакторов, систем, имитирующих мицеллы, а также могут применяться в качестве катализаторов для реакций кросс-сочетания.

Для получения дендримеров был применен конвергентный подход: молекулы дендрона и ядра синтезировались индивидуально на основе пропаргиламинов моно- и бис-имидазол-4,5-дикарбоновой кислоты (схема 1). Благодаря наличию азидной группы в молекуле дендрона и алкинильного фрагмента в молекуле ядра можно создать новую точку ветвления в виде 1,4-замещенного триазольного кольца и, таким образом, получить дендримеры первой генерации с использованием реакции азид-алкинового циклоприсоединения.



Полученные вещества планируется исследовать в качестве стабилизаторов палладиевых наночастиц в модельных реакциях восстановления и в реакциях сочетания Сузуки.

## АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИММУНОСЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИДЕПРЕССАНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ

А.Н. Рамазанова, Д.В. Брусницын

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*alsina\_ramazanova@mail.ru*

Наибольший интерес исследователей представляет изучение экспрессных, мобильных и высокочувствительных методов определения лекарственных веществ, в особенности трициклических антидепрессантов, в связи с ростом числа стрессовых ситуаций.

Анализ поверхностных вод на содержание трициклических антидепрессантов, чаще всего связан с некорректной утилизацией лекарственных препаратов данной фармакологической группы.

Нами разработаны иммуносенсоры на основе печатных графитовых электродов, модифицированных наночастицами кластерных комплексов молибдена в сочетании с углеродными материалами для количественного определения трициклических антидепрессантов в поверхностных водах и моче человека.

В ходе исследований установлена электрохимическая активность комплексов молибдена, что проявляется в виде пика окисления наночастиц молибдена при потенциале 0.7 В на вольтамперной кривой на фоне фосфатного буферного раствора.

Аналитические возможности определения трициклических антидепрессантов на примере амитриптилина показывают, что область рабочих концентраций наблюдается в диапазоне  $1 \times 10^{-9}$  -  $1 \times 10^{-4}$  М, нижняя граница определяемых концентраций  $5 \times 10^{-10}$  М.

Разработаны методики определения трициклических антидепрессантов на примере амитриптилина в поверхностных водах на уровне  $(5.8 \pm 0.5) \times 10^{-4}$  мг/мл и моче человека -  $(2.15 \pm 0.18) \times 10^{-8}$  М.

*Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).*

## МОДИФИКАЦИЯ ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ: РОЛЬ ПРОТИВОИОНА ПАВ НА ПРИМЕРЕ ИЗОТИУРОНИЕВЫХ АМФИФИЛОВ

Э.А. Романова<sup>a, b</sup>, Л.А. Васильева<sup>b</sup>, Г.А. Гайнанова<sup>a, b</sup>, Д.И. Бахтияров<sup>a</sup>,  
И.В. Галкина<sup>a</sup>, Л.Я. Захарова<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

elaromanova@bk.ru

Нековалентная модификация липосом катионными поверхностно-активными веществами (ПАВ) — перспективное направление в создании систем доставки лекарств, способных к проникновению через биологические барьеры и обладающих таргетными свойствами. Варьирование структуры ПАВ позволяет изменять такие физико-химические свойства липосом, как размер, деформируемость, дзета-потенциал, эффективность инкапсуляции субстрата и др. Замена классического бромидного противоиона на 7-хлор-4,6-динитробензофуроксан-5-олят анион потенциально может увеличить спектр биологической активности катионных липосом. Однако влияние противоиона на физико-химические свойства липидных наноконтейнеров в литературе не было описано.

В настоящей работе исследовано влияние бромид ( $C_nSUBr$ , где  $n = 10, 12, 14, 16$ ) и 7-хлор-4,6-динитробензофуроксан-5-олят ( $C_nSUBf$ , где  $n = 10, 12, 14, 16$ ) анионов изотиурониевых ПАВ на свойства липосом. Были получены липосомы классического состава, модифицированные двумя гомологическими сериями ПАВ. Гидродинамический диаметр, индекс полидисперсности и стабильность для всех систем соответствуют требованиям, предъявляемым к наноразмерным системам доставки лекарств.

Методом турбидиметрии было показано, что представители гомологической серии  $C_nSUBf$  проявляют более выраженные мембранотропные свойства, поскольку эффективнее снижают температуру фазового перехода липида 1,2-дипальмитоил-sn-глицеро-3-фосфохолина. Например,  $C_{12}SUBr$  и  $C_{12}SUBf$  при мольном соотношении ПАВ/липид 1/20 снижают температуру фазового перехода липида с 41.3°C до 40.9°C и 40.1°C соответственно, а значит оказывают большее влияние на целостность микробных клеток и представляют больший интерес в качестве антимикробных агентов. В то же время  $C_nSUBr$  перспективны для модификации наноконтейнеров благодаря более высоким значениям дзета-потенциала: при мольном соотношении ПАВ/липид 1/50 дзета-потенциал модифицированных липосом составляет 42.2 и 21.7 мВ для  $C_{12}SUBr$  и  $C_{12}SUBf$  соответственно.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 24-13-00301, <https://rscf.ru/project/24-13-00301/>.

## СИНТЕЗ И ФОРМИРОВАНИЕ СУПЕРПАРАМАГНИТНЫХ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОЛИЗА ТРИС-АЦЕТИЛАЦЕТОНАТА ЖЕЛЕЗА(III)

А.Ю. Савенков, А.А. Апанаева, А.Я. Ахметьянова, А.Н. Солодов, Ю.И. Журавлева

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*savenkov.02.02@mail.ru*

На сегодняшний день существуют большое количество методов получения наночастиц оксидов железа включают химическое осаждение из растворов, термическое разложение органических прекурсоров, гидротермальный синтез и многие другие техники. Однако лишь метод термического разложения олеатов железа(III) позволяет получать наночастицы оксидов железа с контролем размера и высокой однородностью по размерам. Образец олеата железа(III) получен обменной реакцией между трис-ацетилацетонатом железа(III) и олеиновой кислотой и охарактеризован методом ИК-Фурье спектроскопии. Исходный трис-ацетилацетонат железа(III) синтезирован путем обменной реакции между хлоридом железа(III) с ацетилацетоном в смеси вода/этиловый спирт (выход 74%) и охарактеризован методом ИК-Фурье спектроскопии.

Апробирована методика получения наночастиц оксидов железа (НЧОЖ) из ацетилацетонатов железа(III) в среде октадецена-1 и олеиновой кислоты. Полученные частицы наночастицы с железооксидным ядром и олеатной оболочкой имеют средний размер  $8.0 \pm 1.3$  нм. По данным зависимости намагниченности от напряженности магнитного поля сделан вывод о том, что полученные наночастицы являются суперпарамагнитными.

Предложенный способ синтеза олеата железа(III) из трис-ацетилацетоната железа(III) имеет преимущества перед методом Парка, а именно: трис-ацетилацетонат железа(III) коммерчески доступен, а его гидрофобность обеспечивает стабильность во времени по сравнению с галогенидами железа(III), значительно уменьшается количество используемых растворителей, появляется возможность проведения обеих стадий синтеза НЧОЖ из ацетилацетоната железа(III) в одной колбе без извлечения промежуточного продукта (олеатного комплекса).

# ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ/ОЛИГОМЕРИЗАЦИЯ $\alpha$ -ОЛЕФИНОВ С ПОЛЯРНЫМИ ВИНИЛОВЫМИ МОНОМЕРАМИ, КАТАЛИЗИРУЕМАЯ ГЕТЕРОЦЕНОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ Zr (IV)

Г.И. Садртдинова <sup>a,b</sup>, В.И. Овчинникова <sup>c</sup>, П.В. Ивченко <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва, Россия

<sup>b</sup> Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва, Россия

<sup>c</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Москва, Россия

sadrtdinova2001@bk.ru

Полиолефины, несмотря на широкий спектр физико-механических характеристик обладают рядом недостатков: высокой устойчивости к биоразложению и плохой совместимости с инженерными пластиками и неорганическими наполнителями. Использование полярных виниловых мономеров в сополимеризации с  $\alpha$ -олефинами способно устранить данные недостатки и позволить получать сополимеры с улучшенной функциональностью. Поиск эффективных каталитических решений для сополимеризации  $\alpha$ -олефинов с полярными мономерами – актуальная и нетривиальная научная проблема. Нам удалось решить эту проблему, используя гетероценовые катализаторы (рис. 1).

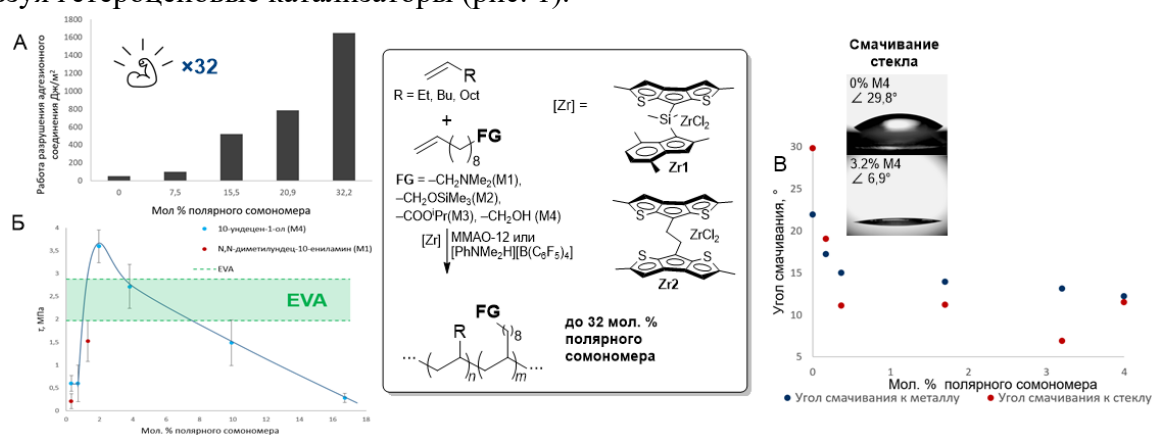


Рисунок 1. А. Значения работы разрыва адгезионного соединения для сополимеров гексена-1 с М4. Б. График зависимости напряжения разрыва адгезионного соединения для сополимеров бутена-1 с М1 и М4. В. Углы смачивания для сополимеров децена-1 с М4.

Были получены сополимеры гексена-1, изотактические сополимеры бутена-1 и олигомеры децена-1 с полярными виниловыми мономерами и охарактеризованы с использованием спектроскопии ЯМР, ГПХ и ДСК [1]. Впервые изучены смачиваемость, реологические и адгезионные свойства сополимеров  $\alpha$ -олефинов с полярными сомономерами.

Работ выполнена при поддержке РНФ, грант № 24-43-20016.

1. G. I. Sadrtdinova et al., Pet. Chem. 2024, DOI: 10.1134/S0965544124060161.

## СПЕКТРОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ 2-ЭТИЛГЕКСАНОАТА ХРОМА (III) ДЛЯ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОЙ ТРИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА

М.С. Сафонов<sup>a</sup>, А.С. Иванов<sup>a,b</sup>, А.В. Сухов<sup>a,b</sup>, М.М. Никитин<sup>a</sup>, Д.Г. Яхваров<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А. М. Бутлерова КФУ, г. Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия

*maksimka.safonov@gmail.com*

В настоящее время многие комплексные и металлоорганические соединения хрома считаются перспективными катализаторами для проведения ряда промышленно важных реакций, при этом одной из наиболее значимых среди них является реакция олигомеризация этилена, в результате которой образуются линейные альфа-олефины (ЛАО). В свою очередь ЛАО находят применение во многих отраслях промышленности, таких как: полимерная промышленность, автомобильная промышленность, производство бытовой химии, производство пластификаторов и так далее [1]. Заслуживает внимания тот факт, что гексен-1, получаемый реакцией каталитической тримеризации этилена, является одним из самых востребованных на рынке ЛАО. Поэтому одной из важных задач является разработка новых каталитических систем на основе хрома и модернизация существующих процессов для удовлетворения потребностей нефтехимической промышленности в полном объеме.

В данной работе исследовано влияние электрохимических параметров системы, используемой для электросинтеза 2-этилгексаноата хрома (III), а также каталитические свойства полученного продукта в реакции тримеризации этилена. Методом *in situ* спектроскопии при электрорастворении металлического хрома в растворах 0.1M Et<sub>3</sub>N·HCl, Et<sub>4</sub>NCl и Bu<sub>4</sub>NBF<sub>4</sub> в ацетонитриле показано, что растворение возможно в присутствии анионов различной природы, при этом наличие галогенид-ионов не является принципиальным.

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

1. Bekmukhamedov G. E., Sukhov A. V., Kuchkaev A. M., Kuchkaev A. M., Khayarov K. R., Dobrynin A. B., Babaev V. M., Yakhvarov D. G. Polyhedron. 2022. 223. 115978.



# АЛЬФА-ГИДРОКСИФОСФОНАТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ БЕНЗИЛИДЕНОВЫЙ ФРАГМЕНТ: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА, БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

А.Н. Седов<sup>a</sup>, Р.Р. Давлетшин<sup>a</sup>, П.А. Курынцева<sup>b</sup>, Хайдарова В.Ф.<sup>a</sup>

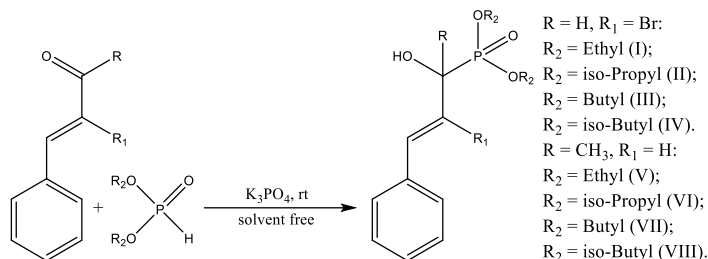
<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт экологии, биотехнологии и природопользования КФУ, Казань, Россия

sedandrey1998@gmail.com

Фосфорорганические соединения, и, в частности, альфа-гидроксифосфорильные соединения и их производные давно зарекомендовали себя как перспективные ингибиторы ферментов, гербициды, антибиотики и фунгициды [1,2]. Последние исследования показали, что фосфонаты, содержащие заместители у  $\alpha$ -атома углерода, обладают высоким гербицидным, антибактериальным, противогрибковым действием, проявляют антиоксидантную и противовирусную активность [3].

В настоящем исследовании по реакции Абрамова получена широкая серия альфа-гидроксифосфонатов, где в качестве карбонильной компоненты были выбраны альфа-бромкоричный альдегид и бензилиденацетон. Реакцию проводили в мягких условиях, выход продуктов реакции составил 85-93%.



Реакции протекали при комнатной температуре, без растворителя в течение 15 минут в присутствии фосфата калия как катализатора. Структура соединений была подтверждена комбинацией методов ЯМР  $^{31}\text{P}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^1\text{H}$ , ИК-спектроскопией и рентгеноструктурным анализом. Установлено, что некоторые из полученных соединений проявляют антимикробное действие против ряда патогенных микроорганизмов человека и животных и грибов рода *Candida*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-23-00328, <https://rscf.ru/project/24-23-00328/>

1. Aouf Z., Bouacida S., Benzaid C., Amira A., Ktir H., Mathe-Allainmat M., Lebreton J., Aouf N.E. ChemistrySelect, 2021, 6, 9722.
2. Telu J.R., Kuntala N., Kankanala K., Banothu V., Pal S., Anireddy J.S. Journal of Heterocyclic Chemistry, 2021, 58, 969.
3. Cytlak T., Skibinska M., Kaczmarek P., Kazmierczak M., Rapp M., Kubickia M., Koroniaka H. New Journal of Chemistry, 2018, 8, 11957.

**СИНТЕЗ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ КОБАЛЬТИТОВ  
 $\text{La}_{0.2}\text{Nd}_{0.2}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.2}\text{Y}_{0.2}\text{CoO}_3$  И  $\text{La}_{0.2}\text{Pr}_{0.2}\text{Nd}_{0.2}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.2}\text{CoO}_3$**

А.В. Середа, В.В. Середа, Д.С. Цветков, А.Ю. Зув

*Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

*anna.sereda@urfu.ru*

Высокоэнтروпийные оксиды представляют собой многокомпонентные системы, которые за счёт равномерного соотношения и распределения катионов в подрешётках обладают высокими значениями конфигурационной энтропии. Такие оксиды обычно устойчивы при высокой температуре и обладают уникальным набором электрических, магнитных и каталитических свойств. Материалы на их основе перспективны для использования в электрохимических устройствах.

Данная работа посвящена синтезу и свойствам высокоэнтропийных кобальтитов  $\text{La}_{0.2}\text{Nd}_{0.2}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.2}\text{Y}_{0.2}\text{CoO}_3$  и  $\text{La}_{0.2}\text{Pr}_{0.2}\text{Nd}_{0.2}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.2}\text{CoO}_3$ . Образцы были получены глицерин-нитратным методом из простых оксидов  $\text{R}_2\text{O}_3$  ( $\text{R}$  — La, Nd, Sm, Gd, Y), оксида празеодима  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  и металлического Co, взятых в стехиометрических соотношениях. Смеси прекурсоров последовательно отжигались по 12 ч при 900, 1000 и 1100 °C с промежуточными перетираниями. Затем были сформированы таблетки, которые подвергли отжигу при 1100 °C в течение 10 ч. Фазовый состав всех исследуемых образцов был подтверждён методом рентгеновской дифракции в Cu K $\alpha$ -излучении на дифрактометре Shimadzu XRD-7000. Были получены карты распределения элементов в образцах методом СЭМ-ЭДС (TESCAN MIRA 3). Энтальпия восстановления была определена методом восстановления в токе водорода при 660.33 °C (Setaram Sensys Evo TG-DSC) и методом растворения в молибдатном расплаве  $3\text{Na}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{MoO}_3$  при 800 °C (Setaram Alexsys). Полученные разными методами значения энтальпий не противоречат друг другу. Содержание кислорода и зависимость кислородной нестехиометрии от температуры определяли термогравиметрическим методом (Setaram Sensys Evo TG-DSC). Полученные результаты хорошо коррелируют с данными о свойствах простых кобальтитов редкоземельных элементов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-23-00478.*

## ВОЛЬАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИРОЗИНА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ САМООРГАНИЗУЮЩИМИСЯ МОНОСЛОЯМИ ЦИСТЕИНА И ЧАСТИЦАМИ КОБАЛЬТА

А.Е. Слесарева, М.А. Ильина, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия*

*dotsenkonastya19752@gmail.com*

Тирозин — заменимая аминокислота, которая в организме человека регулирует выработку нейромедиаторов и гормонов, участвует в синтезе белковых молекул, липидном и углеводном обмене, обеспечивает нормальную работу щитовидной железы, гипофиза и надпочечников. Поэтому контроль содержания тирозина важен для человека. Сочетание вольтамперометрических методов анализа с модифицированными электродами имеет большие перспективы в анализе биологически значимых органических соединений ввиду высокой селективности, экспрессности и точности измерений.

Вольтамперометрическое определение тирозина на немодифицированном электроде возможно лишь в узком интервале концентраций. В настоящей работе изучены особенности электроокисления тирозина на стеклоуглеродном электроде (СУЭ), модифицированном самоорганизующимися монослоями (СОМС) цистеина и частицами Со при вольтамперометрическом определении тирозина. Максимум тока окисления тирозина на модифицированном СОМС цистеина наблюдается при потенциалах близких к окислению модификатора —  $E_p$  0.49 В и линейно зависит от его концентрации. Каталитический эффект проявляется в увеличении тока окисления модификатора в присутствии субстрата.

Разработан способ вольтамперометрического определения тирозина на электроде, модифицированном СОМС цистеина и частицами Со. Градуировочная зависимость аналитического сигнала от концентрации тирозина в логарифмических координатах линейна в интервале концентраций  $1 \times 10^{-6} \div 5 \times 10^{-3}$  М. Каталитический отклик данного электрода отличается высокой стабильностью и воспроизводимостью. Установлена возможность селективного определения тирозина на предложенном электроде в присутствии мочевой кислоты. Разность потенциалов пиков их окисления составляет 466 мВ, что позволяет проводить одновременное определение рассматриваемых соединений по одной вольтамперограмме.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).*

## КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ КАЛИКСАРЕНОВ, УГЛЕРОДНОЙ БУМАГИ И НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ В СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОДОВ

А.А. Смирнова, А.Н. Рамазанова, Д.В. Брусницын, Э.П. Медянцева, А.М. Димиев,  
Т.Л. Хамидуллин, В.А. Бурилов

*Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия*

*sanna3501@gmail.com*

Особое внимание исследователей привлекают композитные материалы на основе углеродных наноструктур, макроциклических соединений, квантовых точек, наночастиц металлов и их сочетаний для модификации электродной поверхности.

В рамках нашей работы проводили исследование электрохимического поведения наночастиц никеля (НЧNi) на поверхности планарного электрода, модифицированного бумагой из углеродных нанотрубок (БУНТ) и макроциклическими соединениями на основе каликс[4]аренов и их производных (каликс[4]арен, тиакаликс[4]арен).

На поверхности электрода, модифицированного НЧNi без композита на основе БУНТ/тиакаликс[4]арен наблюдается пик окисления на фоне боратного буферного раствора на циклической вольтамперограмме при потенциалах 480 (анодный потенциал) и 330 (катодный потенциал) мВ.

Установлено, что в присутствии композитов на основе БУНТ/каликс[4]арен и БУНТ/тиакаликс[4]арен на поверхности электродов с нанесенными НЧNi ток пика окисления наночастиц смещается на 300 мВ на фоне боратного буферного раствора на циклической вольтамперограмме, по сравнению с НЧNi на немодифицированной поверхности электрода.

Применение композитов на основе БУНТ/каликс[4]арен/НЧNi и БУНТ/тиакаликс[4]арен/НЧNi приводит к высоким значениям тока пика в сравнении с вариантом без композитного модификатора, что может быть использовано для разработки биосенсоров при определении лекарственных средств в биологических объектах.

*Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).*

# ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ФОСФОНИЕВЫЕ СОЛИ НА ОСНОВЕ 2-ГИДРОКСИ-1,4-НАФТОХИНОНА: СИНТЕЗ И ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

А.М. Смыслова <sup>a,b</sup>, А.В. Немтарев <sup>a,b</sup>, В.Ф. Миронов <sup>b</sup>

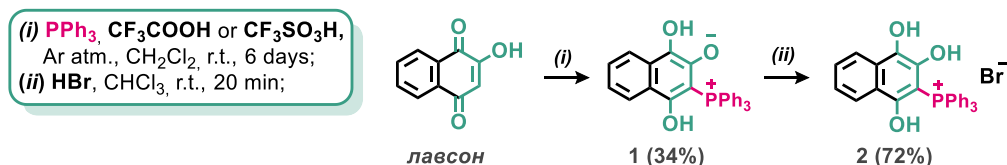
<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия;

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

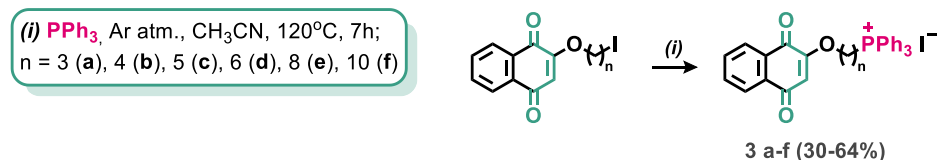
5-ht2ab@mail.ru

Митохондриально-направленные хиноны достаточно давно активно исследуются как потенциальные лекарственные агенты, направленные на лечение нейродегенеративных заболеваний, связываемых с митохондриальной дисфункцией [1]. Кроме того, в ряде исследований была показана эффективность этого класса соединений в качестве цитотоксических агентов [2]. В данной работе представлен синтез ряда производных 2-гидрокси-1,4-нафтохинона (лавсона), содержащих трифенилфосфониевый фрагмент в качестве митохондриального вектора. Соединения-лидеры **3a** и **3b** проявили цитотоксичность в отношении ряда опухолевых клеточных линий на уровне референтного препарата, бактерицидную активность в отношении как грам-положительных, так и грам-отрицательных бактерий, и фунгицидную активность в отношении дрожжеподобных грибов.

А) векторный фрагмент введен напрямую в хинонное кольцо



В) векторный фрагмент связан с хинонным посредством алкильного линкера



Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидии, выделенной КФУ (FZSM-2023-0018) и ФИЦ КазНЦ РАН на выполнение государственного задания.

1. J. Xu et al. // *Acta Pharm. Sin. B.*, 2022, **12**, 6, 2778-2789.

2. T.N. Goleva et al. // *Biochim. Biophys. Acta – Bioenerg.*, 2020, **1861**, 8, 148210.

# ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ТРИТЕРПЕНОВОГО ГЛИКОЗИДА РАСТЕНИЯ СИНЮХА ГОЛУБАЯ (*Polemonium caeruleum*)

И.А. Соболев<sup>a</sup>, А.В. Немтарев<sup>a,b</sup>, В.Ф. Миронов<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

ilia.sobolew200200@gmail.com

Синюха голубая (*Polemonium caeruleum*) является лекарственным растением, широко распространенным в северных широтах, препараты из корней и корневищ которого применяются в медицине при заболеваниях дыхательных путей, особенно при хронических бронхитах, а также как седативное средство. Разнообразная биологическая активность представителей рода *Polemonium* обусловлена высоким содержанием тритерпеновых гликозидов [2], относящихся к производным олеанана: полемониозида С [3], полемониумгенина А, полемониогенина, камелиагенина Е, теасапогнеола А, деацилполомонийгенина В, баррингтогенола С, R-1-баригенола и др. [1].

В настоящей работе обсуждаются вопросы разработки эффективного подхода к выделению и индивидуализации полемониозидов (Рис.1) из корневищ Синюхи голубой, и вовлечению последних в направленную химическую модификацию.

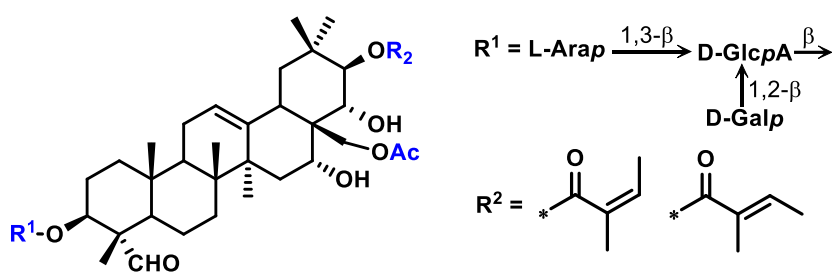


Рисунок 1. Структура полемониозидов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидии, выделенной КФУ (FZSM-2023-0018) и ФИЦ КазНЦ РАН на выполнение государственного задания.

1. G. Łaska, E. Sieniawska, Ł. Świątek, J. Zjawiony, S. Khan, A. Boguszewska, M. Stocki, M. Angielczyk, M. Polz-Dacewicz // *Phytochemistry Letters*. 2019. Vol. 30. P. 314-323.
2. E. Aurada, J. Jurenitsch, W. Kubelka // *Sci. Pharm.* 1982. Vol. 50. P. 331-350.
3. V.G. Bukharov, L.N. Karneeva, V.A. Talan // *Khim. Prirod. Soed.* 1969. Vol. 5. P. 511-515.

## ТВЕРДОКОНТАКТНЫЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ ЦИКЛОФАНОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ

М.И. Сорвин, Г.И. Галимзянова, Г.А. Евтюгин

*Химический институт им. А.М.Бутлерова Казанского (Приволжского) федерального университета, Казань, Россия*

*smi9999@mail.ru.*

Разработаны твердоконтактные потенциометрические сенсоры на основе незамещенных пиллар[5]арена и пиллар[6]арена с включением в состав поверхностного слоя наночастиц серебра или меди, получаемых непосредственно в слое путем химического восстановления соответствующих солей. Сборку осуществляли путем послойного нанесения макроциклических рецепторов и наночастиц металлов на электрод, модифицированный полианилином. Образование полислоистых покрытий подтверждено измерениями поверхностного плазмонного резонанса. Изучены параметры формирования поверхностного слоя потенциометрического сенсора, влияние размера макроцикла и способа его нанесения на характеристики покрытия. Установлено количество слоев, необходимое для достижения наилучших аналитических характеристик определения катионов меди и серебра. Разработанные сенсоры позволяют определять катионы меди (II) и серебра (I) в диапазоне концентраций 1 мкМ до 10 мМ с пределом обнаружения 0.3 и 0.1 мкМ и чувствительностью 29.5 и 65 мВ/рС, соответственно. Определены коэффициенты селективности относительно мешающих катионов. Сенсоры были апробированы в определении Cu(II) в составе поливитаминных препаратов и бордоской жидкости, и Ag(I) в сульфаниламидном антибиотике «Аргосульфам».

Включение в состав распознающего слоя сенсоров композитов на основе тиакаликсарена, несущего пирокатехиновые фрагменты, и наночастицы серебра позволило проводить определение бромид и иодид-ионов в интервале концентраций 1 мкМ – 10 мМ с пределом обнаружения 0.5 мкМ, а также хлорид-ионов в интервале концентраций 50 мкМ – 10 мМ с пределом обнаружения 10 мкМ и чувствительностью 64, 75, 57 мВ/рС, соответственно. Построение аддитивной модели отклика позволило провести раздельное определение указанных анионов в модельных растворах и в реальных образцах минеральных вод. Правильность определения контролировали с помощью ионной хроматографии.

*Исследования проводили при поддержке РНФ (грант 22-13-00070).*



## АНАЛИТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ФТОРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

Н.И. Муминова<sup>a</sup>, Н.К. Абдуллаев<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Филиал Казанского Федерального университета в городе Джизак, Джизак, Республика Узбекистан

<sup>b</sup> Джизакский государственный педагогический университет, Джизак, Республика Узбекистан

tunikom57@mail.ru

**Аннотация:** Разработан высокоэффективный полупроводниковый сенсор мониторинга фтористого водорода. Разработанный сенсор вполне пригоден для непрерывного автоматического контроля содержания фтористого водорода в газовых средах.

В результате проведенных экспериментов, селективность полупроводникового определения достигается измерением разности значения адсорбции измеряемой газовой смеси, получаемой с двух идентичных чувствительных элементов содержащий различных по составу компонентов и работающих при разных температурах.

**Ключевые слова:** полупроводниковый сенсор, катализатор, фтористый водород, эко-аналитический мониторинг.

В настоящее время при производстве алюминия, фосфорных удобрений, фтористого водорода, фтора, фосфорной кислоты и других фтористых соединений выделяются большие количества различных фторсодержащих газов, загрязняющих окружающую среду. В связи с этим становится актуальным контроль макро- и микроконцентраций фтористого водорода и его утилизации из состава газообразных выбросов технологических процессов. В силу поднятой актуальной проблемы не меньший интерес представляет создание сенсоров, предназначенных для детектирования и последующего количественного определения фторуглеродов, связанное с обострившейся в последние десятилетия проблемой «озоновой дыры». Задача разработки эффективных методов, основанных на полупроводниковых эффектах и создание приборов для мониторинга фтористого водорода, является актуальной проблемой современной аналитической химии и экологии.

Оптимизация условий разработки полупроводниковых методов с улучшенными метрологическими характеристиками, создание на их основе селективных сенсоров и газоанализаторов для автоматического определения фтористого водорода в широком интервале его концентраций, их апробация, испытание и последующее внедрение. Разработка сорбентов фтористых газов и рациональной малоотходной технологии их приготовления, базирующейся на основных положениях физико-химической механики дисперсных систем.

Разработана селективная полупроводниковая методика определения фтористого водорода в атмосферном воздухе и технологических газах. Созданные сенсоры и газоанализаторы на основе разработанной методики позволяют контролировать концентрацию фтористого водорода в различных газоздушных смесях. Установлены закономерности адсорбции фтористого водорода, водорода, оксида углерода и углеводородов на оксидах и сульфидах используемых металлов. На основе результатов экспериментов подобран материал для чувствительного элемента селективного полупроводникового сенсора фтористого водорода.

Экспериментально подтверждена возможность создания селективных газоанализаторов с использованием двух (измерительных и компенсационных) идентичных элементов, работающих при разных температурах. Разность процесса адсорбции на поверхности адсорбента двух идентичных по составу и строению чувствительных элементов, достигается подбором соответствующего значения их тока питания. Установлены основные метрологические характеристики и эксплуатационные параметры разработанного селективного полупроводникового сенсора и созданного на его основе автоматического газоанализатора для определения HF.

Разработаны сорбенты фтористых газов и рациональной малоотходной технологии их приготовления, базирующейся на основных положениях физико-химической механики дисперсных систем.

В настоящее время полупроводниковые металлооксидные газовые сенсоры широко используются для анализа газов[1]. Принцип их действия основан на изменении проводимости полупроводникового газочувствительного слоя при химической сорбции на поверхности полупроводника газов-доноров (метан, пары бензина, оксид углерода, аммиака, сероводорода и др.) или акцепторов (оксидов азота, хлора, фтора)[2]. Порог детектирования полупроводниковых сенсоров зависит от детектируемого газа и равен примерно 1 ppm для CO, 10 ppm для метана и пропана, менее 1 ppm для оксидов азота и несколько ppm для аммиака. Верхний порог, при котором целесообразно использовать полупроводниковые сенсоры, составляет примерно 0,5 НКПР.

Для обеспечения времени отклика сенсора на уровне нескольких секунд сенсор нагревают до температуры от 250 до 500°C.

В качестве чувствительных полупроводниковых слоев обычно используются мелкодисперсные полупроводниковые оксиды металлов. Эти полупроводниковые материалы имеют достаточно высокую стабильность в воздухе при рабочей температуре сенсора. На поверхность полупроводниковых материалов наносят нанодисперсные катализаторы, обеспечивающие селективность процессов окисления, и тем самым улучшающие селективность полупроводниковых сенсоров[3].

При кажущейся простоте газового сенсора их конструкция сконцентрировала в себе все достижения современной физической химии гетерогенных процессов, физико-химического материаловедения и микроэлектронной технологии[4]. Это связано с тем, что сенсор должен работать в течение нескольких лет при рабочей температуре до 500°C, иметь высокую чувствительность, селективность и потреблять для нагревания до 500°C не более нескольких десятков милливатт.

Целью настоящей работы являлось создание нового поколения полупроводниковых газовых сенсоров на основе оксидов и фторидов металлов, предназначенных для использования в приборах, селективно определяющих концентрации фтористого водорода в атмосферном воздухе и технологических газах. Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

оптимизация конструкции и технологии сенсоров с минимальной потребляемой мощностью и минимальной теплоемкостью.

Исследование кинетики процессов сорбции и десорбции фтористого водорода на поверхности тонких пленок оксидов и фторидов металлов. Получение на основе этих результатов высокочувствительных и селективных сенсоров HF, работающих в режиме импульсного нагрева.

В результате экспериментов были впервые созданы сенсоры на основе LaF<sub>3</sub> с предельно низким энергопотреблением при непрерывном нагреве до 450°C. на основе результатов исследования физико-химические процессы, ограничивающие быстродействие газовых сенсоров, изготовлены датчики концентрации фтористого водорода с предельно коротким временем отклика. предложен состав газочувствительного материала, предназначенного для селективного определения концентрации HF.

На основе выполненной работы были изготовлены селективные сенсоры фтористого водорода и изучены их характеристики.

В качестве газовых смесей (ГС) использовали смесь фтористого водорода в воздухе с концентрацией от 10 до 500 мг/м<sup>3</sup>. Проверка диапазона измерений, определения основной абсолютной и приведенной погрешностей газоанализатора ГА- HF в интервале концентрации 10 до 500 мг/м<sup>3</sup> проводилась подачей на вход анализатора ГС в определенной последовательности.

Все опыты повторялись не менее пяти раз и их средние результаты представлены в таблицах 1 и 2

Таблица 1. Результаты проверки диапазона измерений газоанализатора в интервале концентрации 0–500 мг/м<sup>3</sup> (n=5, P=0,95)

Введено фтористого водорода, мг/м <sup>3</sup>	Найдено фтористого водорода мг/м <sup>3</sup> .		
	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr
10,7	10,6 ± 0,1	0,16	0,5
22,3	22,3 ± 0,2	0,19	0,7
33,9	33,9 ± 0,4	0,17	0,5
46,4	46,4 ± 0,5	0,16	0,4
57,1	57,1 ± 0,5	0,12	0,6
64,3	64,3 ± 0,7	0,14	0,8
92,8	92,9 ± 1,2	0,11	0,9
118,7	118,7 ± 2,2	0,18	0,5
131,2	131,2 ± 1,1	0,16	1,2
150,0	150,0 ± 0,9	0,13	0,9
175,0	175,0 ± 1,1	0,14	0,8
197,3	197,3 ± 1,2	0,17	0,8
213,4	213,4 ± 2,1	0,10	0,7
223,2	223,2 ± 2,6	0,16	0,7
310,4	308,5 ± 1,9	0,21	0,5
402,2	405,1 ± 3,1	0,10	1,2
497,6	499,8 ± 3,7	0,19	0,4

Таблица 2. Результаты определения основной абсолютной и приведенной погрешностей газоанализатора ГА- HF в интервале концентрации 0–500 мг/м<sup>3</sup>.

Найденное значение $\Delta$ мг/м <sup>3</sup> . и $\gamma_{пр}$ .	Содержание HF в смеси, мг/м <sup>3</sup> .					Допуск по ТУ
	0,0	33,9	93,0	175,0	223,2	
Основ.абс.погр. ( $\Delta$ )	0,0	1,7	1,0	1,3	2,0	2,5 мг/м <sup>3</sup>
Основ.привед.погр. ( $\gamma$ )	0,0	0,3	0,2	0,3	0,4	5,0 мг/м <sup>3</sup>
Основ.абс.погр. ( $\Delta$ )	0,0	1,4	1,2	1,8	1,4	2,5 мг/м <sup>3</sup>
Основ.привед.погр. ( $\gamma$ )	0,0	0,3	0,2	0,4	0,3	5,0 мг/м <sup>3</sup>
Основ.абс.погр. ( $\Delta$ )	0,0	0,8	1,2	1,2	1,1	2,5 мг/м <sup>3</sup>
Основ.привед.погр. ( $\gamma$ )	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	5,0 мг/м <sup>3</sup>

О

сно  
вна  
я  
абс  
ол  
ютн  
ая

погрешность газоанализатора ( $D$ ) в точках проверки определялась по формуле:

$$D = A_1 - A_0 \quad (1)$$

где  $A_1$  - показания прибора.  $A_0$  - действительное содержание измеряемого компонента в поверочной газовой смеси.

Расчет значения основной приведенной погрешности проводился по формуле:

$$g_{пр} = (A_{ij} - A_{oj}) * 100 / C_k - C_n \quad (2)$$

где  $A_{ij}$  - показания прибора на содержание измеряемого в  $j$ -ГС  $j$ -той точки.  $A_{oj}$  - содержание измеряемого компонента в  $j$ -той ГС.  $C_n$  - начальный предел измерения концентрации определяемого компонента газовых сред, мг/м<sup>3</sup>.  $C_k$  - конечный предел измерения концентрации определяемого компонента газовых сред, мг/м<sup>3</sup>.

Вариации ( $B$ ) показаний газоанализаторов определялись по формуле:

$$B = A_{max} - A_{min} \quad (3),$$

где  $A_{max}$  ( $A_{min}$ )- показание (содержание компонента, определяемое по выходному сигналу) при подходе к точке проверки со стороны больших или меньших содержаний. Газоанализатор считают выдержавшим испытание, если в каждой из точек поверки соблюдаются неравенство:  $B < B_g$  ( $B_g$ -допускаемая вариация сигнала).

Суммарная дополнительная погрешность, характеризующая совокупность значений погрешностей от влияния различных факторов, определялась по формуле:

$$g_{доп} = g_{1доп} + g_{2доп} + \dots + g_{nдоп} \quad (5)$$

где  $g_{1\text{доп}}$ ,  $g_{2\text{доп}}$ ,  $g_{\text{пдоп}}$  - значения дополнительных погрешностей, полученных при изменении влияющих факторов.

Динамические характеристики разработанных сенсоров проверялись при скачкообразном изменении концентраций фтористого водорода на входе сенсора. Опыты проводили пятикратно при нормальных условиях, как при увеличении, так и при уменьшении концентрации  $\text{HF}$ . Проверка динамических характеристик сенсора сопровождалась непрерывной записью переходного процесса диаграммной ленты самопишущего прибора, скорость движения которой была выбрана такой, при которой график переходного процесса (ГОСТ 13320-81) укладывался на отрезке диаграммной ленты длиной 15 см.

Момент изменения концентрации на входе ППС отмечался на диаграммной ленте и был взят как начало отсчета времени. Результаты эксперименты показывают, что у разработанного сенсора время начала реагирования ( $T_{0,1}$ ) составляет 1 с постоянное время ( $T_{0,63}$ ) не более 2 с, время установления показаний ( $T_{0,9}$ ) 4 с и полное время ( $T_n$ ) составляет 7 с.

Таким образом, можно заключить, что разработанный сенсор и анализатор вполне пригодны для непрерывного автоматического контроля содержания фтористого водорода в газовых средах. Разработанный анализатор по точности и воспроизводимости не уступает известным приборам контроля фтористого водорода, сохранив следующие характеристики: экспрессность, портативность, простоту в эксплуатации и изготовлении.

1. Завереч Е.М. Электрохимический сенсор для определения галогеноводородов в воздушной среде//Автореферат диссертации кандидата техн.наук. Киев 2000, 23 с.
2. Kotlyarov A K, Frundin V E 2006 Theoretical error estimation of the methane thermocouple analyzers from the unmeasured components of a mine atmosphere *Girnichakromekhanikai automatics: Nauk.* 77 87-93
3. Karpov E F, Birenberg I E and Basovsky B I 1984 Automatic gas protection and control of the mine atmosphere (Moscow: Nedra) p 285
4. Медведева Л.В.; Сорокин Н.И.; Федоров П.П.; Соболев Б.П. Твердый фторпроводящий электролит//Патент РФ. № 2022415.1994
5. МДП сенсоры для определения концентрации фтора и фтористого водорода в воздухе. А.А.Васильев, В.Моритц и др. 10-ый симпозиум по химии неорганических фторидов. Тезисы докладов, М., 1998, с. 28-29.

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИСМУТА В РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТАХ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

З.З. Яхшиева, Р.М. Калонов, А.А. Бакахонов

*Джизакский государственный педагогический университет, Джизак, Узбекистан*

*yaxshiyeva67@mail.ru*

В природном минеральном сырье обычно содержание висмута не значительно, поэтому месторождения его не имеют самостоятельного значения. Сведения по его содержанию в земной коре от 0,1 до 0,01 г/т.

Большинство известных методов анализа, используемых для определения висмута в рудах и рудных концентратах, характеризуются низкой селективностью, трудоемкостью и недостаточным пределом обнаружения.

Известен способ определения висмута в рудах методом полудифференциального анодного инверсионного электролиза на фоне 0,3 МН<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 0,001 моль/л K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> + 0,1 моль/л аскорбиновой кислоты, четкий анодный пик Bi -0,07 В (отн. к.э.) [1].

Недостатком данного способа является то, что мешающими элементами являются Au, Cu, Pb, в этом случае определение висмута можно проводить только при кратном соотношении ионов.

Известен инверсионно-вольтамперометрический способ определения висмута на фоне 3 мл 3М HCl + 20 мл H<sub>2</sub>O + 0,5 мл 5% раствора аскорбиновой кислоты + 0,5 K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> с применением ртутного электрода (висящая капля) [2], в котором для определения висмута берут навеску пробы 2 г помещают в колбу (50 мл), добавляют 10 мл HNO<sub>3</sub> и оставляют до растворения на 10 мин, медленно нагревают до кипения и кипятят 10 мин, охлаждают и добавляют (50:50) Br<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>COOH 15 мл HCl. Аликвотную часть раствора 1 и 2 мл, содержащую ~0,01-0,1 мкг висмута, помещают в электролитическую ячейку. В течение 3 мин через раствор продувают инертный газ, устанавливают режим анодной поляризации и проводят электролиз при - 0,24 В. Регистрируют аналитический сигнал в области потенциалов от -0,24 до 0 В при скорости развертки потенциала 10 мВ/с.

Недостатком данного способа является то, что необходимым условием для определения висмута используют сложный по составу фон для устранения мешающего влияния элементов матрицы руды на сигнал висмута.

Наиболее близким аналогом (прототипом) является способ определения висмута в рудах и рудных концентратах методом инверсионной вольтамперометрии, в котором висмут извлекают из исследуемых объектов и его электрохимически концентрируют на РГЭ-in situ и последующей регистрацией анодных вольтамперограмм. Электролиз проводят в перемешиваемом растворе в течение 120-150 с при потенциале электролиза E<sub>э</sub> = (-0,3 ÷ -0,4) на фоне 0,5 М HNO<sub>3</sub> с последующей регистрацией анодных пиков. Концентрацию висмута определяют по высоте анодного пика [3].

Недостатком данного способа является сложная пробоподготовка исследуемого объекта и сравнительно малая чувствительность объекта.

Задачей предложенной методики является упрощение аппаратного оформления процесса определения висмута в рудах и рудных концентратах и повышение чувствительности способа определения.

Поставленная задача решается тем, что в способе определения висмута в рудах и рудных концентратах методом инверсионной вольтамперометрии, извлечение висмута из руды осуществляют с помощью экстракционного концентрирования раствора дитизона в хлороформе с комплексообразователем с последующей регистрацией анодных пиков висмута в накопительном режиме съемки вольтамперограмм на графитовом электроде с покрытием в режиме in situ (РГЭ - in situ) в перемешиваемом растворе в течение 90-120 с при потенциале

электролиза  $E_3 = (-0,2 \div -0,3) \text{ В}$  на фоне  $0,5 \text{ М HCl}$  при скорости развертки потенциала  $40\text{--}70 \text{ мВ/с}$ , концентрацию висмута определяют по высоте пика в диапазоне потенциалов от  $-0,180$  до  $-0,155 \text{ В}$ .

В предлагаемом методе установлена способность извлечения висмута из сложных по элементному составу руд и рудных концентратов с последующим окислением висмута на РГЭ-in situ в перемешиваемом растворе в течение  $90\text{--}120 \text{ с}$  при потенциале электролиза  $E_3 = (-0,2 \div -0,3) \text{ В}$  на фоне  $0,5 \text{ М HCl}$  при скорости развертки потенциала  $40\text{--}70 \text{ мВ/с}$ . Использование такого режима извлечения висмута обусловлено высокой химической и электрохимической устойчивостью, широкой областью рабочих потенциалов.

Предложенное электрохимическое определение висмута можно вести даже при 1000-кратном избытке меди по сравнению с висмутом.

Анализ проводится с использованием вольтамперометрического анализатора ТА-4 (3).

$1 \text{ г}$  рудного материала помещают в корундовый тигель, приливают  $15 \text{ мл}$   $70\%$   $\text{HCl}$  и растворяют при слабом нагревании в течение  $20 \text{ мин}$ . Содержимое тигля охлаждают, добавляют  $10 \text{ мл}$   $10\%$  раствора калий-натрий виннокислого. Добавление комплексообразователя -  $10\%$  раствора калий-натрий виннокислого, который на стадии пробоподготовки образует с двухвалентными ионами металлов комплексы (например, медь), которые при экстракции не переходят в исследуемый раствор, что позволяет избавиться от элементов, которые оказывают мешающее влияние на аналитический сигнал висмута при анализе инверсионной вольтамперометрии.

Далее содержимое тигля переносят на фильтр средней плотности. Нерастворимый остаток  $2$  раза промывают дистиллированной водой. Далее с помощью  $10\%$  раствора  $\text{NaHCO}_3$  доводят pH до  $9\text{--}10$ . Содержимое переносят в делительную воронку и приливают  $10 \text{ мл}$   $0,001 \text{ М}$  раствора дитизона в хлороформе. Встряхивают до изменения окраски и после расслаивания жидкостей сливают органический слой в другую делительную воронку, где проводят реэкстракцию  $0,5 \text{ М HCl}$ .

$10 \text{ мл}$  фонового электролита помещают в кварцевый стаканчик, добавляют  $0,05 \text{ мл}$   $\text{CO}$  ртути. После регистрируют аналитический сигнал электроокисления ртути. После реэкстракции добавляют аликвотную часть  $1\text{--}2 \text{ мл}$  полученного раствора. Снимают вольтамперную кривую электроокисления висмута. Добавляют стандартный раствор ( $\text{CO}$ ) висмута  $0,05 \text{ мл}$  и снова регистрируют аналитический сигнал. По разнице токов пиков висмута вычисляют концентрацию висмута в растворе. Пик тока висмута регистрируют в диапазоне потенциалов от  $-0,180$  до  $-0,155 \text{ В}$ .

Предложенный способ прост, не используется металлическая ртуть из-за ее физиологического действия, большого количества реактивов и может быть использован для определения висмута в рудах и рудных концентратах.

1. Wang Yaoguang, Huang Zuopeng, Ji Huamin «Фэнъси Хуасюэ, Anal. Chem» 1986, 14, № 3, с.229-231.
2. The determination of bismuth in Black mountain sulphide ores and concentrates by anodic stripping voltammetry (ASV)/Malherbe P.L., Waundby J.W., Towers D.K.//Chemsa - 1988-14, № 6 - с.175-176.
3. RU 2367937
4. Анализатор вольтамперометрический ТА-4. Сертификат об утверждении типа средств измерений RU.C.34.007.A № 15550. Госуд. реестр № 25353-03.



## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУРЬМЫ И ВИСМУТА В ОДНОЙ АЛИКВОТЕ

3.3. Яхшиева, Р.М. Калонов, А.А. Бакахонов

*Джизакский государственный педагогический университет, Джизак, Узбекистан*

*yaxshiyeva67@mail.ru*

Целью данной работы явилось, установление возможностей применения разработанных амперометрических методик при определении Bi(III) и Sb(III) в анализе различных по составу и природе материалов черной и цветной металлургии. Установлена возможность определения Bi(III) и Sb(III) на фоне 0,2-1,0 М HCl и показано, что на всех исследованных электродах потенциал восстановления Bi(III) находится в диапазоне от 0,4 – 0,5 В, а Sb(III) 0,65 – 0,70 В. Предел обнаружения составляет для Bi(III) в диапазоне 0,02-30,2; 0,03-20,2 мкг/л для сурьмы. Правильность и воспроизводимость проверены способом «введено-найденно и относительное стандартное отклонение ( $S_r$ ) не превышает 0,101 для Sb(III) и 0,098 - Bi(III), что свидетельствует о высокой точности разработанных амперометрических методик определения микроконцентраций этих ионов. Полученные нами при анализе различных искусственных смесей экспериментальные результаты показали, что разработанные методики можно применять к анализу катодной черновой меди, медных штейнов, шламов, электролитов и других объектов природного и антропогенного происхождения.

1. Bakakhonov A.A. Yakhshieva Z.Z, Kalonov R.M. The influence of toxic and ecologically harmful components on the environment //EPRA International Journal of Research and Development (IJRD) ISSN: 2455-7838 2020 №6 (10), pp 92-94
2. Bakakhonov A.A. Yakhshieva Z.Z, Kalonov R.M. Amperometric Titration Of Ions Sn (IV), Sb (III), W (VI) By Solution of Derivatives of Thiocarbasones In Non-Aqueous Media // International Journal of Advanced Science and Technology ISSN 2005-4238, 2020.29(08), pp 3454-3463.
3. Bakakhonov A.A. Yakhshieva Z.Z, Kalonov R.M. Muyassarova K.I. Amperometric determination of tungsten and antimony with a solution of naphthol derivatives //EPRA International Journal of Research
4. Yakhshieva Z. Amperometric determination of some metals sulfur-containing organic reagents in non-aqueous, and mixed aqueous media. // Austrian Journal of Technical and Natural Science. Austria. -2015. -№ 5-6. -P. 151-154.



## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВИНЦА И КАДМИЯ

3.3. Яхшиева, Х.Б. Жураев, А.А. Бакахонов

Джизакский государственный педагогический университет, Джизак, Узбекистан

yaxshiyeva67@mail.ru

При изучении в оптимальных условиях прямой пропорциональной зависимости между предельным током органических реагентов 2-(4-гидроксифенилазо)бензойной кислоты и 2-нитрозо-1-нафтола и их концентрацией установлено, что между  $1 \cdot 10^{-2}$ - $1 \cdot 10^{-4}$  М концентрациями реагентов аналитический сигнал показал прямолинейную зависимость. Рассматривая значения полуволновых потенциалов окисления реагентов видно, что окисление деполаризатора смещается в сторону меньшего значения рН из-за быстрого окисления нитрозосоединений. При определении полуволнового потенциала используемых органических реагентов использовали трехэлектродную ячейку CS350M EIS Potentiostat/Galvanostat (Китай), 2 платиновых и хлорсеребряных электродов с поверхностью электрода  $0,5 \text{ см}^2$  и кварцевые ячейки объемом 30,00 мл. Аналитические сигналы измеряли при скорости вращения раствора 400 об/мин. Вольтамперограммы получали изменением количества использованных реагентов, а значения стандартных полуволновых потенциалов находили по кривой зависимости полуволнового потенциала от количества реагента. Полученные результаты показаны на рисунке 1 (а, б). Представлен механизм электроокисления реагентов на схеме 1.

Как видно из данных (рис. 1 (а, б), число электронов, участвующих в электродной реакции для 2-(4-гидроксифенилазо)бензойной кислоты, составляет полуволновой потенциал - 0,55 В, что меньше истинного значения а, найденного по углу прямолинейного отклонения (1). потенциал полуволны 2-нитрозо-1-нафтола - 0,72 В, в реакции на электроде участвует 2 электрона, это свидетельствует о том, что процесс электроокисления исследуемых органических реагентов в кислотно-основных средах необратим.

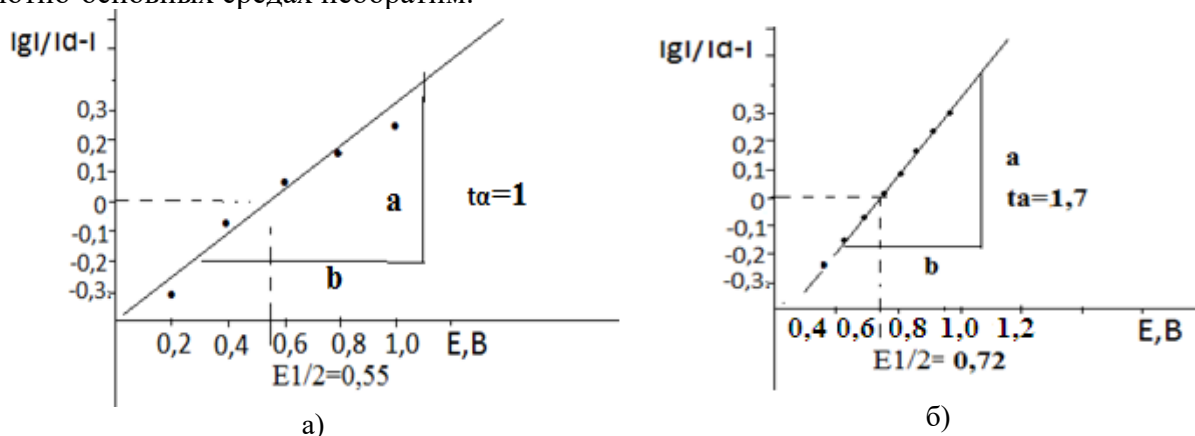


Рисунок 1. График зависимости напряжения от диффузионного тока: а) 2-(4-гидроксифенилазо)бензойной кислоты б) 2-нитрозо-1-нафтола.

Проведен циклический вольтамперометрический анализ с целью определения комплексообразования ионов церия и тория и значения термодинамического полуволнового потенциала.

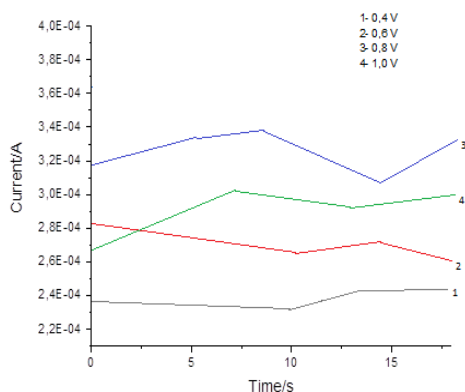


Рисунок 1а. Определение электрохимического изменения реагента 2-(4-гидроксифенилазо)бензойной кислоты при различных напряжениях интегрально-импульсным амперометрическим методом

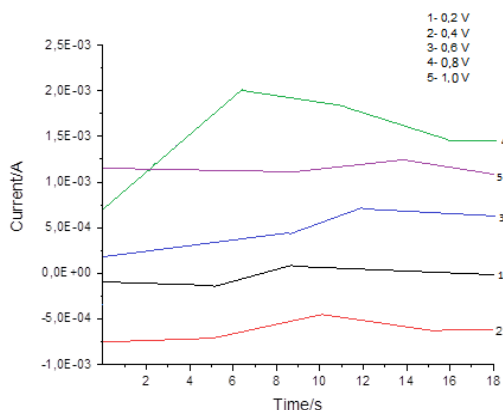


Рисунок 1б. Электрохимическое изменение ионов кадмия реагентом 2-(4-гидроксифенилазо)бензойной кислоты при различных напряжениях интегрально-импульсным амперометрическим методом

При выбранных оптимальных условиях на электрод подавалось переменное напряжение 5 мВ/сек в диапазоне от 500 до 1000 мВ и определением напряжений, соответствующих максимальным анодному и катодному токам, по формуле Рэндлса-Шевчика определяли число электронов и полуволновые потенциалы комплексных соединений.

1. Regulation Of Pollutants In Water Facilities Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Scientific journal. № 3–4 2023 (March – April). 23-30 pp.
2. Learning about the method of connecting The electronic microscope of complexation of Co (II) salt with oxadiazole derivative Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Scientific journal. № 3–4 2023 (March – April). 37--44 pp.

## РАЗЛИЧНО ЗАМЕЩЕННЫЕ ПИЛЛАР[5]АРЕНЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ПЕРВИЧНЫЕ И ТРЕТИЧНЫЕ АМИНОГРУППЫ: СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Д.И. Стойков, Я.А. Зайцева, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

*Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

*da.stoykov@mail.ru*

Электрохимические сенсоры привлекают внимание исследователей при обнаружении малых органических молекул, превосходя другие аналитические устройства в медицине, мониторинге окружающей среды и контроле качества продуктов. [1] Для разработки нового поколения высокочувствительных электрохимических сенсоров, способных к селективному взаимодействию с распространенными аналитами, необходимо синтезировать новые электрохимически активные соединения, которые не будут смываться с рабочего электрода во время использования. [2]

В данной работе мы представляем результаты синтеза различных замещенных пиллар[5]аренов, содержащих от одного до трех электрохимически активных фрагментов хинона и гидрохинона в макроциклической структуре. Структура синтезированных макроциклов была определена с использованием комплекса физических методов. Присутствие гидрохиноновых фрагментов в этих макроциклах способствует формированию стабильного электрохимического сигнала. С помощью двумерной спектроскопии ЯМР NOESY  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  была установлена пространственная структура исследуемых соединений и взаимное расположение хиноновых звеньев. Для дальнейшей функционализации была разработана методика введения первичных аминогрупп, а также морфолиновых фрагментов в структуры целевых продуктов. Были также изучены электрохимические и агрегационные характеристики полученных макроциклов.

1. Marasini N., Haque S., Kaminskas L. M. Polymer-drug conjugates as inhalable drug delivery systems: A review // Curr. Opin. Colloid Interface Sci. 2017, No31, P. 18-29.
2. Schneider, H.J. Binding Mechanisms in Supramolecular Complexes / H.J. Schneider // Angew. Chem. Int. Ed. – 2009. – V. 48. – No 22. – P. 3924-3977.

## АМИНИРОВАНИЕ (ГЕТЕРО)АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В (ФОТО)ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С.О. Стрекалова <sup>a</sup>, М.А. Хворова <sup>a,b</sup>, А.Д. Злыгостев <sup>a,b</sup>, А.И. Кононов <sup>a</sup>, Ю.Г. Будникова <sup>a</sup>

<sup>a</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение  
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

strekalova@iopc.ru

Разработка эффективных подходов к аминированию ароматических соединений остается актуальной задачей в современной органической химии, что обусловлено широким применением азотсодержащих соединений в качестве фармпрепаратов, агрохимикатов, лигандов и т.д. [1]. Одним из перспективных способов их получения является метод прямой С-Н функционализации в условиях электросинтеза и/или фотоэлектросинтеза, что позволяет избежать использования внешних окислителей.

В данной работе рассматриваются подходы к введению фенотиазоновых и амидных фрагментов в электро- и фотоэлектрохимических условиях, что позволяет получать продукты с ацетамидными, пропиоамидными и фенотиазиновыми фрагментами с выходами до 86% [2]. На основании данных физико-химических методов (ЦВА, ЭПР) были определены ключевые интермедиаты реакции, предложена предполагаемая схема реакции.

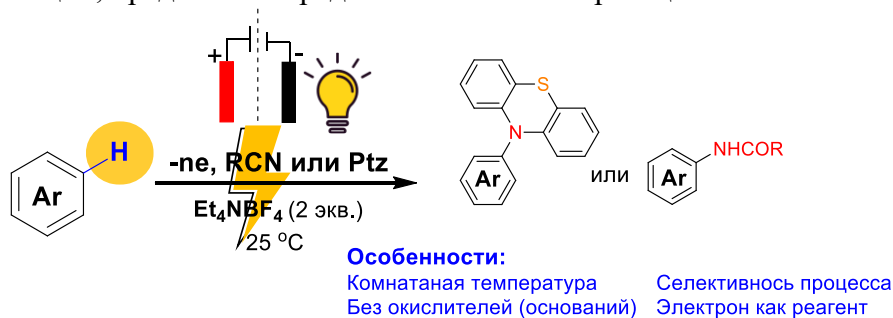


Рисунок 1. Электрохимический синтез *N*-фениламидов и *N*-арилфенотиазинов.

*Работа выполнена за счет гранта РНФ и Академии наук Республики Татарстан по проекту № 24-23-20125.*

1. Wang X. *Nat. Catal.*, **2019**, 2, 98-102.
2. Kononov A. I., Strekalova S.O et al. *Org. Chem. Front.*, **2024**, 11(20), 5820-5830.

# ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НАНОГИБРИДЫ ТИПА ЯДРО-ОБОЛОЧКА НА ОСНОВЕ МАГНЕТИТА: ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛИОЛЬНОГО СИНТЕЗА

Е.Ю. Судакова, А.Е. Бурматова, А.А. Ханнанов, М.П. Кутырева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

sudakova\_elizaveta02@mail.ru

Полиольный метод синтеза позволяет создавать сложные гибридные материалы с контролируемым размером, формой и составом. При этом, функциональная активность частиц определяется природой и количественным соотношением органической части и металлов, размерными характеристиками частиц и их строением. Эффективным подходом к управлению архитектурой органо-биметаллических наногибридов является сочетание метода конъюгирования с полиольным методом синтеза.

Предложен новый подход к синтезу органо-неорганических гибридных материалов на основе наночастиц магнетита, 2,2-диметилпропионовой кислоты (ДМПК) и наночастиц кобальта. С использованием технологии химической конъюгации с поверхностью наночастиц магнетита был магнитоактивный наногибрид  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ДМПК}$  (**1**) типа ядро-оболочка (рис.1). По данным термогравиметрического анализа массовое соотношение  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ДМПК}$  в синтезированных наноггибридах составляет 26:1. Методом полиольного синтеза при 90 °C при использовании в качестве соединения предшественника  $\text{CoCl}_2$  в условиях  $v_{\text{Co}^{2+}}/v_{\text{ДМПК}} = 1:150$  осуществлен синтез биметаллического магнитоактивного наноггибрида  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ДМПК}/\text{Co}$  (**2**).

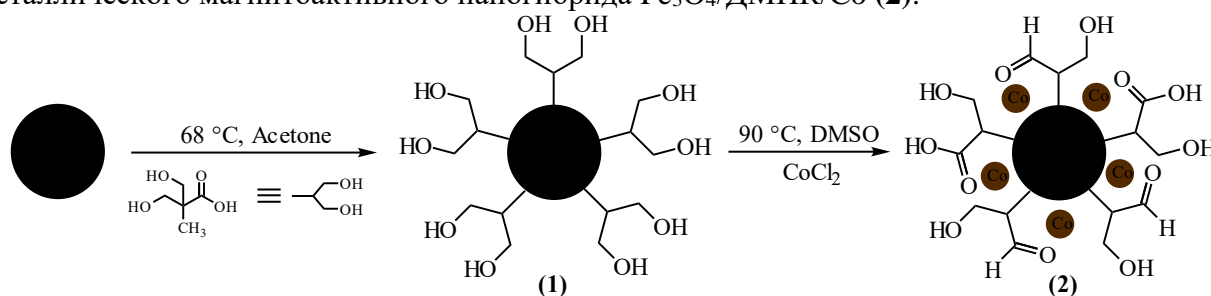


Рисунок 1. Схема синтеза наноггибридов  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ДМПК}/\text{Co}$ .

Таким образом, в ходе исследования доказана возможность использования хемосорбированной ДМПК для осуществления полиольного синтеза наночастиц металлов.

## ИОННЫЕ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ АМИНОКИСЛОТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИЛЛАР[5]АРЕНА: СИНТЕЗ, СТАБИЛЬНОСТЬ И СВОЙСТВА

Д.К. Такунцева, В.Р. Султанаев, А.А. Назарова, А.В. Герасимов, Л.С. Якимова, И.И. Стойков

*Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

*darya.takuntseva@mail.ru*

Ионные жидкости (ИЖ) представляют собой перспективную область технологий и материаловедения благодаря адсорбционным свойствам, возможности рециркуляции, полярности, термической и электрохимической стабильности. Пиллар[5]арены – класс молекулярных рецепторов, который продемонстрировал высокую эффективность в качестве систем доставки, образуя комплексы включения. Разработка ИЖ на основе нетоксичной макроциклической платформы пиллар[5]аренов приведет к появлению нового поколения материалов с программируемыми свойствами.

В рамках данной работы были получены макроциклические ионные жидкости на основе сложноэфирных производных пиллар[5]арена с аминокислотными фрагментами. Были установлены термодинамические характеристики и параметры стабильности полученных ионных жидкостей одновременной термогравиметрией и дифференциальной сканирующей калориметрией, а также определены температуры плавления синтезированных ИЖ. Дополнительно было изучено взаимодействие прекурсоров ионных жидкостей с прокаином, как одним из загрязнителей сточных вод, комплексом физических и расчетных методов.

Замена бромид-аниона в структуре пиллар[5]аренов на  $\text{NTf}_2^-$  привела к большему снижению температуры плавления (56-88 °C) по сравнению с анионом  $\text{PF}_6^-$  (86-95 °C). Начало разложения синтезированных соединений зафиксировано при 240-300 °C. ИЖ с остатками *L*-фенилаланина показали низкую термическую стабильность и более высокие температуры плавления по сравнению с макроциклами с меньшими фрагментами (глицин, *L*-аланин).

Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых биомиметических супрамолекулярных материалов для распознавания субстратов и экстракции загрязнителей.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 23-73-01087), <https://rscf.ru/project/23-73-01087/>*

# **КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ НА ОСНОВЕ СЕРЫ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДНЫМИ ПИЛЛАР[5]АРЕНА, СОДЕРЖАЩИМИ ПЕРВИЧНЫЕ, ВТОРИЧНЫЕ И ТРЕТИЧНЫЕ АМИНОГРУППЫ: СИНТЕЗ, ОПТИЧЕСКИЕ И НЕКОТОРЫЕ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА**

И.В. Танаева, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

*Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

*Tanaeva-Inna@yandex.ru*

В настоящее время активно изучаются квантовые точки на основе серы, которые являются перспективными люминесцентными материалами в области нанохимии и нанотехнологий. Обладая перестраиваемой флуоресценцией, обусловленной размерными эффектами, высокой фотостабильностью и малой токсичностью, данные нульмерные системы могут стать хорошей альтернативой традиционным металлическим квантовым точкам, применение которых в биологических системах серьёзно ограничено из-за токсичных свойств, вызванных наличием в их структуре тяжёлых металлов [1].

Квантовые точки серы уже находят применение в качестве люминесцентных датчиков на ионы металлов, а также в областях визуализации клеток, фотокатализа и светоизлучающих диодов. Однако использование рассматриваемых наноматериалов в качестве сенсорных систем ограничено из-за отсутствия в их составе рецепторных групп. Решить эту проблему может введение в структуру квантовых точек в качестве стабилизатора пиллар[5]аренов, которые способны образовывать комплексы включения с различными органическими молекулами посредством взаимодействия «гость-хозяин».

В ходе данной работы были синтезированы квантовые точки серы в присутствии макроциклических соединений – пиллар[5]аренов, содержащих первичные, вторичные и третичные аминогруппы, выступающих в качестве стабилизатора. Некоторые из подобранных макроциклов также позволили отказаться от использования дополнительных реагентов, создающих щелочную среду, которая необходима для формирования квантовых точек серы [1].

Полученные наноструктуры имеют средний размер до 10 нм, обладают высокой яркостью флуоресценции, голубым цветом эмиссии и могут быть использованы для определения противоопухолевого препарата – 5-фторурацила.

1. Shen, L., Wang, H., Liu, S., Bai, Z., Zhang, S., Zhang, X., & Zhang, C. (2018). Assembling of sulfur quantum dots in fission of sublimed sulfur. *Journal of the American Chemical Society*, 140(25), 7878-7884.



# МЕДИАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ПАЛЛАДИЯ И ЗОЛОТА В ОБЪЕМЕ РАСТВОРА В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИ(N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА КОБАЛЬТА(III)

А.А. Тартова<sup>а</sup>, Р.Р. Фазлеева<sup>б</sup>, Г.Р. Насретдинова<sup>б</sup>, В.Г. Евтюгин<sup>а</sup>, В.В. Янилкин<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

<sup>б</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

atartova@inbox.ru

В современном мире активно продолжают развиваться технологии получения наночастиц металлов (НЧМ). Эти частицы привлекают учёных своими уникальными физическими и химическими свойствами, а также широким спектром возможных применений в науке и промышленности: в катализе, медицине, электронике и других.

Одним из способов получения НЧМ является электрохимический метод. Однако обычно он используется для получения НЧМ на поверхности подложки и редко применяется для их синтеза в объеме раствора. Это связано с тем, что электрохимически восстановленный металл осаждается на поверхности электрода.

Весьма эффективным при получении НЧМ в объеме раствора оказался метод медиаторного электросинтеза, разработанный в группе Янилкина В.В. В данном случае на катоде происходит восстановление медиатора, затем его восстановленная форма диффундирует в объем раствора, где восстанавливает соответствующий ион металла или его комплекс, что исключает или минимизирует осаждение металла на поверхности электрода.

В данной работе показано, что  $[\text{Co}(\text{bipy})_3]^{3+}$  при потенциале редокс-пары  $[\text{Co}(\text{bipy})_3]^{3+} \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{bipy})_3]^{2+}$  при комнатной температуре является эффективным медиатором для электрохимического восстановления ионов  $\text{Au}^+$  до  $\text{Au}^0$  и  $\text{Pd}^{2+}$  до  $\text{Pd}^0$  в объеме раствора в среде  $\text{H}_2\text{O}/0.1 \text{ M NaClO}_4$ .

Продуктами электролизов в системах с медиатором  $[\text{Co}(\text{bipy})_3](\text{ClO}_4)_3$ , солями  $\text{PdCl}_2$  или  $\text{AuCl}$ , а также стабилизатором поли(N-винилпирролидоном) (ПВП) являются стабилизированные полимером, преимущественно сферические НЧМ палладия или золота, средний размер которых составляет  $9 \pm 5 \text{ нм}$  (Pd) и  $37 \pm 21 \text{ нм}$  (Au).

Все исследования были проведены с применением методов циклической вольтамперометрии (ЦВА), микроэлектролиза, препаративного электролиза, сканирующей (СЭМ) и просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии, динамического светорассеяния (ДСР) и УФ-видимой спектроскопии. Каталитическая активность полученных НЧМ была изучена в реакции восстановления *n*-нитрофенола боргидридом натрия в водной среде.

## ТЕРМОХИМИЯ МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ И СОЛЮБИЛИЗАЦИЯ КУРКУМИНА

Е.А. Титова, А.А. Петров, А.А. Ахмадияров, И.Т. Ракипов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*ekat82fw@gmail.com*

Известно, что эффективность лекарственных препаратов зависит от ряда свойств, среди которых особое значение имеют растворимость, биодоступность и устойчивость. Поэтому на настоящее время активно развиваются так называемые системы доставки лекарственных форм (липосомы, наноэмульсии, мицеллы и другие), которые позволяют управлять их свойствами. Однако наиболее интересными с практической точки зрения являются блок-сополимеры полиэфиров на основе этиленоксида и пропилен оксида (плюроники или полуксамеры), которые находят широкое применение в медицине.

Работа посвящена изучению процесса образования мицелл и солюбилизации блок-сополимеров в присутствии противоопухолевых препаратов. В качестве объектов исследования выбрана серия блок-сополимеров (P123, F127, F108 и F64), структура и соотношение блоков в которых существенно различается. В работе проведён анализ термохимических и структурных параметров образования мицелл. Предложен подход, основанный на методе калориметрии растворения для оценки энтальпий мицеллообразования блок-сополимеров при стандартных условиях (298.15K, P=101.3 кПа). Показана линейная зависимость между гидрофобностью изучаемых блок-сополимеров и их термохимическими параметрами мицеллообразования.

В качестве модельного соединения для изучения солюбилизации выбран противоопухолевый препарат, куркумин. В ходе работы изучена солюбилизация куркумина методом «испарения растворителя», суть которого заключается в испарении органического растворителя из смеси: растворитель / куркумин / блок - сополимер. Соотношение блок-сополимеров с куркумином выбрано 1:1. Содержание куркумина в мицеллах определено методом УФ-спектроскопии. Обнаружено, что максимальная степень загрузки характерна для блок-сополимера P123 (86%), а минимальная для L64 (2.1%). В рамках работы обнаружено, что энтальпии солюбилизации, линейно описывает степень загрузки куркумина. Проведено обсуждение роли связывания куркумина с полимерами на термохимические параметры солюбилизации.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («Приоритет-2030»).*

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СФОРМИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ЦЕЛЮ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО СЕНСОРА

А.С. Титова

*Тульский Государственный Университет, Тула, Россия*

*titovaal2001@gmail.com*

В современном мире вопросы защиты окружающей среды, контроля биотехнологических процессов и обеспечения качества пищевых продуктов и воды выходят на первый план. Все более строгие требования в этих областях, а также растущая забота о здоровье человека и животных стимулируют развитие новых высокочувствительных, быстрых и экономичных методов анализа. В этой связи аналитические приборы нового поколения, в частности биосенсоры, становятся бесценными инструментами, способными заменить сложные и дорогостоящие стандартные методы. Проводящие полимеры и углеродные нанотрубки (УНТ) часто используются в биосенсорах для повышения их чувствительности, стабильности и специфичности. Часто проводящие полимеры и УНТ используются совместно для достижения синергетического эффекта. Проводящие полимеры обеспечивают высокую электропроводность и биосовместимость, в то время как УНТ увеличивают площадь поверхности и стабильность.

В связи с этим, целью данной работы являлась разработка амперометрического биосенсора с использованием проводящего полимера и УНТ.

В работе использовали два проводящих полимера – электрохимически синтезированный поли(тионин) (п(ТН)) и поли(нейтральный красный) (п(НК)), в качестве наноматериала использовали одностенные УНТ. Электроды иммобилизовали микроорганизмами *Pseudomonas putida* ВКМ В-973. Измерения проводили в калий-натрий фосфатной буферном растворе с рН=6,8. Важнейшей метрологической характеристикой любого биосенсора является его градуировочная зависимость. Она отражает зависимость аналитического сигнала от концентрации, которые возможно определить с помощью данного биосенсора. Так же не менее важными характеристиками являются операционная и долговременная стабильность. Полученные данные были обработаны и преобразованы (таблица 1).

Таблица 1. Метрологические и аналитические характеристики проводящих полимеров.

Характеристика	УНТ_п(НК)_МО	УНТ_п(ТН)_МО
Операционная стабильность, %	5.43	6.32
Долговременная стабильность, сутки	17	15
Диапазон определяемых концентраций ПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0.004-0.070	0.02-0.11
Коэффициент чувствительности, мкА·дм <sup>3</sup> /мг	$3.9 \times 10^{-3} \pm 0.5$	$1.9 \times 10^{-3} \pm 0.5$

По полученным результатам можно сделать вывод, что модификация графито-пастового электрода с помощью УНТ и проводящего полимера п(НК) показывает лучшие характеристики, это связано с его электропроводностью, редокс-активностью и способностью к селективному взаимодействию. Эти характеристики делают его ценным инструментом в разработке высокочувствительных и специфичных сенсоров для анализа различных химических соединений.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта ректора ТулГУ для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам магистратуры, № Хим/23/04/ГРР\_М.*

## ЦИКЛИЗАЦИЯ ДИПЕТИДА L-АЛАНИЛ-L-ВАЛИН В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ. ЭФФЕКТ МОЛЕКУЛЯРНОГО РАДИАТОРА И ТЕПЛОЕМКОСТЬ

Д.В. Ткаченко, Р.А. Ларионов, М.А. Зиганшин

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*DVTkachenko@stud.kpfu.ru*

Интерес исследователей к циклическим дипептидам (2,5-дикетопиперазинам) обусловлен их разнообразной биологической активностью, способностью к самосборке, а также возможностью применения в медицине и технике. Известно множество методов получения данного класса соединений, однако большинство из них, такие как синтез в растворах или выделение из живых организмов, связаны с низким выходом, требуют очистки конечного продукта и контроля его оптической конфигурации. Эти проблемы решает синтез в твердой фазе при нагревании, протекающий в одну стадию с высоким выходом продукта. Стоит отметить, что такой способ получения циклических дипептидов отвечает принципам «зеленой химии», так как не подразумевает использования растворителей, а в качестве единственного побочного продукта реакции выступает вода. Несмотря на преимущества этого метода, твердофазная циклизация дипептидов остается мало изученной, поэтому важной задачей является поиск зависимостей между параметрами процесса, структурой соединения, его кристаллической упаковкой и другими свойствами, способными влиять на процесс циклизации.

В настоящей работе впервые изучена реакция циклизации дипептида L-аланил-L-валин в твердой фазе при нагревании. Определена критическая температура начала реакции. Структура продукта твердофазной реакции доказаны рядом физических и физико-химических методов: ИК- и ЯМР- спектроскопия, ГХ-масс-спектрометрия. С использованием подходов неизотермической кинетики проведен расчет кинетических параметров реакции циклизации, включая энергию активации и множитель Аррениуса, определены кинетические модели, описывающие процесс. Показано влияние специфической упаковки и теплоемкости кристаллов дипептидов на кинетику циклизации в твердом состоянии. Полученные данные позволят оптимизировать твердофазный синтез этого соединения.

*Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда №24-23-00473.*

# СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ СМЕСИ ГЕПТИН-1/ГЕПТЕН-1 НА МЕЗОПОРИСТОМ СИЛИКАГЕЛЕ, ДОПИРОВАННОМ ЦЕРИЕМ И МОДИФИЦИРОВАННОМ СЕРЕБРОМ

К.А. Требунских, А.А. Токранов, Е.О. Токранова

ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет  
им. Академика С.П. Королева, Самара, Россия

fileona@mail.ru

Важной реакцией нефтехимической промышленности является гидрирование диеновых и ацетиленовых углеводородов, которые считаются каталитическими ядами, а также подвергаются быстрому окислению и смолообразованию, что приводит к снижению качества исходного сырья, снижению активности катализатора, сокращая продолжительность цикла, блокируя входы в поры катализатора или увеличивая отложение углерода. Перспективными подложками для катализаторов гидрирования являются мезопористые силикагели, модифицированные различными металлами. Допирование редкоземельными металлами оказывает влияние на кристаллографические фазы, морфологию, размеры и электронные конфигурации неорганических наноматериалов. Катализаторы, содержащие серебро показывают высокую селективность в гидрировании тройных связей. Методом темплатного синтеза был получен образец мезопористого силикагеля, допированного церием и модифицированного серебром (Ce-Ag/MC). Частицы синтезированного образца имеют близкую к сферической форму; средний размер частиц Ce-Ag/MPS – 220 нм (рис.1).

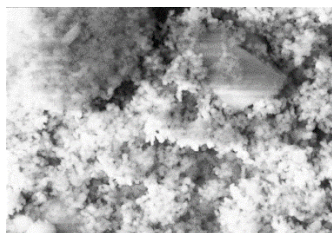


Рисунок 1. СЭМ фотографии образца Ce-Ag/MC.

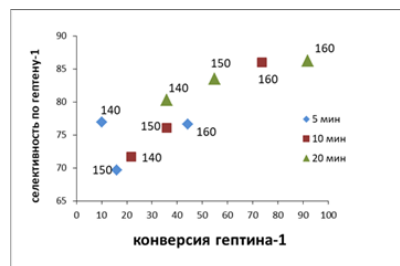


Рисунок 2. Значение селективности по гептену-1 и конверсии гептина-1 при различных температурах Ce-Ag/MC.

параметров гидрирования смеси 1-гептин/1-гептена проводили неконкурентное гидрирование каждого углеводорода. Энергия активации реакции гидрирования гептена-1 выше ( $83 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ), чем гептина-1 ( $74 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ). Можно предположить, что реакция гидрирования алкина на этих катализаторах является более энергетически выгодной, чем гидрирование алкена. Селективность в реакции гидрирования на Ce-Ag/MC изучалась в интервале температур 130-160°C через 5, 10 и 20 минут (рис.2). При гидрировании смеси гептин-1/гептен-1 на Ce-Ag/MC через 5 от начала реакции при повышении температуры со 140 °C до 150 °C наблюдалось понижение селективности по гептену-1 как на Tb-Ag/MC. Дальнейшее увеличение температуры и времени проведения реакции ведет к повышению конверсии и селективности по гептену-1. Установлено, что Ce-Ag/MC является эффективным и селективным катализатором реакции гидрирования смеси: через 20 минут от начала реакции конверсия гептина-1 достигает 85%, а селективность по гептену-1 - 90% (рис.2).

Д

ля  
уста  
нов  
лен  
ия  
ОПТ  
има  
льн  
ых

## МОДИФИКАЦИЯ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ СОРБЦИИ БИОМОЛЕКУЛ

Д.А. Трофимов, А.А. Ханнанов, М.П. Кутырева

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*trofimovdenis962@icloud.com*

Сорбенты на основе цеолитов представляют собой эффективные материалы для процессов очистки, разделения и извлечения веществ благодаря регулируемой пористой структуре и ионообменным свойствам. Одним из самых актуальных направлений применения цеолитов является биосорбция, при которой сорбенты используются для удаления целевых молекул биологических систем. Эффективность биосорбции на цеолитах изучается уже довольно долго и хорошо подтверждается различными научными статьями. Однако нативные цеолиты недостаточно эффективны для данной задачи, для решения этой проблемы применяется их активация.

Щелочная активация цеолитов включает обработку их растворами щелочей (например, NaOH), что приводит к существенным изменениям: образованию мезопор (2–50 нм) и увеличению площади поверхности, а также снижению содержания кремния в цеолите, увеличивая долю алюминия. Кислотная активация также улучшает сорбционные свойства цеолитов: способствует удалению неструктурированных компонентов (например, металлических оксидов) и увеличению кислотных центров в структуре цеолита, что позволяет в дальнейшем конъюгировать их органическими фрагментами. [2]

Для проведения кислотной активации в лабораторных условиях мы использовали природный цеолит и 2М раствор соляной кислоты. В стеклянный стакан объемом 500мл влили 200мл раствора HCl и добавили 10г сухого измельченного цеолита, оставили смесь на 2 часа при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. Спустя 2 часа провели фильтрацию активированного цеолита на воронке Бюхнера, сухой остаток прокалили и измельчили. Масса продукта составила 7,45г. Подобный эксперимент провели для щелочной активации, смешав 10г цеолита с 200 мл 2М раствором NaOH. Масса продукта составила 7,26г.

1. Москвская И. Ф. Молекулярно-ситовой катализ: пионерские работы химиков МГУ // Журнал физической химии – И. Ф. Москвская, Б. В. Романовский – 2019 – Т. 93 – №10 – с. 1455-1460



## РЕГЕНЕРИРУЕМЫЙ МЕДИАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ОБЪЕМЕ РАСТВОРА

Р.Р. Фазлеева<sup>a</sup>, Г.Р. Насретдинова<sup>a</sup>, В.Г. Евтюгин<sup>b</sup>, А.Т. Губайдуллин<sup>a</sup>, В.В. Янилкин<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия*

<sup>b</sup> *Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия*

*rezeda.fazleeva@iopc.ru*

На сегодняшний день нанотехнологии на основе наночастиц металлов (НЧ-М) представляют собой одно из ключевых направлений инновационных разработок и научных исследований. Особый интерес к данным частицам связан с их уникальными физическими и химическими свойствами, а также широким разнообразием их потенциального применения в области катализа, медицины, электроники, биосенсорики, оптики и других.

Синтез НЧ-М является очень динамичным и сложным процессом, и несмотря на то, что в настоящее время многие разработанные методы достаточно успешны и активно применяются в лабораторных условиях, исследования в области разработок новых способов получения НЧ-М продолжают развиваться для преодоления ограничений у уже существующих методов, их модификации с целью уменьшения энергетических и ресурсных затрат, улучшения экологической составляющей, а также возможности многократного применения используемых систем.

В данной работе мы сообщаем о десятикратном применении одного и того же раствора в метилвиологен-медиаторном электрохимическом синтезе наночастиц серебра (НЧ-Ag) в водной среде с использованием растворимого серебряного анода в присутствии стабилизатора поли(N-винилпирролидона) (ПВП).

Медиатор при десятикратном проведении электросинтезов не расходуется, а результатами электролизом являются преимущественно сферические и эллипсоидные НЧ-Ag, размеры которых с каждым последующим электролизом увеличивались в диапазоне от  $26 \pm 9$  нм до  $75 \pm 22$  нм. Полученные частицы проявляют каталитическую активность в реакции восстановления *п*-нитрофенола боргидридом натрия в водной среде, убывающую с увеличением размера получаемых частиц.

Все исследования были проведены с применением методов циклической вольтамперометрии (ЦВА), микроэлектролиза, препаративного электролиза, сканирующей (СЭМ) и просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии, динамического светорассеяния (ДСР), порошковой рентгеновской дифракции (ПРД) и УФ и видимой спектроскопии.



# КИНЕТИКА АМИНО ПЕРЕГРУППИРОВКИ КЛЯЙЗЕНА N-(1-МЕТИЛБУТ-2-ЕН-1-ИЛ)АНИЛИНА В ПРИСУТСТВИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА NaA

Д.Ш. Фахретдинов, Д.Я. Зайтунова, Э.Р. Латыпова, Р.Ф. Талипов

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия

dfahr9@mail.ru

В ходе исследований по установлению возможности управления селективностью перициклических реакций введением пористых материалов нами было проведено изучение кинетики реакции amino-Кляйзена с участием N-(1-метилбут-2-ен-1-ил)анилина (N-МБА) в присутствии солянокислого анилина и цеолита NaA в качестве сокатализатора. Реакцию проводили в присутствии 5% масс.цеолита NaA при 130 °С. Расход N-МБА и образование орто- и пара- замещенного анилина (о-МБА и п-МБА, соответственно) определяли хроматографическим методом (внутренний стандарт – о-ксилол).

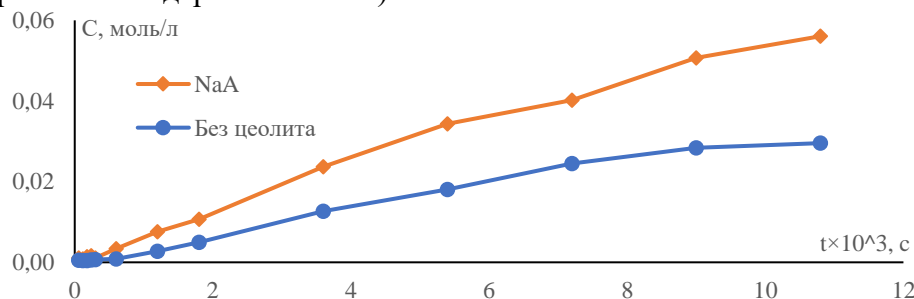


Рисунок 1. Кинетическая кривая накопления о-МБА при перегруппировке N-МБА без сокатализатора и в присутствии NaA при температуре 130 °С.

Установлено, что кинетическая кривая накопления о-МБА и п-МБА при перегруппировке N-МБА в присутствии цеолита NaA удовлетворительно ( $R = 0.98$ ) линейаризуются по первому порядку. Рассчитанные значения констант скоростей (табл. 1) накопления продуктов указывают на то, что использование цеолита NaA в выше указанной реакции ведет к значительному увеличению скорости накопления орто- и пара- замещенных продуктов перегруппировки N-МБА.

Таблица 1. Значения констант скоростей накопления о-МБА и п-МБА.

№ п/п	Константа скорости реакции накопления о-МБА, $k \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$	Константа скорости реакции накопления п-МБА, $k \times 10^{-6} \text{ с}^{-1}$
Без цеолита	$5,17 \pm 0,05$	$1,83 \pm 0,02$
NaA	$13,80 \pm 0,01$	$4,75 \pm 0,03$

## ВЛИЯНИЕ РАЗУПОРЯДОЧНОСТИ НА СУПРАМОЛЕКУЛЯРНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ МОЛЕКУЛ В КОМПЛЕКСАХ С ПЕРЕНОСОМ ЗАРЯДА

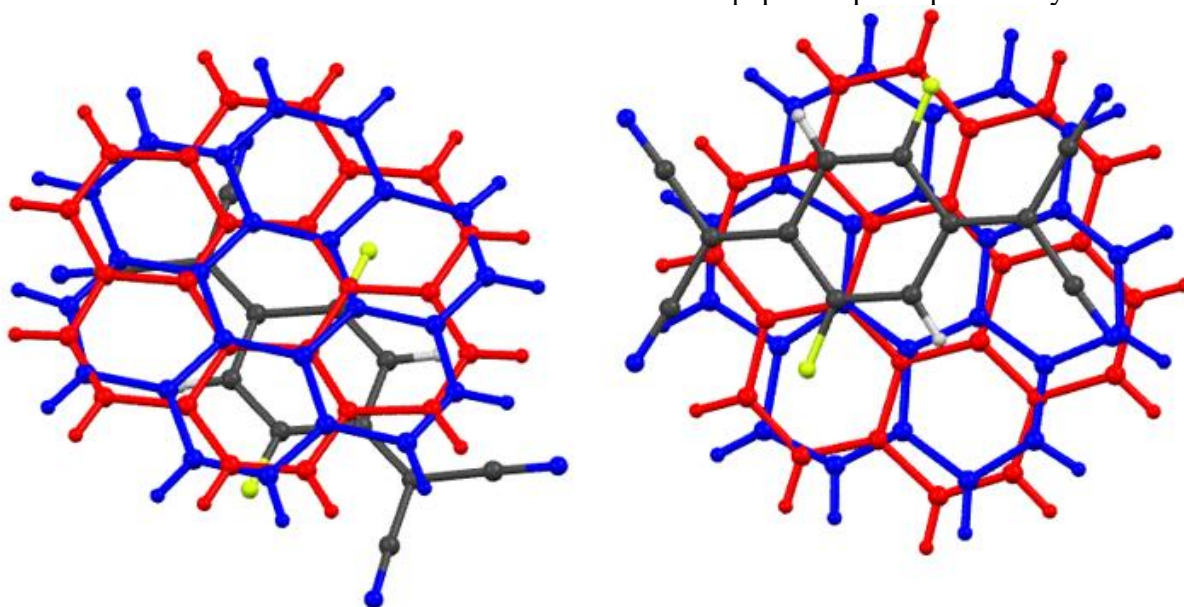
А.П. Федонин<sup>a</sup>, К.А. Ившин<sup>b</sup>, К.Е. Метлушка<sup>b</sup>, О.Н. Катаева<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ Казанский научный центр, Казань, Россия

anton.fedonin@mail.ru

Было показано, что разупорядоченность обусловлена наличием плоского и широкого минимума энергии, более вероятна при существовании эквивалентных положений молекулы в кристалле, при которых система стремится повысить свою симметрию, например, соединения хризена или бензантрацена, в которых появляется дополнительный параметр симметрии, и определяет полупроводниковые свойства соединений [1]. Поэтому в качестве объектов исследований был выбран перспективный класс соединений для молекулярной электроники – полициклические ароматические углеводороды в качестве молекул доноров и хиноно подобные акцепторы различного размера, состава и топологии. Были получены комплексы с переносом заряда различной стехиометрии, в которых наблюдаются смешанные стопки. Изучены факторы, которые определяют разупорядоченность в соединениях, в частности сила  $\pi \cdots \pi$  взаимодействий, зависимость заселенностей компонентов от соотношений формы и размера молекул.



## ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДРЕНАЛИНА НА ЭЛЕКТРОДАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИТАМИ МОЛЕКУЛЯРНО-ИМПРИНТИРОВАННОГО ПОЛИМЕРА С ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ ЧАСТИЦАМИ ПАЛЛАДИЯ

Д.Ю. Хайруллина, Ю.А. Лексина, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия*

*khairullinadarina@gmail.com*

Адреналин (АД) - это гормон, который относится к группе катехоламинов, вырабатываемых надпочечниками, и является одним из самых активных нейромедиаторов. Кратковременное повышение уровня АД тренирует сердечную мышцу, но длительное превышение может привести к перегрузке сердца и сосудов, что увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Регулярный мониторинг уровня АД может помочь в выявлении опухолей, новообразований и других патологий, связанных с надпочечниками. Значительно повысить чувствительность вольтамперометрического метода анализа позволяют химически модифицированные электроды (ХМЭ). Особый интерес представляют ХМЭ на основе электрополимеризованных молекулярно-импринтированных полимеров (МИП), которые обладают способностью к высокоспецифичному взаимодействию с темплатом, что улучшает селективность определения.

Целью данной работы является определение возможности использования планарного электрода (ПЭ), модифицированного композитом МИП на основе электрополимеризованного полиникотинамида с иммобилизованными частицами палладия (МИП-Pd-ПЭ) для вольтамперометрического определения АД.

При окислении АД на электроде МИП-Pd-ПЭ на анодной ветви циклической вольтамперограммы наблюдается один пик, высота которого зависит от концентрации этого соединения. По сравнению с немодифицированным ПЭ, на электроде МИП-Pd-ПЭ наблюдается многократный прирост тока и уменьшение перенапряжения окисления АД.

Разработан способ вольтамперометрического определения АД на этом электроде. Предложенный способ позволяет проводить селективное определение с высокой чувствительностью в модельных системах урины в интервале концентраций, характерных для этой биологической жидкости. Правильность методики определена методом введено-найденно.

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

# ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛУАМИНАЛЯ НА ОСНОВЕ ХЛОРАЛЯ И ВТОРИЧНОГО АМИНА. ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО РЕАКЦИИ С 2-СІ-4Н-БЕНЗО[е]-1,3,2- ДИОКСАФОСФОРИНОНОМ

Г.А. Хасанова, Г.А. Ивкова

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет,  
Химический институт им. А.М.Бутлерова, Казань, Россия

*lady.hasanowa2014@yandex.ru*

Полуаминали – это азотсодержащие аналоги полуацеталей. Полуацетали можно определить как однозамещенные простые эфиры геминальных двухатомных спиртов. Мы заинтересовались вопросом – возможно ли получение 2,2,2-трихлор-1-(диэтиламино)этан-1-ола. Было бы достаточно интересно провести его взаимодействие с хлорпроизводным салицилфосфористой кислоты. Нами показано, что выделить или зафиксировать полуацеталь даже при проведении реакции при низкой температуре ( $-70^{\circ}\text{C}$ ) не удаётся. Идёт реакция галоформного расщепления.

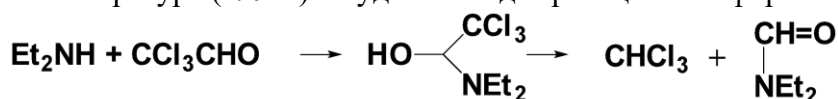


Схема 1. Реакция галоформного расщепления в системе: хлораль – диэтиламин.

Далее мы приняли решение – провести трёхкомпонентную реакцию в системе: диэтиламин-хлораль-салицилфосфит.

Реакции фосфорилированных производных гидроксикарбоновых кислот подробно изучены в серии работ профессора В.Ф.Миронова [52, 53, 54]

В системе хлораль – диэтиламин – салицилхлорфосфит в виде двух диастереомеров нами получен фосфоринан 54 с сохранением исходного цикла, который самопроизвольно переходит в фосфепин 56.

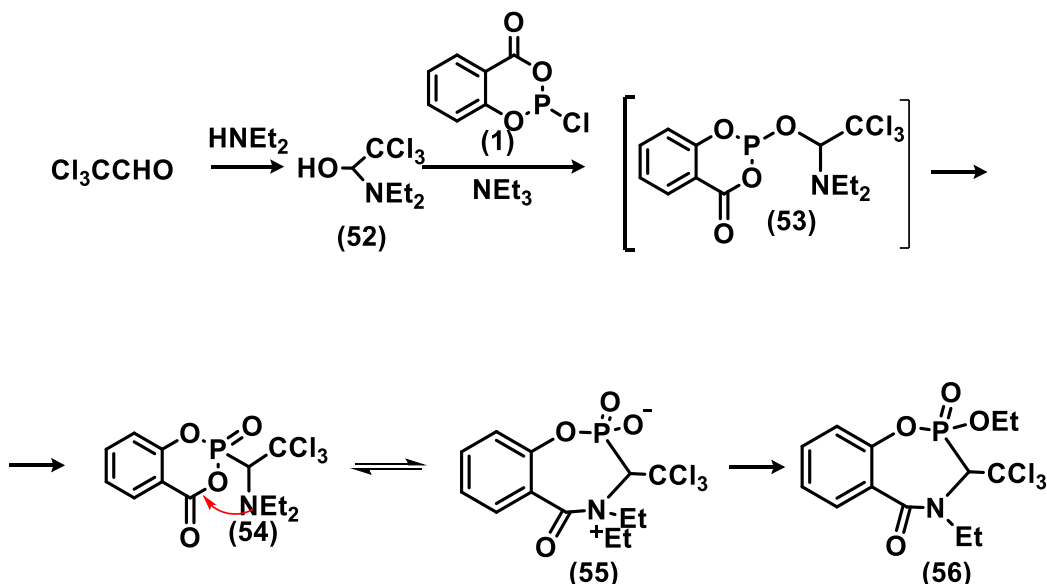


Схема 2. Реакции в трехкомпонентной системе хлораль – диэтиламин – салицилхлорфосфит.

Работа выполнена за счет средств субсидии, предоставленной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, №FZSM-2023-0020.

## ФОРМИРОВАНИЕ С-С И С-N СВЯЗЕЙ В РЕАКЦИЯХ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

М.А. Хворова <sup>a,b</sup>, С.О. Стрекалова <sup>b</sup>, А.Д. Злыгостев <sup>a,b</sup>, А.И. Кононов <sup>b</sup>, Ю.Г. Будникова <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия  
<sup>b</sup> ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

*mariakhvorova18@gmail.com*

Реакции прямой функционализации С–Н связей являются одним из современных инструментов в органическом синтезе и позволяют получать сложные молекулы из структурно простых исходных субстратов в одну стадию. Однако, в большинстве случаев для проведения реакций амидирования в условиях активации С–Н связей требуются металлокомплексы на основе Pd, Rh, Ru, Ir, а также использование окислителей и оснований, что в конечном итоге приводит к образованию большого количества побочных продуктов и негативно сказывается на ресурсосбережении и экологии.

В данной работе предложен подход к получению биарилов и *N*-фениламинов в условиях электроокислительной функционализации ароматических С(sp<sup>2</sup>)-Н связей без использования металлокатализаторов, окислителей и кислот (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CF<sub>3</sub>COOH и др.). В результате получают целевые продукты разного типа в зависимости от потенциалов окисления исходных ароматических субстратов [1].

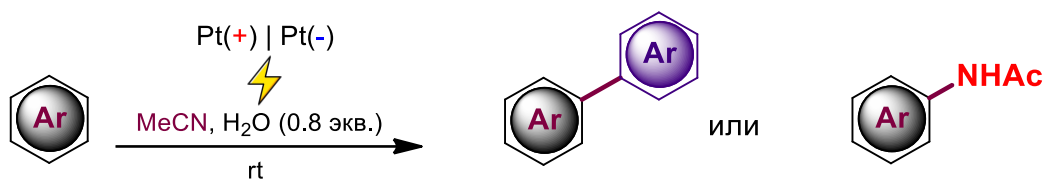


Рисунок 1. Получение биарилов и *N*-фениламинов в условиях электроокисления.

Ароматические субстраты, которые окисляются при анодных потенциалах менее чем +2 В (отн. Ag/AgCl), или имеют атомы брома или йода в ароматическом кольце, вступают в реакцию гомо-сочетания с образованием биарилов (димеров) в ходе анодного окисления в ацетонитриле. Трудноокисляемые ароматические субстраты ( $E_{ox} > +2$  В) преимущественно образуют *N*-фениламины, в данном случае ацетонитрил выступает как в качестве растворителя, так и источника амидного фрагмента.

1. Kononov A. I., Strekalova S.O et al. *Curr. Res. Green Sust. Chem.*, **2024**, 8, 100406.

## ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НИТРАТНЫХ СОЛЕЙ МОЧЕВИНЫ

Г.К. Холикова, У.М. Мардонов, Б.Ш. Ганиев

Бухарский государственный университет, г. Бухара, Республика Узбекистан

g.q.xoliqova@buxdu.uz

В данном сообщении приводятся результаты изучения состава и физико-химических свойств солей нитрата мочевины.

В водной среде при соотношениях 1:1; 1:2 и 1:3  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2:\text{HNO}_3$  синтезировали соли нитрата мочевины (НМ), белые поликристаллические вещества, хорошо растворимые в воде. Выделенные вещества изучены методами рентгенофазового анализа, ИК- и электронной спектроскопии [1].

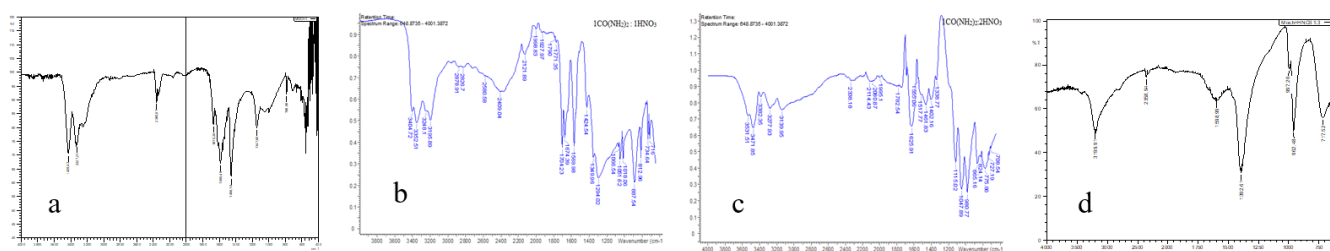


Рисунок 1. ИК спектры: а) мочевины б) моонитрат мочевины с) динитрат мочевины, д) тринитрат мочевины.

Отметим наиболее отличительной особенностью в ИК-спектрах МНМ и ДНМ (рис 2 а-в), в отличие от спектра исходной мочевины, помимо основных, характеристических полос поглощения  $\nu(\text{NH})$ ,  $\nu(\text{C}=\text{O})$ ,  $\nu(\text{CN})$ ,  $\nu(\text{NO})$ ,  $\delta(\text{HNN})$ ,  $\delta(\text{ONO})$  со соответствующими частотами, является появление новых полос поглощений в интервале частот  $2800\text{--}2100\text{ см}^{-1}$ . В спектре МНМ к таким полосам относятся 7 слабо интенсивные полосы с максимумом при  $2400,04\text{ см}^{-1}$ . Совокупность этих обнаруженных полос обусловлены наличием  $[\text{H}_2\text{O}\cdots(\text{NH}_2)_2\text{C}(\text{OH})^+\cdots\text{ONO}_2]$  в составе МНМ.

Аналогичные 5 полос поглощения с меньшей интенсивностью имеют место в спектре ДНМ. Судя по их частотам и изменению характера проявления полосы  $\nu(\text{C}=\text{O})$  мочевины заключено об имеющиеся в составе ДНМ фрагмента с протонированными амино- и карбонильной групп с образованием водородной связи и солевых мостиков:  $[\text{H}_2\text{O}\cdots(\text{NH}_2)_2\text{C}(\text{OH})^+\cdots\text{ONO}_2]$  и  $[\text{O}_2\text{N}-\text{O}\cdots^+\text{H}_3\text{N}(\text{H}_2\text{N})\text{C}(\text{OH})^+\cdots\text{O}-\text{NO}_2]$ , что является результатом увеличения соотношения  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2:\text{HNO}_3=1:2$  в пользу кислотного реагента.

Можно отметить что, применением растворов нитратных солей мочевины достигнуты положительные результаты ингибирование коррозии [2].

1. Холикова Г.К., Мардонов У.М. и др. Синтез и изучение нитратных солей мочевины. Узбекско-японская международная конференция Energy-Earth-Environment-Engineering, Ташкент. 15-18 ноября 2022 г. С.143
2. Холикова Г.К., Мардонов У.М. и др. Синтез и исследование антикоррозионных свойств нитратных и орто-фосфатных солей мочевины. Актуальные вопросы химии 21 века: сборник тезисов докладов II Международной научной студенческой конференции, посвященной 220-летию КФУ. 25-26 май. 2024 год. Казань. С.55



## ФОСФОРИЛИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ АЛЬФА-БРОМКОРИЧНОГО АЛЬДЕГИДА: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА, БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

У.А. Чемекова<sup>a</sup>, А.Н. Седов<sup>a</sup>, Р.Р. Давлетшин<sup>a</sup>, П.А. Курынцева<sup>b</sup>

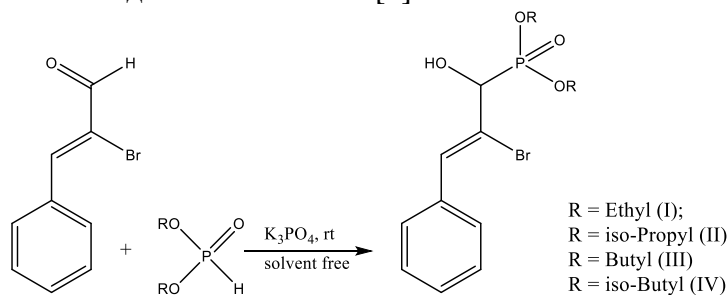
<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт экологии, биотехнологии и природопользования КФУ, Казань, Россия

sedandrey1998@gmail.com

Одним из важнейших классов фосфорорганических соединений являются  $\alpha$ -гидроксифосфонаты, многие из которых обладают гербицидными, антибактериальными, противогрибковыми, антиоксидантными и противовирусными свойствами. Так, например, среди противовирусных агентов широкого спектра действия, содержащих фосфонатную группу, хорошо известны аденинсодержащие ациклические нуклеозидфосфонаты, пролекарства адефовира и тенофовира. [1]

В настоящем исследовании по реакции Абрамова получена широкая серия альфа-гидроксифосфонатов, где в качестве карбонильной компоненты был выбран альфа-бромкоричный альдегид, вследствие широкого спектра биологической активности, а именно: антибактериальные, противомикробные, противовоспалительные, антигистаминные, противоопухолевые и антиоксидантные свойства [2].



Структура полученных соединений была подтверждена комбинацией методов ЯМР  $^{31}\text{P}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^1\text{H}$ , ИК-спектроскопией и рентгеноструктурным анализом. Полученные соединения были исследованы на наличие антимикробной активности против ряда патогенных микроорганизмов человека и животных.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-23-00328, <https://rscf.ru/project/24-23-00328/>

1. Kasthuri M. Synthesis of (R)- and (S)- $\beta$ -hydroxyphosphonate acyclonucleosides: structural analogues of Adefovir (PMEA) / M. Kasthuri, L. Chaloin, C. Perigaud, S. Peyrottes / Tetrahedron: Asymmetry. – 2011. – V. 22. – P. 1505-1511.
2. Guo J. Advances in pharmacological effects and mechanism of action of cinnamaldehyde / J. Guo, S. Yan, X. Jiang, Z. Su, F. Zhang, J. Xie, E. Hao, C. Yao // Frontiers in Pharmacology. – 2024. – V. – 15. P.



## МАСШТАБИРУЕМАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В РАЗЛИЧНЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

А.В. Чернов, Ф.А. Карамов

*Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева,  
Казань, Россия*

*s-4ern@yandex.ru*

Растворенный кислород относится к свободному и несоставному компоненту в воде или других жидкостях, который влияет и участвует в различных биохимических, физиологических и технических процессах. Концентрация растворенного кислорода в жидкой среде, например, воде является одним из основных показателей качества воды и важным фактором ее очистки. Растворенный кислород имеет решающее значение во многих приложениях, таких как биомедицинские области, производство продуктов питания, промышленное и сельскохозяйственное производство.

В зависимости от задачи, масштабы и охват контролируемых водных сред может изменяться в широких пределах. Например, биореактор в фармакологической лаборатории, помещается на лабораторном столе, а водоочистные сооружения занимают площадь в несколько гектар. Для таких случаев, как правило, применяются различные приборы.

Предлагаемая система измерения позволяет проводить измерение концентрации кислорода в водных средах с помощью одного и того же инструмента, который подходит как для контроля в пределах одного рабочего места, так и в масштабах крупного предприятия.

Система измерения состоит из следующих блоков: блок измерительный, в состав которого входит первичный преобразователь, модуль памяти, для хранения результатов измерения, и модуль интерфейсов; блок индикации системы, который содержит дисплей, для отображения результатов измерения, клавиатуру, для управления блоком и настройки системы, световые и звуковые индикаторы; блок электропитания системы и блок преобразователя интерфейсов, для подключения системы к АСУ ТП. Каждый блок системы представляет собой законченное устройство, который может работать независимо от наличия других блоков и от их количества.

Особенностью данной системы является то, что она может работать в различных конфигурациях. Например, для лабораторного измерения в реальном времени достаточно иметь один блок индикации, один блок измерительный и один блок питания. Для длительного эксперимента, на несколько суток достаточно иметь только блок измерительный с батарейным питанием, который будет записывать измерения во встроенную память без необходимости какого-либо участия человека. Для автоматизации крупного производства достаточно установить необходимое количество датчиков, которые могут объединиться в информационную сеть, используя для этого только провода питания, в особо критичных точках производства установить блоки индикации для визуального контроля показаний и оповещения и преобразователь интерфейсов, для подключения сети датчиков к системе АСУ ТП.

На данную систему измерения выдан патент на изобретение.

1. Будников Г. К. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине / Г. К. Будников, Г. А. Евтюгин, В. Н. Майстренко. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 419 с.
2. Патент Российская Федерация, МПК G 01 N 27/27 (2006.01). Способ измерения концентрации вещества, растворенного в жидкой среде, и система для его осуществления / Чернов А.В.; Карамов Ф.А., заявители и патентообладатели Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ", RU. - № 203116645/28(035635); заявл. 26.06.2023. <https://fips.ru/EGD/bd9e4f21-d555-44b5-ab94-15e9398ce522>.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ АЛКАНОВ И АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ТИОЦИАНАТАХ ДИЭТИЛАММОНИЯ И ЭТИЛИМИДАЗОЛИЯ

Я.Е. Чумаков, Т.И. Магсумов, И.А. Седов

Химический Институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

yaroslav.makarevskiy@mail.ru

Ионными жидкостями называют соли, обладающие низкой температурой плавления. В качестве катиона в таких соединениях часто выступают органические катионы, например, алкиламмонийный или алкилимидазолевый. От других органических растворителей ионные жидкости отличаются низкой летучестью и уникальными сольватационными свойствами. Благодаря этому они могут быть использованы в качестве замены традиционным органическим растворителям в процессах экстракции и разделения. Для исследования применимости ионных жидкостей к разделению тех или иных смесей необходимы данные по коэффициентам активности при бесконечном разбавлении для разделяемых веществ.

В работе методом равновесного анализа равновесного пара были определены коэффициенты активности при бесконечном разбавлении ( $\gamma^\infty$ ) алканов, циклоалканов и ароматических углеводородов в тиоцианатах этилимидазолия [EHIM][SCN] и диэтиламмония [DEA][SCN]. Для пар алкан/арен были рассчитаны параметры разделяющей способности ( $S_{12} = \gamma_1^\infty / \gamma_2^\infty$ ).

Растворенные вещества	[DEA][SCN]			[EHIM][SCN]		
	$\gamma_{\text{алкан}}^\infty$	$\gamma_{\text{арен}}^\infty$	$S_{12}$	$\gamma_{\text{алкан}}^\infty$	$\gamma_{\text{арен}}^\infty$	$S_{12}$
Гексан/ Бензол	72,92	3,01	24,2	175,28	4,22	41,5
Гептан/ Толуол	142,04	4,44	32,0	366,94	7,07	51,9
Октан/ Этилбензол	246,79	7,94	31,1	568,22	10,83	50,7
Нонан/ Пропилбензол	379,03	11,19	33,9	–	19,59	

Было обнаружено, что [DEA][SCN] и [EHIM][SCN] обладают большими коэффициентами селективности, чем ранее исследованные ионные жидкости различных классов [1]. Таким образом, [DEA][SCN] и [EHIM][SCN] могут быть рассмотрены в качестве перспективных растворителей для процессов разделения ароматических и алифатических углеводородов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №24-13-00062.*

1. Magsumov T.I. et al. // Journal of Chemical & Engineering Data. – 2024. *In Press*.

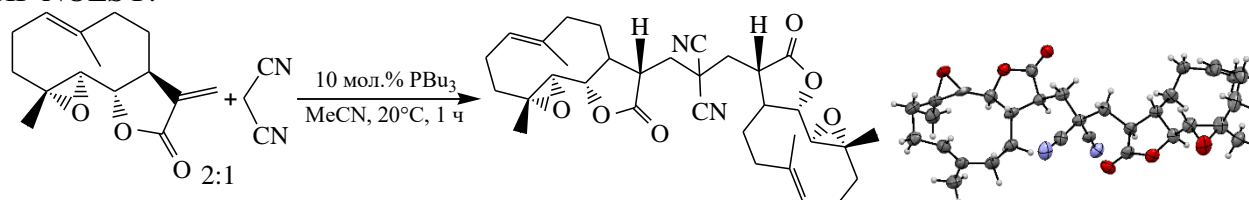
# ФОСФИН-КАТАЛИЗИРУЕМЫЕ РЕАКЦИИ ПАРТЕНОЛИДА С СН-КИСЛОТАМИ

А.А. Шабанов, А.В. Брякина, О.А. Седых, А.В. Салин

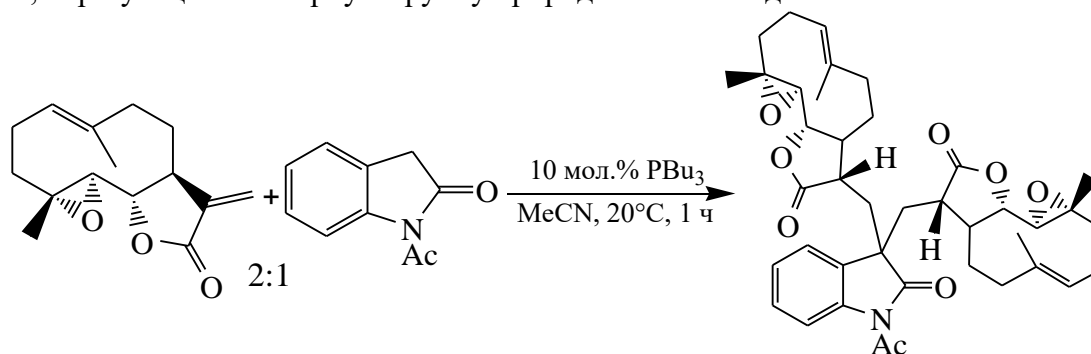
Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

grindaman@mail.ru

Функционализация природных биологически активных соединений является перспективным подходом к созданию новых лекарственных препаратов. В настоящей работе в условиях органокатализа  $\text{P}(\text{Bu})_3$  впервые осуществлен синтез производных сесквитерпенового лактона гермакранолидного ряда партенолида по реакции Михаэля с различными СН-кислотами. За счет эффекта анхимерного содействия, обнаруженного в реакции третичных фосфинов с  $\alpha$ -метиленлактонами [1,2], присоединение СН-кислот к партенолиду протекают быстро в мягких условиях и приводит к диастереоселективному образованию продуктов, имеющих новый четвертичный углеродный центр. Абсолютная (*S*)-конфигурация новых стереоцентров в образующихся продуктах была установлена на основе данных РСА и двумерной спектроскопии ЯМР NOESY.



Разработанный метод позволяет эффективно получать 3,3-дизамещенные производные оксиндола, образующего обширную группу природных алкалоидов:



Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект 23-23-00029).

1. A.V. Salin, D.R. Islamov. *Org. Biomol. Chem.*, 2019, **17**, 7293-7299.
2. A.V. Salin, A.A. Shabanov, K.R. Khayarov, R.I. Nugmanov, D.R. Islamov. *J. Org. Chem.* 2023, **88**, 11954-11967.

# РЕАКЦИИ В СИСТЕМЕ: 2-ХЛОРБЕНЗАЛЬДЕГИД – ДИЭТИЛАМИН - 2-СІ-4Н-БЕНЗО[е]-1,3,2-ДИОКСАФОСФОРИНОН

А.А. Шапошникова, Г.А. Ивкова, В.Ф. Миронов

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет,  
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

jade\_770\_zzzness@mail.ru

Нами проведено исследование реакций в системе 2-хлорбензальдегид – диэтиламин - 2-СІ-4Н-бензо[е]-1,3,2-диоксафосфорин. Оказалось, что реакция альдегида с диэтиламином не протекает ввиду недостатка электрофильности карбонильной группы. Полагаем, что при добавлении хлорфосфита к смеси альдегид - диэтиламин, последний реагирует по связи Р-СІ. Образуется амид с трехвалентным фосфором. Это соединение нами охарактеризовано. Нуклеофильность фосфора в амиде значительно выше, чем в салицилхлорфосфите. Следовательно, он может прореагировать с альдегидом. Образуется биполярный ион А, который стабилизируется по двум направлениям. В качестве основного продукта получено соединение с сохранением исходного гетероцикла.

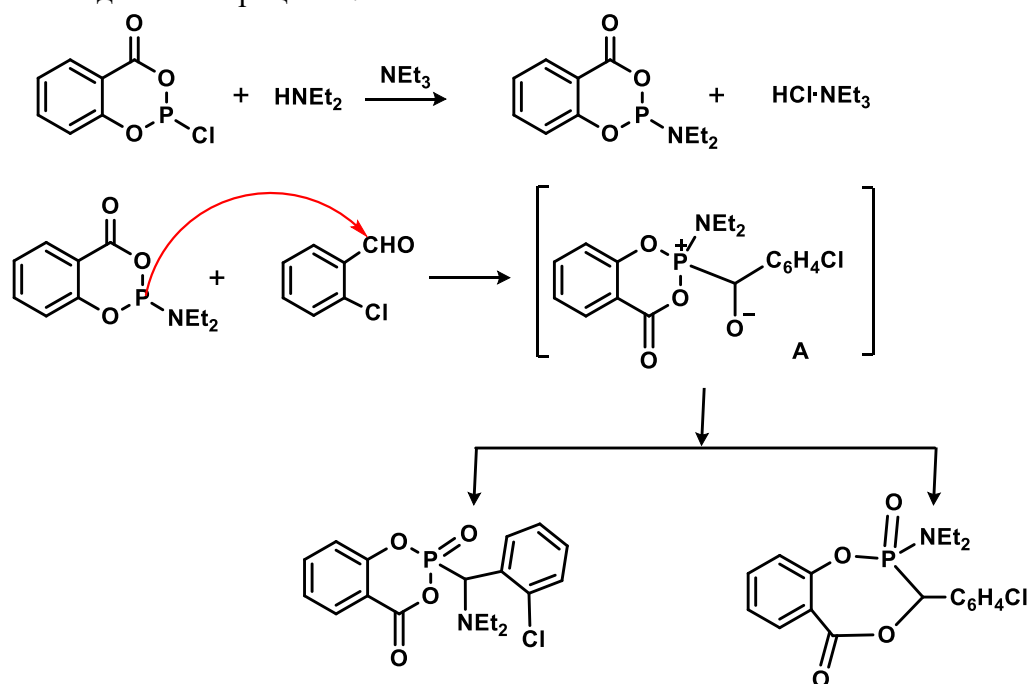


Схема 1. Реакции в трехкомпонентной системе 2-хлорбензальдегид – диэтиламин – салицилхлорфосфит.

# АЛКИНИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЗОЛОТА (I) С 1,5-ДИАЗА-3,7-ДИФОСФАЦИКЛООКТАНАМИ

Е.М. Шибецкая<sup>a,b</sup>, И.Р. Даянова<sup>a</sup>, И.Д. Стрельник<sup>a</sup>, Э.И. Мусина<sup>a</sup>, А.А. Карасик<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

<sup>b</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казанский федеральный университет,  
Казань, Россия

milaha8383@gmail.com

Возможность комплексов золота (I) проявлять богатые фотофизические свойства и реализовывать внутри- или межмолекулярные ауорофильные взаимодействия, способные реагировать на внешние воздействия, лежат в основе создания «stimuli-responsive» материалов [1,2]. Ранее нами были получены алкинильные комплексы золота (I) с N-арилзамещенными 1,5-диаза-3,7-дифосфациклооктанами, которые способны образовывать с молекулами растворителя комплексы по типу «гость-хозяин», меняя геометрию комплекса и его фотофизические свойства [3].

В данной работе представлены алкинильные комплексы золота (I) с N-бензгидрилзамещенными 1,5-диаза-3,7-дифосфациклооктанами. Полученные комплексы проявляют эмиссию в зеленой области спектра.

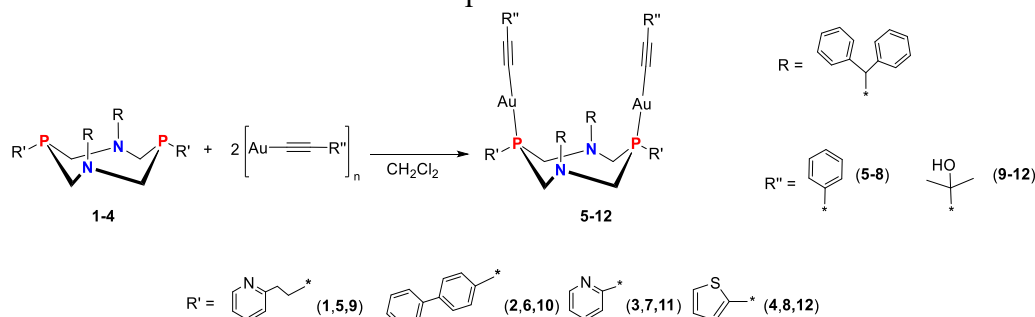


Схема 1. Синтез комплексов золота (I) 5-12.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 22-13-00147.

1. Strel'nik I.D., et. al. *CrystEngComm.*, **2016**, 18, 7629–7635.
2. Shamsutdinova N.A., et. al. *New Journal of Chemistry*, **2016**, 40, 9853–9861.
3. Strel'nik I.D., et. al. *Inorg. Chem.*, **2020**, 59, 244–253

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НИКЕЛАТА ЛАНТАНА, ПОЛУЧЕННОГО ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

А.В. Шилов<sup>a,b</sup>, Е.А. Ермакова<sup>b</sup>, С.С. Стрельникова<sup>b</sup>, А.С. Анохин<sup>b</sup>,  
М.С. Чувикина<sup>b</sup>, Д.А. Михальченко<sup>b,c</sup>.

<sup>a</sup> *Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия*

<sup>b</sup> *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, Москва, Россия*

<sup>c</sup> *Университет науки и технологий «МИСИС», Москва, Россия*

*stud.shilovav@gmail.com*

Исследование проводилось с целью оценить влияние изменения параметров полусухого прессования на физико-механические свойства готовых изделий. Синтез порошка никелата лантана был осуществлён с использованием метода золь-гель. Полученный гель подвергался сушке для удаления жидкой фазы и получения высокопористого ксерогеля, который затем обжигался в муфельной печи при температуре 800 и 900 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 10 часов. Полученные порошки использовались для прессования, а также некоторая, часть порошка дополнительно подвергалась ультразвуковой обработке в ультразвуковой установке (Hielscher). Для прессования образцов использовали метод полусухого двухступенчатого прессования под давлением 200 + 400 МПа с измельчением образцов после первого прессования. Прессование выполнялось на ручном гидравлическом прессе (Сресас GS15011) в лабораторных условиях. Балки размером 4×4×40 мм подвергались обжигу в печи с хромитлантановыми нагревателями при температуре 1300 и 1400 °С с выдержкой 3 часа при максимальной температуре. Прочность исследовалась методом трехточечного изгиба на разрывной машине (Instron – 5800). Полученные результаты свидетельствуют о том, что у образцов, спеченных при - 1300 °С, из порошка  $\text{LNO}_3$ , термообработанного при температуре 800 °С предел прочности составил 73 МПа, а для термообработанного при 900 °С - 82 МПа, при повышении температуры обжига до 1400 °С прочность возрастает и составляет, соответственно, при 800 °С - 88 МПа, а при 900 °С - 96 МПа. Порошок прошедший дополнительную обработку в ультразвуковой установке показал себя следующим образом: при температуре термообработки 800 °С предел прочности с температурой обжига 1300 °С составил 103 МПа, а при 900 °С - 72 МПа, при повышении температуры обжига до 1400 °С прочность возрастает и составляет при 800 °С - 120 МПа, а при 900 °С - 86 МПа. Дополнительная обработка порошка  $\text{LNO}_3$  в ультразвуковой установке позволила увеличить прочность керамики. На повышение прочности повлияло и увеличение температуры обжига с 1300 до 1400 °С. В ходе эксперимента установлено, что керамика  $\text{LNO}_3$  после термической обработки при 800 °С и дополнительной обработки порошка в ультразвуковой установке и обожжённая при 1400 °С имеет наибольшую прочность 120 МПа.

## СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ 1,5-ДИАЗАБИЦИКЛО[3.3.1]НОНАНОВ И ПРОИЗВОДНЫХ НА ИХ ОСНОВЕ

Д.Р. Кузнецов <sup>a</sup>, Д.П. Герасимова <sup>a,b</sup>, О.А. Лодочникова <sup>a,b</sup>, К.В. Черный <sup>a</sup>,  
А.Р. Курбангалиева <sup>a</sup>

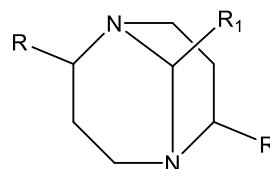
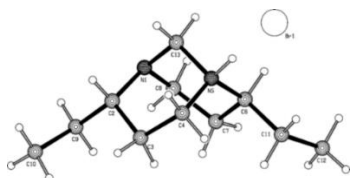
<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова –  
ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

*DaRKuznecov@kpfu.ru*

Производные ряда 1,5-диазабицикло[3.3.1]нонана вызывают интерес исследователей по нескольким причинам. Данные гетероциклы обладают структурным сходством с основанием Трёгера и его аналогами, которые демонстрируют широкий спектр полезных свойств в области органического синтеза и создания новых материалов. С другой стороны, подобные азотсодержащие бициклические молекулы уже нашли применение в органокатализе, а также использованы в качестве промежуточных соединений для селективного синтеза новых гетероциклов.

Ранее нами был разработан метод селективного синтеза хиральных 2,6-дизамещенных производных 1,5-диазациклооктана. В данной работе при использовании в качестве реагентов альдегидов различного строения на основе (2S,6S)-стереоизомеров 2,6-диэтил- и 2,6-дибензил-1,5-диазациклооктанов были получены новые мостиковые бициклические системы ряда 1,5-диазабицикло[3.3.1]но-нана. Обнаружено, что алкилирование данных бициклов протекает селективно только по одному атому азота, а последующее восстановление приводит к образованию N,N-дизамещенного производного 1,5-диазациклооктана. Строение всех новых синтезированных соединений доказано комплексом физических методов исследования.



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



## ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ БИ- И ТРИЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ 2(5Н)-ФУРАНОНА, ТЕРПЕНОВЫХ СПИРТОВ И ДИТИОЛОВ

Э.С. Раббаниева<sup>a</sup>, Е.Г. Апполонова<sup>a</sup>, Д.П. Герасимова<sup>a,b</sup>, Г.Р. Тимербаева<sup>a</sup>,  
А.М. Хабибрахманова<sup>a</sup>, О.А. Лодочникова<sup>a,b</sup>, А.Р. Курбангалиева<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

<sup>b</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН,  
Казань, Россия

*EnSRabbanieva@kpfu.ru*

Серосодержащие гетероциклические соединения находят широкое применение в фармацевтической химии и материаловедении. Их структурные фрагменты входят в состав различных природных биологически активных соединений и синтетических лекарственных средств. Целью данного исследования явилась разработка методов получения новых хиральных конденсированных би- и трициклических соединений, несущих фрагменты 2(5Н)-фуранона, монотерпенового спирта, 1,4-дитиопина и бензо[1,4]дитиоцина.

В качестве исходных соединений в работе были использованы 5-ментилокси- и 5-борнилокси-2(5Н)-фураноны, которые получали в реакциях мукохлорной кислоты с оптически активными монотерпеновыми спиртами в условиях кислотного катализа. Далее при взаимодействии выделенных 5(S)-стереоизомеров с пропан-1,3-дитиолом и 1,2-фенилендиметантиолом в присутствии основания в ацетоне были получены оптически активные бис-тиоэфиры, в молекулах которых два ненасыщенных лактонных цикла связаны по атомам углерода C(4) посредством фрагмента дитиола. На следующей стадии бис-тиоэфиры были вовлечены в реакции с соответствующими дитиолами, проводимыми в ДМФА в присутствии гидроксида калия. Показано, что в данных условиях наблюдается разрыв связи C(4)–S и перетилирование молекул бис-тиоэфиров с образованием новых оптически активных би- и трициклических сернистых систем на основе 2(5Н)-фуранона. Строение синтезированных соединений доказано методами спектроскопии ИК, ЯМР и методом рентгеноструктурного анализа, состав подтвержден данными метода масс-спектрометрии высокого разрешения.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-73-00261,  
<https://rscf.ru/project/24-73-00261>*

## **СЕКЦИЯ 5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И IT**

# ENHANCED GEARBOX FAULT DETECTION USING WAVELET TRANSFORMS AND XGBOOST

Al Ouatiq Hassan, Pronin Sergey Petrovich

*Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia*

*alouatiq@mail.ru*

Early detection of gearbox faults is crucial to prevent downtime and reduce maintenance costs. Traditional methods may not capture transient features associated with early-stage faults. Previous studies have demonstrated that wavelet transforms are effective for feature extraction from vibration signals [2,4]. Machine learning algorithms, particularly ensemble models like XGBoost, have shown great potential in fault diagnosis due to their robustness and predictive power [3,5].

To leverage these advantages, we apply a combination of wavelet transforms and the XGBoost classifier for enhanced fault detection. The Discrete Wavelet Transform (DWT) decomposes a signal  $x(t)$  into approximation and detail coefficients, effectively isolating transient and non-stationary features [1].

$$A_j[n] = \sum_k x[k]h[2n - k], \quad D_j[n] = \sum_k x[k]g[2n - k], \quad (1)$$

where  $h[n]$  and  $g[n]$  are filter coefficients.

From the wavelet coefficients, statistical features such as mean, standard deviation, skewness, kurtosis, and energy are extracted to capture signal characteristics [2].

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_i, \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (c_i - \mu)^2}, \\ \gamma &= \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (c_i - \mu)^3}{\sigma^3}, \quad \kappa = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (c_i - \mu)^4}{\sigma^4}, \\ E &= \sum_{i=1}^N c_i^2. \end{aligned} \quad (2)$$

The XGBoost classifier, known for its performance and scalability, uses gradient boosting to enhance fault classification accuracy [5]. The objective function minimized by the model is:

$$\mathcal{L}(\phi) = \sum_{i=1}^n l(y_i, \hat{y}_i) + \sum_{k=1}^K \Omega(f_k), \quad (3)$$

where  $l$  is the loss function,  $f_k$  are regression trees, and  $\Omega$  is the regularization term.

The experimental results indicated that the combined use of wavelet transforms and the XGBoost classifier significantly enhances classification accuracy in detecting gearbox faults. By effectively capturing transient and non-stationary signal features, this approach improved the reliability of fault diagnosis, a finding that aligns with results from previous studies [3].

In conclusion, integrating wavelet transforms with XGBoost provides a robust method for gearbox fault detection by extracting critical signal features and delivering reliable classification results. This combined technique is advantageous for pDM strategies, as it reduces the risk of unexpected failures and associated downtime.

1. Ogaili A. F. Enhanced fault detection of wind turbine using extreme gradient boosting technique based on nonstationary vibration analysis / A. F. Ogaili, M. N. Hamzah, A. A. Jaber // Journal of Failure Analysis and Prevention. – 2024. – DOI:10.1007/s11668-024-01894-x.
2. Toma R.N. Bearing fault classification of induction motors using discrete wavelet transform and ensemble machine learning algorithms / R. N. Toma, J. M. Kim // Applied Sciences. – 2020. – vol. 10. – no. 15. – p. 5251. – DOI: <https://doi.org/10.3390/app10155251>
3. Xie J. A novel bearing fault classification method based on XGBoost: The fusion of deep learning-based features and empirical features / J. Xie, Z. Li, Z. Zhou, S. Liu // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2020. – DOI:10.1109/TIM.2020.3034857
4. Patnaik B. MODWT-XGBoost based smart energy solution for fault detection and classification in a smart microgrid/ B. Patnaik, M. Mishra, R. C. Bansal, R. K. Jena // Applied Energy. – 2021. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116578

5. Chen T. XGBoost: A scalable tree boosting system / T. Chen, C. Guestrin. // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2016. – pp. 785-794. – DOI:10.1145/2939672.2939785.

## ОРБИТАЛЬНОЕ МАНЕВРИРОВАНИЕ ЗА СЧЁТ ЭНЕРГИИ КАЧАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ

А.М. Голубев

*МБОУ СОШ №12, Королёв, Московская область, Россия*

*lexg888@mail.ru*

В работе продолжается обсуждение применения свойств центрального гравитационного поля Земли для управления движением космических аппаратов (КА). Объектом изучения являются тросовые системы. В работе Екимовской А.А. было предложено использовать энергию вращательного движения для орбитального маневрирования [1]. По сути – это новый вид КА [2]. В этой работе предлагается использовать для маневрирования энергию качательного движения КА. Подобные исследования выполнялись в РКК «Энергия» им. С.П.Королёва [3]. Цель работы заключается в совместном использовании энергии качательного и вращательного движения КА. Пусть сначала тросовая система ориентирована горизонтально. Так как длина троса  $L$  намного меньше удаления от центра Земли, то общая удельная (Дж/кг) потенциальная энергия равна

$$E_{n1} = \frac{-2\mu}{r}, \text{ но после поворота системы на прямой угол она равна } E_{n2} = \frac{-\mu}{r-L} + \frac{-\mu}{r+L}.$$

Изменение энергии системы  $\Delta E_n = E_{n2} - E_{n1} = \frac{-4\mu L^2}{r(r^2 - L^2)}$ . Потенциальная энергия уменьшилась, значит,

кинетическая энергия увеличится. Определяем скорость двух КА при вертикальной связке

$$-\Delta E_n = E_k; \quad V_{dop} = \sqrt{\frac{4\mu L^2}{r(r^2 - L^2)}}.$$

Для стандартной опорной орбиты высотой 200 км и длине троса 50 км дополнительная от качательного движения скорость равна 29,6 м/с. Такое значение скорости существенно для орбитальных манёвров. Достаточно отметить, что для возвращения космонавтов на Землю требуется торможение приблизительно 100 м/с. Таким образом, доказано, что тросовая система на низких орбитах является альтернативой химическому топливу.

1. Екимовская А.А., Дроботов В.Б. Проектно-баллистический анализ манёвра вращающейся тросовой космической системы / 21-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 21-25 ноября 2022 года. Москва. Тезисы. – М.: Изд-во «Перо», 2022 – 617 с. – С.326-327. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=50102165>
2. Екимовская А.А. Вращающиеся системы – новый вид космических аппаратов / Молодёжь и будущее авиации и космонавтики. Сборник аннотаций конкурсных работ XIV Всероссийский межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов 21-25 ноября 2022 г. Москва, 2022. С. 112-113. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=49907701>
3. Осипов В.Г., Шошунов Н.Л. Космические тросовые системы: история и перспективы / Земля и Вселенная. Космонавтика. – Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П.Королёва. - №4, 1998.

## УМЕНЬШЕНИЕ МАССЫ КОРПУСА ЁМКОСТИ ПРИ ЗАМЕНЕ ТРАДИЦИОННОГО ТОРА ЛЕПЕСТКОВОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ

А.А. Екимовская

*ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт», Москва, Россия*

*any\_ekimovskaya03@mail.ru*

Объектом исследования являются корпуса космических аппаратов и ёмкости общего назначения. Оптимизация конструкции выполнена по максимальному отношению объёма к площади поверхности [1]. Такой критерий согласуется с системным подходом к проектированию новой техники, так как соответствует максимальной вместимости ёмкости при минимальной массе [2]. Изучены две конструкции для проведения сравнительного анализа на предмет объёмно-массовых и габаритных характеристик - тор и кольцевая конструкция из сферических сегментов, то есть лепестковый тор. Дополнительным требованием является наличие нескольких герметичных отсеков, разделённых круговыми перегородками. Такое требование следует из множества целевых задач и безопасности эксплуатации техники, например, при хранении различных веществ. В качестве показателя качества выбрана масса, то есть общая площадь поверхности внешней оболочки и внутренних перегородок, выполненных из одинакового листового материала. В обеих конструкциях количество отсеков, перегородок, объём и радиус центральной линии одинаковые. Сферические сегменты в кольцевой конструкции корпуса выполнены с двумя оптимальными срезами и одной перегородкой, рассчитанными по критерию максимального отношения объёма открытой ёмкости единичного модуля к площади её поверхности [3]. Результатом работы стало доказательство факта, что составная конструкция из сферических сегментов с перегородками на 2,3-4,2% легче аналогичного корпуса-тора того же объёма с тем же количеством внутренних перегородок.

1. Волоцув В.В., Ткаченко И.С. Введение в проектирование космических аппаратов: уч. пос. – Самара: Изд. Самарского ун-та, 2018. – 144 с.
2. Бусленко Н.П. Лекции по теории сложных систем. – М.: Советское радио, 1973.
3. Екимовская А.А. Герметичная ёмкость из сферических слоёв / Патент на полезную модель RU 226295, рег. 30.05.2024. Публ. от 30.05.2024, Бюлл. №16.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ВИДЕОПОТОКАХ

А.К. Зверева

*Московский физико-технический институт (МФТИ), Москва, Россия*

*zvereva.ak@phystech.edu*

Гибридные архитектуры нейронных сетей предоставляют эффективные инструменты для анализа пространственно-временных данных, включая задачи обнаружения аномалий в видеопотоках [1]. В представленном исследовании разработаны модели, которые объединяют сверточные нейронные сети (CNN) для извлечения пространственных признаков и рекуррентные нейронные сети (LSTM) или трансформеры для анализа временных зависимостей [2]. Такая интеграция позволяет достичь высокой точности при обработке больших объемов видеоданных, сохраняя вычислительную эффективность, что делает предложенные подходы подходящими для использования в условиях ограниченных ресурсов, таких как мобильные устройства [3].

Эксперименты, проведенные на наборе данных UCF-Crime, показали, что разработанная архитектура MobileNetV2 + LSTM обеспечивает высокую точность классификации аномалий, достигая AUC 0.98. Это превосходит существующие решения и подчеркивает потенциал гибридных подходов в решении задач видеонаблюдения. Представленные результаты подтверждают возможность применения предложенных моделей для анализа данных в реальном времени, что открывает новые перспективы для автоматизированных систем безопасности.

1. F. Deng, Z. Chen, Y. Liu, S. Yang, R. Hao, L. Lyu, A novel combination neural network based on convlstm-transformer for bearing remaining useful life prediction, *Machines* 10 (12) (2022) 1226. doi:10.3390/machines10121226.
2. A. Salaiwarakul, S. Mungklachaiya, A simple deep learning model for classifying oranges in embedded manufacturing settings, *SSRN Electronic Journal* (2023). doi:10.2139/ssrn.4411804.
2. O. Sánchez, K. Castañeda, S. Vidal-Méndez, D. Carrasco-Beltrán, N. E. Lozano-Ramírez, Exploring the influence of linear infrastructure projects 4.0 technologies to promote sustainable development in smart cities, *Results in Engineering*, 23 (2024) 102824.



# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Е.В. Котенев, А.А. Ворганов

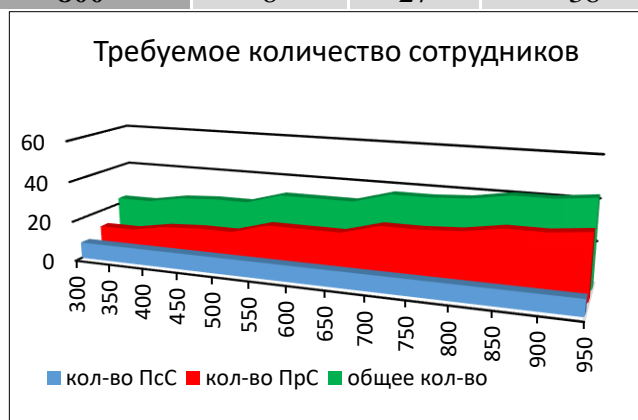
*РТУ МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия*

*kotenew@bk.ru, voranov\_a@mirea.ru*

Для функционирования менеджеру жизненно важным является способность применять информационно-аналитические технологии. Входные и выходные документы постоянно усложняются и увеличиваются в объёме [1].

Эффективный менеджмент требует применения современных информационно-аналитических технологий. Важным вопросом является: разработка и внедрение перспективных моделей, имеющих цель оптимизации процесса управления и функционирования системы. Для эффективного управления, в условиях цифровизации, рациональным является распределение группы сотрудников, на подгруппы различного функционала. Для чего рациональным является распределение сотрудников, внутри каждой подгруппы (направления) на постоянный состав (ПсС) и переменный состав (ПрС). А также оперативное перераспределение сотрудников, а именно ПрС между ПсС в коллективе, с учётом их возможностей и объема входного потока сообщений. Для практической реализации актуально использование теории массового обслуживания.

Входящ. поток сообщ.	кол-во ПсС	кол-во ПрС	общ. кол-во
300	8	12	23
350	8	12	23
400	8	15	26
450	8	16	27
500	8	16	27
550	8	21	32
600	8	21	32
650	8	21	32
700	8	26	37
750	8	26	37
800	8	27	38



1. Котенев Е.В. Совершенствование математических методов анализа и прогнозирования экономической безопасности субъекта Российской Федерации в условиях внешнеполитической неопределенности // Современные проблемы и перспективы социально-экономического развития предприятий, отраслей, регионов. Сб. статей научно-технической конф-ции / Йошкар-Ола: Изд-во: ПВГУС, 2023 – 107 с.

## ПРОГРАММА РАСЧЁТА УСТОЙЧИВЫХ ФОРМ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Т.А. Мерзликин

*МБОУ СОШ №12, Королёв, Московская область, Россия*

*t.merzlikin@bk.ru*

Цель работы заключается в математическом расчёте устойчивых строительных сборок. Это сборки, которые сложены из отдельных блоков, не закреплённых друг с другом, лежащих под действием только сил тяжести. Доказательством правильности полученных результатов являются Египетские Пирамиды, блоки которых уже тысячелетия надёжно лежат один на другом. Новым результатом является компьютерный математический расчёт внутренней части сооружения по обводу его внешней части. Иными словами, сколько материала можно извлечь изнутри сооружения, чтобы конструкция не обрушилась? Такая задача актуальна также для горных выработок. Программа расчёта реализована в редакторе EXCEL и на языке программирования C#. Правильность работы программы проверена на известных архитектурных сооружениях. В предыдущих работах были изучены устойчивые строительные арки из одинаковых прямоугольных блоков [1]. Потом был построен устойчивый купол из круговых секторов [2]. Новая задача появилась из требования устойчивости сооружения, пока только в виде арки. Математик должен рассчитать, какую максимальную часть материала под внешним обводом можно удалить, чтобы арка не обрушилась, то есть прямоугольные блоки теперь уже различной длины продолжали устойчиво лежать друг на друге, как в Египетских Пирамидах. Математически задача свелась к вычислению координаты центра тяжести любой, произвольной вышележащей части арки над любым горизонтальным сечением. Этот центр тяжести не должен выходить за лежащую под ним опору, иначе конструкция опрокинется. Для простейшего случая, для треугольной арки, задачу удалось решить геометрическим методом на основе теоремы Фалеса и подобных треугольников. Более сложные внешние архитектурные обводы были изучены компьютерным методом. В работе показаны примеры архитектурного проектирования интерьера по заданному внешнему виду арки. Изучение истории архитектуры позволило открыть совершенно новое математическое направление – поддерживающие кривые и поверхности. Новое направление работы – проектирование горных выработок, когда по форме внешнего рельефа местности требуется определить допустимую выборку материала из шахты.

1. Мерзликин Т.А. Устойчивые укладки строительных материалов / V Всероссийская с международным участием школа-конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Материалы и технологии XXI века». 30 ноября – 2 декабря 2022 г. - Отв. ред. А.В. Герасимов. [Электронный ресурс] – Казань.: КФУ, 2022. – С.287. - [https://kpfu.ru/portal/docs/F2043986325/Book.of.abstracts.MT21\\_2022.\\_1\\_.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F2043986325/Book.of.abstracts.MT21_2022._1_.pdf)
2. Мерзликин Т.А. От устойчивой арки к устойчивому куполу как перспективному стартовому столу для ракет-носителей / Пилотируемые полёты в космос. Материалы XV Международной научно-практической конференции 15-17 ноября 2023 г. - Московская область, Звёздный городок, Центр подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина. - 426 с. - С.373-374.

# ЯКОБИАН СФЕРИЧЕСКОГО БАРЬЕРА С ПРЕЛОМЛЕНИЕМ ДЛЯ РАСЧЕТА ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПЫЛЕННЫХ АТОМОВ

А.И. Мусин<sup>а</sup>, В.Н. Самойлов<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Вятский государственный университет, Кировская область, Киров, Россия

<sup>б</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

ai.musin@physics.msu.ru

При ионном распылении поверхности твердых тел важную роль играет последняя стадия – эмиссия атомов с поверхности. В классической теории П. Зигмунда предполагается, что при эмиссии атом должен преодолеть плоский потенциальный барьер, высота которого  $E_b$  равна поверхностной энергии связи. На таком потенциальном барьере начальная энергия и полярный угол  $E_0$  и  $\theta_0$  преобразуются в конечные  $E$  и  $\theta$  в соответствии с законом сохранения энергии  $E = E_0 - E_b$  и законом преломления  $\sin\theta_0 = n \sin\theta$ , где  $n^2 = E/(E + E_b)$ .

Начальная функция распределения распыленных атомов  $F_0(E_0, \cos\theta_0)$  и наблюдаемая (конечная) функция распределения распыленных атомов  $F(E, \cos\theta)$  связаны соотношением  $F = F_0 \cdot D$ , где  $D = \partial(E_0, \cos\theta_0)/\partial(E, \cos\theta)$  – якобиан перехода. Для плоского потенциального барьера можно получить выражение  $D^{(0)} = n^2 \cos\theta / \cos\theta_0$ .

В работе был рассчитан якобиан перехода для случая сферического потенциального барьера с преломлением. Такая форма потенциального барьера была предложена М.В. Кувакиным [1]. Кривизна этого барьера  $\gamma = \alpha/R$ , где  $R$  – радиус сферы,  $\alpha$  – расстояние от полюса сферы до поверхности мишени. Центр сферы, начальное положение эмитируемого атома и полюс сферы находятся на одной вертикальной прямой. Атомы, вылетающие близко к поверхности ( $\theta_0 \approx 90^\circ$ ), не распыляются, потому разумно приближение малых углов, для которых  $D(\gamma) = D^{(0)}/(1 - \gamma + n\gamma)^2$ . Плоский барьер является частным случаем такого барьера при  $\gamma = 0$ .

С помощью якобиана  $D$  численно были рассчитаны конечные функции распределения  $F$  для различных начальных функций распределения  $F_0$ , а не только для функции распределения П. Зигмунда  $F_0 = \cos\theta_0/E_0^2$ .

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова [2].

1. М.В. Кувакин и др. *Письма в ЖТФ*. 1979. Т. 5, № 19. С. 1200-1203.
2. V.I. Voevodin et al. *Supercomputing Frontiers and Innovations*. 2019. V. 6, no. 2. P. 4–11.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ ВАКУУМНУЮ КАМЕРУ НАКОПИТЕЛЬНОГО КОЛЬЦА СИНХРОТРОНА

И.Д. Садофьев

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

*IDSadofev@mephi.ru*

В настоящее время синхротронное излучение (СИ) пользуется высоким спросом в различных областях науки (материаловедение, биология, медицина и т.д.), что обуславливает модернизацию существующих синхротронов и строительство новых. Одним из способов оценки безопасности конструкции синхротрона является моделирование радиационных полей методом Монте-Карло.

В данной работе с помощью программного пакета GEANT4 проведены расчёты радиационных полей, создаваемых электронами с энергией до 6 ГэВ (соответствует синхротрону ESRF, Франция, и будущему синхротрону СИЛА, Россия) при прохождении через газовую мишень, состав которой идентичен составу остаточного воздуха вакуумных камер накопительного кольца синхротрона. Предложены значения плотностей мишени для разных её длин, дающие результат с неопределённостью не более 5%. Были получены спектральные и угловые распределения излучений, а также пространственное распределение мощности эффективной дозы общего облучения вблизи вакуумной камеры накопительного кольца синхротрона. Для построения геометрии объектов сложной формы (стенок вакуумной камеры и элементов магнитно-оптической системы) использовался интерфейс CADMesh [1]. Данные по мощности эффективной дозы общего облучения получены на основе рассчитанной плотности потока путём использования переходных коэффициентов, приведенных в 119 Публикации ICRP [2].

1. C. Poole et al. A CAD interface for GEANT4. // Australasian physical & engineering sciences in medicine. – 2012. – №35. – P. 329-334.
2. ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41(Suppl.).

## ОБЗОР ТЕОРИИ КУМУЛЯТИВНОГО ПРОБИВАНИЯ, ОСНОВАННОЙ НА МЕТОДАХ ТФКП

Д.А. Тукмаков

*КазНЦ РАН ИММ, Казань, Россия*

*tukmakovda@imm.knc.ru*

Представлен обзор работ [1-10]. Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан».

1. Лаврентьев М.А. Избранные труды. Математика и механика. М.: Наука, 1990. 600 с.
2. Поздняков З. Г., Росси Б.Д. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. Москва: «Недра», 1977. 253 с.
3. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. Москва: Наука, 1979. 536 с.
4. Белинский П.П. Общие свойства квазиконформных отображений. Москва: Наука. 1974. – 100 с.
5. Бердичевский В.Л. Вариационные принципы механики сплошной среды. Москва: Наука, 1983. 447 с.
6. Тукмаков Д.А. Численное исследование влияния электромагнитного поля на гравитационное осаждение газовзвеси//Вестник Димитровградского инженерно-технологического института. 2018. №3. С. 52-59.
7. Тукмаков Д.А. Численное моделирование обтекания пластины потоком электрически заряженной двухфазной среды // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2019. № 1
8. Тукмаков Д.А. Численное моделирование ударно-волнового течения в нейтральной и электрически заряженной газовзвеси // Advanced science, 2019. №4. С.16-22.
9. Тукмаков Д.А. Численное исследование скоростного скольжения фаз при прохождении ударной волны малой интенсивности из чистого газа в запылённую среду // Многофазные системы, 2019, том 14, №2, С. 125-131.
10. Тукмаков Д.А. Аналитическая модель гравитационного осаждения дисперсной примеси в движущемся потоке// Многофазные системы. 2024. Т. 19. №1s. С.110-112.

## ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ДОПОЛНЕНИЮ ОРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «АРКТИКА-М» ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ СПУТНИКОМ

А.Б. Цуркан

*МБОУ СОШ №12, Королёв, Московская область, Россия*

*piti55@bk.ru*

Актуальность задачи наблюдения из космоса северных районов следует из промышленного освоения новых территорий. Космические аппараты (КА) позволяют быстро оценивать обстановку на Севере, но для этого надо иметь соответствующую группировку. В настоящее время такая группировка создаётся и предполагает размещение четырёх спутников «Арктика-М» на орбитах типа «Молния», но требует продолжать проектно-баллистический анализ [1]. Нужны новые подходы к синтезу орбитальных систем [2]. Цель работы заключается в увеличении оптического разрешения фотографий из космоса для метеонаблюдений [3]. Предлагается, систему из двух спутников «Арктика-М1» и «Арктика-М2» [3] дополнить новым КА с условным названием «Арктика-Д» на круговой полярной орбите с наклоном  $i = 90^0$  и высотой над поверхностью Земли  $h = 10392$  км. Период обращения КА по такой орбите равен 6 часов. Дополнительный спутник «Арктика-Д» обладает двумя преимуществами по сравнению с КА «Арктика-М1». Во-первых, высота орбиты в 4 раза ниже, поэтому оптическое разрешение в 4 раза больше, можно даже поставить цель визуального наблюдения кораблей на Северном морском пути. Во-вторых, дополнительный спутник «Арктика-Д» поднимается до Северного полюса, с которого ДЗЗ более благоприятно. Более того, два одновременных визуальных наблюдения позволяют выполнить стереосъёмку поверхности. Для наглядности изготовлена демонстрационная модель с орбитами трёх КА, подобная ранее запатентованному авторскому устройству [4]. Получено положительное решение о выдаче второго авторского патента на полезную модель по новой учебной установке [5].

1. Екимовская А.А., Дроботов В.Б. Проектно-баллистический анализ манёвра вращающейся тросовой космической системы / 21-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 21-25 ноября 2022 года. Москва. Тезисы. – М.: Изд-во «Перо», 2022 – 617 с. - С.326-327. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=50102165>
2. Екимовская А.А. Вращающиеся системы – новый вид космических аппаратов / Молодёжь и будущее авиации и космонавтики. Сборник аннотаций конкурсных работ XIV Всероссийский межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов 21-25 ноября 2022 г. Москва, 2022. С. 112-113. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=49907701>
3. Арктика-М. Планета Земля за последние сутки. Скачайте самые свежие снимки планеты Земля. URL: <http://arctic.ntsomz.ru/>
4. Цуркан А.Б. Демонстрационный макет для изучения орбит космических аппаратов. – Патент на полезную модель RU 223012 U1 (действует), приоритет 16.10.2023, заявка 2023126392, публ. 26.01.2024, Бюлл. №3.
5. Цуркан А.Б. Учебная модель для зрительного восприятия расположения в пространстве нескольких орбит космических аппаратов. Положит. реш. о выдаче пат. на пол. модель. – Заявка на пат. на полезную модель RU 2024129701 U от 03.10.2024.

## **СЕКЦИЯ 6 РОБОТОТЕХНИКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО**



## МОДЕРНИЗАЦИЯ РОЛИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ В SLAM С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

П.А. Анисимов, А.В. Васин

*НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия*

*anisimov.pa@nntu.ru*

Перспективным направлением в развитии акустического SLAM являются воздушные сонары на основе массивов преобразователей, предполагающие уход от эксплуатации единичных оценок расстояний для построения карт препятствий. Техники формирования луча, применяемые на многоканальных эхосигналах, позволяют получить однократную оценку множества расстояний, но удовлетворительную производительность они показывают лишь в окружениях с точечными отражателями, практически отсутствующих в реальных окружениях, а также требуют особого внимания к аппаратной реализации [1]. Для решения проблемы более точной реконструкции элементов реальных окружений было предложено использовать нейронные сети (НС), для обучения которых необходимые эталонные примеры производились с помощью лидара, работающего синхронно с массивом УЗД. Метод исследования предполагал сбор данных и проверку гипотез в вычислительных экспериментах. Для опытов по сбору данных создан мобильный стенд, в основе которого лежал линейный массив из трёх УЗД собственного производства, а также лидар Hokuyo UTM-30LX. Управление всеми датчиками во время эксперимента производилось с помощью программы ПК на основе Robot Operating System (ROS), а частота сбора данных имела 25-26 Гц при длительности эхосигналов 8 мс. Измерительные опыты включали в себя препятствия различных форм и размеров, а полученные наборы данных содержали от 3 до 50 тысяч аннотированных образцов. Вычислительные эксперименты с обученными моделями, в ряд которых входили многослойный перцептрон, свёрточный автоэнкодер (предложенный в [2]) совместно с неадаптивным формирователем луча, а также MLP-Mixer, показали результаты, мотивирующие дальнейшее развитие подхода. Аналогичный подход, описанный в [2], опирается на применение сонара eRTIS, снабжённого формирователем луча, а сама задача реконструкции была представлена авторами как обратная задача рассеивания.

1. Wu L. et al. An ultrasound imaging system with on-chip per-voxel RX beamfocusing for real-time drone applications //IEEE Journal of Solid-State Circuits. – 2022. – Т. 57. – №. 11. – С. 3186-3199.
2. Balemans N., Hellinckx P., Steckel J. Predicting lidar data from sonar images //IEEE Access. – 2021. – Т. 9. – С. 57897-57906.

## АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.С. Дорофеев

*ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт», Москва, Россия*

*dorofeevvadimx@yandex.ru*

Научное направление исследований фактически связано с задачами навигации [1]. Но под навигацией обычно понимают определение местоположения объекта в географических координатах [2]. В представленной работе цель заключается в как можно более точном определении координат объекта, но только в заданном помещении (цех завода, предприятия, лаборатория и т.д.). Небольшая площадь помещения позволяет отказаться от радиосигналов и перейти к звуковым волнам. Для реализации предлагаемого способа позиционирования на объекте размещается излучатель звуковых волн, а в нескольких точках помещения устанавливаются приёмники звука. По разности хода звуковых волн от излучателя до приёмников вычисляются координаты объекта. В условиях помещения это рационально, потому что акустическая аппаратура на 3-4 порядка дешевле сложных электромагнитных устройств. Более того, оказалось, что нет смысла применять ультразвуковые излучатели и приёмники, потому что скорость таких сигналов сильно зависит от частоты [3]. Напротив, слышимый звук распространяется практически с одной и той же скоростью, отклонения от номинальных значений учитываются системой обработки информации [4]. Особенностью предлагаемой системы является использование свойств псевдошумовых сигналов. Такие сигналы небольшой амплитуды не мешают рабочим, но одновременно не теряются в общем фоне заводского помещения. Система реализована в виде рабочих приборов, постоянно совершенствуется. В процессе разработки находится модернизированная версия приёмника, в которой время приёма-передачи будет снижено на порядок. Изменен и оптимизирован программный код концентратора — помимо перечисленных выше функций и алгоритмов работы, система также улучшается для работы с адаптивными параметрами, которые могут либо в процессе эксплуатации явно настраиваться оператором, либо подстраиваться автоматически [5]. Ведётся работа над адаптивностью мощности передаваемых сигналов, их адаптивным изменением, увеличением и уменьшением длительности псевдошумовой последовательности, что позволяет не изменяя мощность излучения поднимать качество детектирования или повышать частоту измерений.

1. Скляр, Б. Цифровая связь: теоретические основы и практическое применение [пер. с англ. Е. Е. Грозы и др.]. — 2-е изд., испр. — Москва [и др.]: Вильямс, 2007.
2. Zigangirov K. Theory of Code Division Multiple Access Communication / K. Zigangirov — IEEE Press, 2004.
3. Filonenko, V. Asynchronous Ultrasonic Trilateration for Indoor Positioning of Mobile Phones, Doctoral thesis / V. Filonenko. — Technological University Dublin, 2012.
4. Загретдинов Р.В. Спутниковые системы позиционирования. Конспект лекций / Р. В. Загретдинов, Каз. федер. ун-т. — Казань, 2014.
5. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. — М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1962.

## РЁЛОПОДВЕСКА ДЛЯ ШАССИ ВЕЗДЕХОДА

К.Д. Кирнева

*МБОУ СОШ №12, Королёв, Московская область, Россия*

*kirneva.kristina@bk.ru*

Работа продолжает исследование практического применения треугольника Рёло. При изучении треугольника Рёло внимание было обращено на чередование дуг и вершин. Если колесо такой формы опирается на дугу, то это благоприятно для мягкого грунта, на вершину – для твёрдого. Острая вершина лучше зацепляется с мягкой поверхностью, чем традиционное колесо. Такие свойства хорошо вписывают треугольник Рёло в движитель вездеходов для неопределённых заранее опорных поверхностей. Треугольник Рёло, как и круг, является фигурой постоянной ширины, но не имеет центра вращения. Если раму планетохода подвесить на ось центра, то машина будет прыгать вверх-вниз. В работе предлагается применить сборку из двух колёс в форме одинаковых треугольников Рёло, постоянно ориентированных в противофазе. Если один опирается на дугу, то другой опирается на вершину, и наоборот. Такие колёса закреплены шарнирно на рычаге, который будет совершать качательное движение, то есть галопировать, как говорят автомобилисты. Но середина рычага всегда будет на одной высоте над опорой, как средняя линия трапеции. Значит, на середину рычага надо шарнирно подвесить раму планетохода или вездехода. Для доказательства правильности гипотезы изготовлено несколько макетов, в том числе три действующие подвески, одна из которых силовая, выдерживает вес человека. Модель испытана на различных поверхностях: камни, бугры, лестница с низкими ступеньками по размеру рёлоколёс, канавы и т.д. Все препятствия, соизмеримые с размером рёлоколёс, модель успешно преодолела. Подана авторская заявка на патент на изобретение, получено положительно решение о выдаче патента [1], подготовлена заявка на полезную модель. Перспектива исследования – изготовление реальной опытной ведущей тележки для автомобиля-вездехода.

1. Кирнева К.Д. Многоосное шасси транспортного средства с колёсами в форме треугольников Рёло / Заявка на патент а изобретение RU 2024112945 от 14.05.2024. Положительное решение о выдаче патента на изобретение.

## МЕХАНИЗМ РОБЕРВАЛЯ-ЛИПКИНА ДЛЯ ВЕСОВ БЕЗ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ ЧАШЕК

М.М. Конорева

*МБОУ Гимназия №3, Королёв, Московская область, Россия*

*maryakonor@mail.ru*

Идея работы появилась после изучения вращающихся космических систем, в которых на движение составных частей накладываются ограничения по направлениям скоростей [1]. Похожие ограничения встретились на уроке физики, когда выполнялся демонстрационный опыт на закон Архимеда, чашка весов сместилась, вода пролилась мимо стакана [2]. Почему произошёл пролив воды мимо стакана? Во время поворота рычага чашка с водой смещается в сторону, удаляется от стакана с вытесняемой водой. Появилась задача создания весов с вертикальным движением чашек во время процесса взвешивания, то есть без их горизонтального смещения. Цель работы заключается в создании надёжных лабораторных весов для демонстрационных опытов по физике. Для достижения этой цели была решена техническая задача обеспечения строго вертикального движения обеих чашек весов, без их горизонтального смещения. Для решения этой задачи автором было предложено применить механизм Липкина совместно с механизмом Роберваля [3]. Было предложено новое устройство под названием сдвоенный механизм Липкина [4]. Новый механизм получается из традиционного устройства центрально симметричным отображением известной схемы. Пара новых сдвоенных механизмов Липкина была связана двумя вертикальными шатунами, как в весах Роберваля. На таких весах, например, можно демонстрировать опыт с «Ведёрком Архимеда» без опасения пролить воду мимо стакана. Но оказалось, что механизм новых весов, которые автор назвала весами Роберваля-Липкина из-за совмещения изобретений двух учёных, имеет широкое применение в технике: автомобильные подвески, точное машиностроение, системы управления и т.д. Подана авторская заявка на патент на изобретение [4].

*Работа выполнена в кружке «Юный физик – умелые руки» МБОУ «Гимназия №5» города Королёва при поддержке Благотворительного фонда «Образование+».*

1. Екимовская А.А. Прочность и орбитальное маневрирование тросовых космических систем / XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых). Международная молодёжная научная конференция, посвященная 60-летию со дня осуществления Первого полета человека в космическое пространство и 90-летию Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева - КАИ. Материалы конференции. Сборник докладов. В 6-ти томах. Казань, 2021. С. 81-88. - <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48162732>
2. Лабораторное оборудование. Ведёрко Архимеда. - <https://market.yandex.ru/product--vederko-arkhimeda/65141937?sku=102762899592&uniqueId=687738>
3. Андреев Н.Н. и др. Весы Роберваля. Математические этюды. Электронный ресурс: <https://etudes.ru/etudes/parallelogram/6/>
4. Конорева М.М. Направляющий рычажно-шарнирный механизм для одновременного прямолинейного движения двух точек в противоположных направлениях. – Заявка на патент на изобретение RU 2024128552, приоритет от 26.09.2024.

## **СЕКЦИЯ 7 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

## КАК ЗАНЯТИЯ ХИМИЕЙ В ИГРОВОЙ ФОРМЕ ВЛИЯЮТ НА ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЪЕМ УЧЕНИКОВ

П.Э. Авакян, СА. Скоморохов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия

polinaavakan@gmail.com

Актуальность: Стимулирование познавательной активности учащихся всегда было и остается одной из центральных проблем педагогики. Традиционные уроки являются одним из методов обучения, но интерактивные игры становятся эффективным инструментом для пробуждения познавательного интереса. Игра выступает как форма "радостного обучения", что осознают все участники игрового процесса [1]. Педагоги используют игры для социализации и взаимодействия ребенка с миром, а также для воспитания, развития и обучения [2].

Целью работы было определить как занятия химией в игровой форме влияют на эмоциональный подъем учеников.

Исследование проводилось на базе химического факультета ЮФУ г. Ростов-на-Дону для определения эмоций после квеста. Были подобраны интерактивные игры, способствующие повышению знаний по химии и улучшению эмоционального состояния. Для оценки влияния игр был проведен контрольный опрос и анкетирование. В исследовании участвовали 21 ученика 8-10 классов.

Что вам больше нравится: учиться с помощью игр или традиционных уроков?  
21 ответ

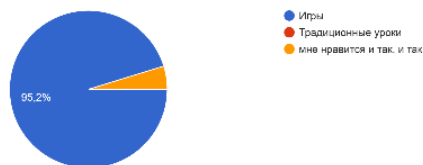


Диаграмма №1

Оцените, пожалуйста, ваши эмоции после занятия в виде игры, используя шкалу от -3 до 3:  
21 ответ

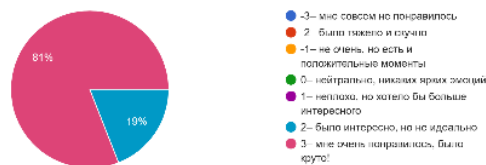


Диаграмма №2

### Заключение.

Опрос показывает высокий интерес школьников к обучению через игры и положительное влияние игрового процесса на уверенность и мотивацию. Проведение квестов и интерактивных игр улучшает эмоциональное состояние учащихся, что может повысить их успехи в химии. Это открывает возможности для внедрения игровых методов в образовательный процесс, особенно в сложных предметах.

1. Гладкая Е.Ф. Игра как средство активизации познавательной деятельности студентов // Высшее образование в России. 2018. Т. 27, № 10. С. 161–167.
2. Левшина Н.И., Градусова Л.В. Формирование коммуникативной компетентности детей дошкольного возраста в игровой деятельности // Детский сад: теория и практика. - 2014. - № 6 (42). - С. 94-103.

## ИГРОВЫЕ ФОРМЫ В ПРОФОРИЕНТАЦИИ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

К.Д. Будник, М.Г. Волкова

*Химический факультет, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

*budnik@sfedu.ru*

В условиях стремительного развития науки и технологий перед современными школьниками встает необходимость осознанного выбора будущей профессии. Вопрос профориентации становится важным этапом в жизни учащихся, помогая им понять свои интересы, раскрыть таланты и принять осознанное решение в выборе дальнейшего пути. Химический факультет Южного федерального университета (ЮФУ) активно работает над тем, чтобы познакомить школьников с профессией химика и показать им возможности мира науки.

Целью работы было изучение возможности применения игровых форм в профориентационной работе со школьниками по химии.

На химическом факультете ЮФУ профориентационная работа проводится регулярно, при этом особое внимание уделяется тому, чтобы школьники разных возрастных групп могли познакомиться с профессией химика. Для учеников средней школы (8–9 классы) игровая форма является наиболее эффективным методом: она позволяет познакомиться с основами химии в непринужденной и увлекательной обстановке, вовлекает их в процесс и вызывает живой интерес к предмету. Помимо викторин для данной возрастной группы проводятся химические квесты, а также сюжетно-ролевые игры. Эти формы не только способствуют развитию логического мышления, внимания и навыков работы в команде, но и подталкивают к раздумьям о собственном будущем, давая возможность получить представление о том, чем занимается химик в реальной жизни.

Профориентационная работа с использованием игровых форм стала неотъемлемой частью мероприятий на химическом факультете ЮФУ. Ежегодно число участников таких мероприятий возрастает, что подтверждает их эффективность и востребованность. Неформальная атмосфера, элемент соревновательности и возможность проявить свои способности в игре вызывает повышенный интерес к химии, как к дисциплине, так и к профессии, мотивируя школьников к обучению и углубленному изучению предмета, а также позволяя лучше понять, готовы ли они связать свою жизнь с химией.



## ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ НА БАЗЕ СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА

П.Е. Вертий, В.Н. Севастополева, М.Г. Волкова

*Химический факультет, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

*vertii@sfnedu.ru*

Исследовательская деятельность является уникальной технологией развития, активизирует мыслительные способности школьников, является для них дополнительной мотивацией к обучению и получению новых знаний [1]. Поэтому ее успешная организация и реализация являются одной из актуальных проблем педагогики. Особое внимание направлено на проведение исследований в области естественных наук, подразумевающих проведение эксперимента. Для решения данной проблемы химический факультет Южного федерального университета (ЮФУ) предоставляет возможность выполнения исследований обучающимся старших классов.

Целью работы является рассмотрение особенностей организации исследовательской деятельности на базе студенческого научного общества (СНО).

Для организации исследовательской работы, создается рабочая группа, включающая научного консультанта из состава научно-педагогических работников ЮФУ, двух кураторов, непосредственно работающих со школьниками. Темы исследований различны и, как правило, связаны с научной работой СНО «Химия для устойчивого развития». Задачи и формы организации выбираются в соответствии с потребностями участников исследования, их возрастными особенностями, уровнем подготовки и мотивацией. Обязательным элементом является экспериментальная работа в химической лаборатории ЮФУ. Результаты исследований школьники представляют на различных конференциях - от школьных до Всероссийских. Практика применения таких подходов показала высокий уровень заинтересованности участников, что подтверждается ежегодным увеличением их числа. Таким образом, организация работы на базе СНО вузов является эффективным способом решения проблемы реализации исследовательской деятельности школьников.

1. Галишева М.С., Зуев П.В. Учебно-исследовательская деятельность школьника: структурная модель и формулировка понятия // Педагогическое образование в России. – 2019. – №6. – С. 6-18.

## НАГЛЯДНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР ВРАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗ ПЕНОПЛАСТА

М.Е. Дворецкая

*МБОУ Гимназия №3, Королёв, Московская область, Россия*

*dvoretskayamaria52@gmail.com*

Тема работы появилась из практики. В школьном кружке выполняются исследования свойств различных ёмкостей для хранения жидких и сыпучих веществ. Нужно найти такую форму ёмкости, чтобы объём был как можно больше, а площадь стенки как можно меньше. Такому условию удовлетворяет сфера, в которой выполнен срез, то есть сферический слой. Это может быть единичная сфера с выполненным срезом [1]. Это могут быть две сферы с одинаковыми срезами, соединенные в одну конструкцию [2]. Наконец, это могут быть несколько сферических слоёв [3]. В каждом случае основой конструкции является сфера с выполненным на ней срезом. Когда рациональные формы ёмкостей и срезов были найдены, настало время изготовить макеты предложенных устройств. Применять дорогие аддитивные 3D технологии для создания простых и наглядных моделей нет смысла. Проще всего изготовить модели из пенопласта. Такая технология разработана в школьном кружке, но только для плоских деталей [4]. Новизной работы стало изготовление пенопластовых шаров. Такая технология тоже известна, но нагретая проволока из нихрома закрепляется в очень сложном устройстве для подвода электрического тока. Устройство было максимально упрощено. Вместо сложных узлов применены обычные электрические зажимы типа «крокодил». Оказалось, что созданное устройство имеет более широкое применение, чем предполагалось. Если вращать полуокружность, то нагретая проволока вырежет из пенопласта шар. Но если вращать другие линии, то получатся другие фигуры вращения: цилиндр, конус, псевдосфера и др. Созданная демонстрационная установка имеет не только производственную направленность, но и обучающую. С её помощью наглядно демонстрируется понятие образующей линии фигуры вращения. В школьном курсе под образующей линией понимается только прямой отрезок для цилиндра и наклонный отрезок для конуса. Созданная установка позволяет демонстрировать другие виды образующих линий.

1. Екимовская А.А. Открытая ёмкость максимального объёма с плоским дном и сферической стенкой. Патент на полезную модель RU 223867 U1, 05.03.2024. Заявка от 19.09.2023. - <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65139164>
2. Екимовская А.А. Герметичная ёмкость из сферических слоёв. Патент на полезную модель RU 226295 U1, 30.05.2024. Заявка от 11.03.2024. - <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67988800>
3. Екимовская А.А. Герметичная ёмкость из сферических слоёв с перегородками. Патент на полезную модель RU 226143 U1, 22.05.2024. Заявка от 11.03.2024. - <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67289651>
4. Эрбен Д.Б. Технология изготовления деталей из пенопласта. / Гагаринские чтения - 2022. XLVIII Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов. - М.: Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), 2022. - 162 с. - [https://gagarin.mai.ru/files/2022/Sbornik\\_shkolnikov\\_2022.pdf](https://gagarin.mai.ru/files/2022/Sbornik_shkolnikov_2022.pdf)

## ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ПАТЕНТОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ

Егорова С.С., Цуркан А.Б.

*МБОУ СОШ №12, Королёв, Московская область, Россия*

*studia-8@yandex.ru, piti55@bk.ru*

Если ученик слышал о патенте, то у него сразу появляется желание сделать открытие на уровне Нобелевской премии. Но реальность показывает, что ученикам и студентам есть смысл начинать знакомство с патентной областью с простых форм результатов интеллектуальной деятельности. Личный опыт показал, что патент на полезную модель на учебную установку из фанеры, где не требуется изобретательский уровень, был получен за три месяца. Потом можно постепенно переходить к изобретениям, но только когда появится опыт работы не только в технической области, но и в патентной деятельности [1]. Так как школьники и студенты работают в образовательных учреждениях, то постоянно видят учебные пособия. Значит, есть смысл начинать знакомство с патентной работой с полезных моделей на учебные установки. Областью исследования были выбраны космические полёты. Освоение орбит и орбитальных манёвров очень сложно для восприятия [2]. Значит, надо изготовить простые и наглядные учебные модели, которые можно патентовать. Чтобы не повторять ошибок, ученикам кружка было строго-настроено сказано: «Сначала заявка, потом выступления и публикации!» Первая полезная модель в виде учебной установки стала не отвлечённым научным пособием, а востребованным продуктом [3]. Востребованность школьного продукта доказана в четырёх направлениях: личная, административная, образовательных организаций, педагогическая. Осознав важность патентования, за три недели было получено положительное решение о выдаче патента на вторую полезную модель, тоже по механике орбитального движения [4]. Главный вывод в том, что патент – это мощный стимул воспитательной работы, но педагогическая востребованность патента обычно не упоминается в литературе. Оба патента реализованы в школьном учебном процессе.

1. Екимовская А.А., Лебедев В.В. Основы патентной работы школьников и студентов в научно-техническом кружке / Пилотируемые полеты в космос. Материалы XV Международной научно-практической конференции 15-17 ноября 2023 г. Звездный городок, 2023. С. 369-370. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=58063835>
2. Екимовская А.А. Использование энергии вращения для орбитального перехода Гомана / Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация". Сборник статей по материалам Международной молодежной научной конференции 27-29 апреля 2022 г.. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 547-550. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=49225965>
3. Цуркан А.Б. Демонстрационный макет для изучения орбит космических аппаратов. – Патент на полезную модель RU 223012 U1 (действует), приоритет 16.10.2023, заявка 2023126392, публ. 26.01.2024, Бюлл. №3.
4. Цуркан А.Б. Учебная модель для зрительного восприятия расположения в пространстве нескольких орбит космических аппаратов. Положит. решение о выдаче пат. на пол. модель. – Заявка на пат. на полезную модель RU 2024129701 U от 03.10.2024.

## ОЗНАКОМЛЕНИЕ УЧЕНИКОВ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ С ПОНЯТИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

О.В. Екимовская<sup>а</sup>, А.А. Екимовская<sup>б</sup>

<sup>а</sup> *ОАНО «Школа опережающей педагогики», Москва, Россия*

<sup>б</sup> *ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт», Москва, Россия*

*olga.ekimovskaya@icloud.com, any\_ekimovskaya03@mail.ru*

В ноябре 2024 года Научно-образовательный центр Федерального института промышленной собственности (НОЦ ФИПИ) провёл серию дистанционных занятий по интеллектуальной собственности [1]. Лекции сопровождались наглядными примерами результатов интеллектуальной деятельности (РИД). В школьном научно-техническом кружке для старшеклассников занятия по этой теме проводятся второй год по специально разработанной программе [2]. После цикла лекций НОЦ ФИПС появилось предложение начать знакомить учеников с понятием интеллектуальной собственности с возможно более раннего возраста, то есть с начальной школы. При этом не требуется оперировать сложными юридическими терминами. Было решено на конкретных примерах показать, какая интеллектуальная собственность окружает нас. Например, на первой лекции Начальник НОЦ ФИПС Д.В.Монастырский на примере бутылочки с питьевой водой, то есть первого предмета, попавшегося под руку, наглядно пояснил понятия товарного знака, промышленного образца, возможно, полезной модели и даже изобретения [1]. Такая форма занятия стала аналогом для нескольких уроков в начальной школе. Опыт школьной и студенческой патентной деятельности, постоянно развивающейся, был перенесён на младших учеников, которые теперь наперебой показывают найденные ими примеры РИД.

1. Всероссийский практикум «Твоя интеллектуальная собственность», НОЦ, Роспатент-ФИПС, 11-22 ноября 2024 г., список вебинаров, дистанционное обучение, 24 акад. ч. - 11.11.2024 - [https://vk.com/video457927039\\_456239510](https://vk.com/video457927039_456239510)
2. Екимовская А.А. Качество патентования результатов интеллектуальной деятельности в программе работы школьного кружка / Наука. Промышленность. Оборона. Труды XXV Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. – Новосибирск, 2024. – С.261-265. – УДК: 372.862. – eLibrary: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68452246&pff=1>

## ГЕЙМИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ НА ЭТАПЕ ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ

В.М. Ефимов, И.Г. Ефимова

*Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

*formik@mail.ru*

Образование неизменно остается важным элементом развития общества. Однако со временем меняются подходы к обучению: пассивное восприятие обучающимися информации от преподавателя постепенно переходит в формат активного участия ученика в процессе обучения. Студенты участвуют в семинарских и практических занятиях, в дискуссиях, лабораторных практикумах и экспедициях. В последнее время новым этапом в образовательной эволюции становится игра. Согласно мнению специалистов, игровой подход в обучении уже успел доказать свою эффективность по сравнению с традиционными методами. В современном образовательном процессе игрофикация (или геймификация) использует естественные склонности людей к соревнованиям и достижениями и имеет множество преимуществ: повышение мотивации (баллы, уровни, награды: студенты становятся более заинтересованными в учебном процессе), увеличение вовлеченности, развитие критического мышления и аналитических навыков, стимулирование сотрудничества в условиях работы в группе, улучшение усвоения материала, а также обратная связь и саморефлексия (студенты видят свои достижения и области для улучшения. Это способствует саморефлексии и помогает учащимся осознанно подходить к своему обучению.

В настоящем исследовании было показано, что введение игровых элементов позволяет повысить эффективность усвоения материала иностранными студентами на этапе довузовской подготовки по такому сложному предмету как химия. На подготовительном факультете КФУ с помощью соответствующих методик был оценен уровень усвоения материала, степень удовлетворенности учебным процессом и саморефлексия иностранных слушателей до и после использования авторской настольной игры «Химический квест».

Было установлено, что геймификация может значительно повысить интерес ребят к химии, сделать процесс обучения более увлекательным и эффективным.

## ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК В ПАТЕНТНОЙ РАБОТЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ШКОЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРО ПРЕДМЕТУ «ПРОЕКТ»

К.Д. Кирнева, Ю.В. Кирнева

*МБОУ СОШ №12, Королёв, Московская область, Россия*

*kirneva.kristina@bk.ru*

Опытный изобретатель помнит ошибки в патентовании. Но одновременно он помнит пути их преодоления. В школьном научно-техническом кружке при оформлении заявки на полезную модель обычно нет ошибок по технической реализуемости, потому что заявляется то, что уже воплощено в действующую установку. Чаще всего у Государственных экспертов по интеллектуальной собственности есть нарекания к новизне. В условиях школы нет возможности провести детальное патентное исследование на новизну технического решения, но предварительный поиск аналогов выполнить вполне реально. Значит, надо детальнее искать информацию в общедоступных источниках. Изобретательский уровень – это постоянное развитие личности в технике, праве и интеллектуальной собственности. Но дойти до заявки на патент на изобретение можно только постепенно, решая практические задачи. Исправление ошибок при подаче заявок на патенты позволяет грамотно оценивать полученные результаты в области интеллектуальной собственности, защищать их приоритетом, а потом свободно представлять для всеобщего научного обсуждения. В первой научно-исследовательской работе по патентованию выполнен анализ личных ошибок автора. Многообразие ошибок говорит о сложности патентной работы. Ошибки на внимание при оформлении документов являются обыденными для школьников, но их можно исправить. Эти ошибки приводят к увеличению длительности патентного делопроизводства. Наиболее критичны ошибки из-за незнания патентного законодательства, приводящие к утрате результатов интеллектуальной деятельности. Прежде всего, такие ошибки связаны с преждевременным раскрытием сущности технического предложения. Эта ошибка была исправлена при подаче второй заявки на патент, теперь уже на изобретение.

1. Кирнева К.Д. Многоосное шасси транспортного средства с колёсами в форме треугольников Рёло / Заявка на патент а изобретение RU 2024112945 от 14.05.2024.

## НЕПРЕРЫВНОСТЬ И СИСТЕМАТИЧНОСТЬ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

А.А. Екимовская, В.В. Лебедев

*ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт», Москва, Россия*

*any\_ekimovskaya03@mail.ru, lebedev\_v\_2010@mail.ru*

Если кратко характеризовать состояние изобретательской работы в средней школе, то достаточно одного слова: «Никак!» Школьники не имеют понятия об интеллектуальной собственности, её формах и способах защиты. В высшей школе патентная деятельность слегка начинает осваиваться студентами, которые планируют работать в научно-производственных организациях, но изучение новой области идёт медленно. Достаточно посмотреть на показатели вовлечённости студентов в патентование результатов. Причиной такого отношения к патентованию является отсутствие знаний. Получился, казалось бы, неразрешимый замкнутый логический круг. Преодолеть такую неопределённость можно только оформлением первой заявки на патент. Личный авторский опыт показал, что патентовать изобретение сложнее, чем полезную модель, потому что требуется доказывать изобретательский уровень технического решения, а также рассмотрение заявки намного более долгое [1]. Значит, сразу можно сделать вывод, что изобретательскую работу надо начинать как можно раньше, ещё в школе, чтобы к обучению в ВУЗе иметь представления и практические навыки этого вида деятельности [2,3,4]. Именно в школе есть смысл начать воспитывать правильное и серьёзное отношение к интеллектуальной собственности и к её правовой защите. Задачу знакомства с патентной деятельностью в школе можно упростить, если начать работать не с изобретениями, а с полезными моделями, что вполне доступно ученикам под руководством наставника [5,6]. Как только будет получен первый патент, изобретательская деятельность сразу становится непрерывной и систематичной, потому что появляется собственный прототип для следующих технических решений.

1. Екимовская А.А. Учебная установка для демонстрации силы натяжения вращающейся цепочки. Патент на изобретение RU 2800901. Рег. 31.07.2023 г.
2. Екимовская А.А. Открытая ёмкость максимального объёма с плоским дном и сферической стенкой. Патент на полезную модель RU 223867. Рег. 05.03.2024 г. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=65139164>
3. Екимовская А.А. Герметичная ёмкость из сферических слоёв с перегородками. Патент на полезную модель RU 226143. Рег. 22.05.2024 г. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=67289651>
4. Екимовская А.А. Герметичная ёмкость из сферических слоёв. Патент на полезную модель RU 226295. Рег. 30.05.2024 г. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=67988800>
5. Цуркан А.Б. Демонстрационный макет для изучения орбит космических аппаратов. – Патент на полезную модель RU 223012 U1 (действует), приоритет 16.10.2023, заявка 2023126392, публ. 26.01.2024, Бюлл. №3.
6. Цуркан А.Б. Учебная модель для зрительного восприятия расположения в пространстве нескольких орбит космических аппаратов. Положит. решение о выдаче пат. на пол. модель. – Заявка на пат. на полезную модель RU 2024129701 U от 03.10.2024.



## СОДЕЙСТВИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ САМООПРЕДЕЛЕНИЮ БУДУЩЕГО ПЕДАГОГА В СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ И НАСТАВНИЧЕСТВА

К.И. Сапарова

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия*

*ksusha177@bk.ru*

В работе освещен вопрос формирования профессионального самоопределения будущих педагогов на основе формирования устойчивой внутренней мотивации и формирования компетенций будущей профессиональной сферы [1]. Данный подход является логическим продолжением реализации единой концепции профориентации обучающихся на уровне общего образования [2].

Анкетирование, проведенное в 2024 году среди студентов направления подготовки 44.03.01 Педагогическое образование по специальности «Биологическое образование с двумя профилями подготовки» показывает, что лишь 57,1% респондентов планируют работать по получаемой специальности.

Для содействия профессиональному самоопределению будущих педагогов предложена система работы, основанная на реализации: системы тьюториалов на основе личностно-ориентированного картирования; программы практикумов на основе восполнения дефицитов; системы наставничества на базе результатов личностно-ориентированного картирования.

1. Попов А.А. Самоопределение: модель и способ организации / А.А.Попов, М.С.Аверков, М.А.Матюнина // Вестник Томского государственного университета. Социология. Политология, 2022. – №65. – с.154-170.
2. Приказ Министерства просвещения России от 31 августа 2023 года №650 «Об утверждении Порядка осуществления мероприятий по профессиональной ориентации обучающихся по образовательным программам основного общего и среднего общего образования» [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/53d3c69503ab48125815993c075256b0/> (дата обращения 30.10.2024)

## ПРОВЕДЕНИЕ ИГРОВЫХ МЕТОДОВ НА УРОКАХ ХИМИИ

М.Б. Махмадражабова, Н.И. Муминова

*Джизакский государственный педагогический университет, Джизак, Республика Узбекистан*

*tunikom57@mail.ru*

Переход на новые образовательные стандарты требует от всех категорий педагогических работников новых форм и методов организации учебного процесса. Но все же основной формой остается урок. Согласно требованиям ФГОС изменились и требования к современному уроку. Мотивацией для проведения уроков в нетрадиционной форме для коллектива нашей школы стали слова педагога и ученого Дж. Дьюи: «Если мы будем учить сегодня так, как мы учили вчера, то украдем у детей завтра».

Современный урок вариативен, на первый план выступает классификация не по дидактическим целям, а по активизации познавательной деятельности и методам обучения. Это уроки-конференции, «круглые столы», экскурсии, исследования, проекты, семинары. Проведение таких уроков требует от учителя не только серьезной дополнительной подготовки и использования дополнительной материально-технической базы, но и задействования в работе ресурсных центров. А такая возможность предоставляется не всегда. Мы нашли выход из этой ситуации. На протяжении нескольких лет учителя школьного методического объединения естественнонаучного цикла организуют серию метапредметных выставок.

Создание экспозиции можно рассматривать как долгосрочный коллективный межпредметный проект, в котором принимают участие:

- учителя-предметники, выступающие в роли координаторов и тьюторов;
- учащиеся разного возраста – оформители, организаторы, экскурсоводы;
- родители, которые обеспечивают помощь в подборе экспонатов выставки.

Это выставки не ради выставок. На базе созданных экспозиций учителя– предметники проводят интегрированные уроки, которые направлены не только на достижение предметных, но и личностных и метапредметных результатов обучения. Школьники всесторонне знакомятся с такими межпредметными понятиями как «измерение», «наблюдение». Базовые понятия «вещество», «химический элемент» рассматриваются со всех аспектов. Экспонаты выставки, подготовленные и проведенные экскурсии, выступают как элементы источникового обучения, расширяя возможности изучения школьных предметов.

Убеждена, что системная организация процесса индивидуализации обучения способствует повышению качества знаний учащихся по химии при реализации дидактических условий (включение школьников в выполнение разноуровневых заданий, содержащих региональную, историческую, экологическую информацию) и методических принципов (индивидуализации, научности, системности, сотрудничества др.). Качество знаний и учебных умений школьников в процессе обучения химии устанавливается учителем на основе действующего «Государственного образовательного стандарта по химии».

К индивидуальным средствам обучения относятся путеводители, структурированные особым образом, карточки-схемы для решения расчетных задач методом пошаговой детализации, логико-смысловые модели. При организации технологического обучения учителю необходимо идти с учениками к предмету. Поэтому в деятельности педагога важное значение приобретает проектирование на основе результатов диагностических срезов. Диагностика необходима для получения индивидуально-личностных характеристик учащихся: соционический тип, тип мышления, уровни обучаемости. Из всего многообразия личностных качеств остановилась на предложенных Э.Ф. Зеером: самобытность (умение сохранять и проявлять на практике самобытные, неповторимые умения, уникальные свойства), самостоятельность (умение самостоятельно организовать, упорядочить свою деятельность), мобильность (готовность и способность к быстрой смене деятельности, умение быстро адаптироваться к новым условиям,

ответственность (контроль своей деятельности), коммуникативность (способность правильно строить взаимоотношения с другими участниками обучения). При организации технологии учитель осуществляет дифференциацию учащихся и вариативное содержание заданий по уровням сложности.

В своей работе использую общие методические показатели качества знаний, разработаны по следующим уровням:

- 1 – уровень узнавания;
- 2 – уровень воспроизведения;
- 3 – применение знаний в знакомой ситуации;
- 4 – применение знаний в незнакомой ситуации;
- 5 – творческий уровень.

Из общепринятой характеристики химических знаний учитываю следующие параметры качества знаний (полнота, глубина, гибкость, систематичность, осознанность). После проведения урока или к концу изучения темы учителю важно осмыслить и оценить процесс обучения. Необходимо проанализировать и скорректировать тематическое планирование и составленные методические материалы, а также сделать выводы о том, насколько успешно работали над темой учащиеся.

Результат работы стажерской площадки – теоретически обоснованный опыт учителей, которым педагоги нашей школы с удовольствием делятся с коллегами. На базе школы совместно с кафедрой естественнонаучного образования Нижегородского института развития образования проводятся методические семинары по обмену опытом для учителей естественных дисциплин. Преподаватель должен не только вести учебный процесс, но и заниматься методическими исследованиями. Для методической работы, главным образом, необходимо знание предмета преподавания - химии. Специалист-химик всегда может стать преподавателем и методистом. Системный подход к определению предметного содержания курса общей химии и организации деятельности по его усвоению является эффективным методом совершенствования обучения химии и формирования творческого мышления будущих специалистов.

Результаты экспериментальной педагогической работы учителя школы использовали при написании работ на высшую квалификационную категорию. Образовательными продуктами работы стажерской площадки являются не только созданные экспозиции, проведенные уроки, но и выступления педагогов на научно-практических конференциях разного уровня, написанные тезисы по данной теме, семинары для учителей-практиков.

1. Я.Маматова, С.Сулайманова. Узбекистан на пути медийного развития. Учебное пособие. Extremum-press, 2015-94.6
2. Тенденции и особенности формирования социальных сетей в Узбекистане Шермухамедовой А.У. Дисс.Автореферат Т.: 2021.
3. Книга острых интеллигентов. Б.Акбаров, М.Примкулов. Ташкент «Узбекистан» -2015.
4. Интересная химия. Т. Дустмуродов, А. Аловиддинов Академия Ташкент 2005.

## **ВИДЕО-ТЕСТ КАК МЕТОД КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КЛАССИФИКАЦИИ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ**

А.Р. Якимова, Д.Р. Ерова

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия*

*yakimovaangelina@mail.ru, d.erova@mail.ru*

Многие люди, услышав слово «пиротехника», представляют фейерверки, салюты и петарды. Однако, пиротехнические составы применяются во многих отраслях промышленности, как в военной сфере, так и в гражданской экономике.

На учебных дисциплинах по соответствующим специальностям предлагается задействовать современные цифровые ресурсы, в частности – видеоматериалы, не только для демонстрации нового материала, но и как метод контроля знаний студентов при изучении классификации пиротехнических составов. Видеоматериалы позволят студентам наглядно увидеть зрелищные спецэффекты пиротехнических составов: огонь и пламя, искры и фейерверки, дым и туман. Применение видеоматериалов дополнит теоретическую информацию в соответствии с принципом наглядности, будет способствовать развитию интереса к будущей профессии и повышению мотивацию к процессу обучения.

Контрольный видео-тест представляет из себя короткие видео с демонстрацией спецэффектов различных пиротехнических составов и несколько вариантов названий состава, один из которых правильный. Студент, изучивший классификацию пиротехнических составов, должен выбрать верный вариант ответа.

Предложенный метод контроля знаний с помощью видео-теста позволит закрепить знания по классификации пиротехнических составов, будет стимулировать креативность и научный интерес обучающихся, способствовать развитию профессиональных компетенций.