



**Казанский
федеральный
УНИВЕРСИТЕТ**



СБОРНИК ТЕЗИСОВ

**VIII 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, 4-5 декабря 2025 года

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

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

«МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА»



Сборник Тезисов VIII Всероссийской с международным участием школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Материалы и технологии XXI века» / Отв. ред. А.В. Герасимов. [Электронный ресурс] – Казань.: КФУ, 2025. – 1 USB-flash-накопитель. – Систем. требования: ПК с процессором с тактовой частотой не менее 2 ГГц; Windows 8; USB 2.0; Adobe Acrobat Reader.

Казань, 4-5 декабря 2025 года

Организатор

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Председатель организационного комитета:

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

Со-председатели и координаторы организационного комитета:

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

Поминов А.И., и.о. директора Института физики КФУ;

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

Киясов А.П., директор Института фундаментальной медицины и биологии КФУ, проректор по биомедицинскому направлению;

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

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

Члены программного комитета:

Варфоломеев М.А.

Вахитов И.Р.

Герасимов А.В.

Каюмов А.Р.

Челнокова И.А.

Партнер конференции



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

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 БИОТЕХНОЛОГИИ СБЕРЕЖЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	5
СЕКЦИЯ 2 ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	54
СЕКЦИЯ 3 НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЯ	56
СЕКЦИЯ 4 ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.....	215
СЕКЦИЯ 5 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ И УКРЕПЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.	232

СЕКЦИЯ 1
БИОТЕХНОЛОГИИ СБЕРЕЖЕНИЯ
ЗДОРОВЬЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

ВЫДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИОФАГОВ, ЛИЗИРУЮЩИХ *CRONOBACTER SAKAZAKII* ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВОДОЁМОВ

З.А. Азнабаева, Г.И. Муталлапова, М.С. Федорова, Е.Ю. Тризна, А.Р. Каюмов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

kipytik@gmail.com

Значительное распространение антибиотикорезистентности среди возбудителей внутрибольничных инфекций требует разработки альтернативных подходов к терапии. На сегодняшний день бактериофаги представляют собой один из перспективных терапевтических подходов противомикробной терапии. В данном исследовании были выделены бактериофаги из естественных водоемов Поволжья и республики Башкортостан, вирулентные в отношении бактерий *C. sakazakii*. Была проведена оценка литической активности данных бактериофагов, а также оценка видоспецифичности бактериофагов в отношении различных бактерий семейства Enterobacteriaceae. Таким образом, было показано, что бактериофаги обладают поливалентными свойствами в отношении бактерий: *C. Sakazakii*, *Salmonella enterica*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* и *Enterococcus faecalis*. Кроме того, была проведена оценка способности бактериофагов подавлять бактериальную биопленку *C. sakazakii*. В дальнейшем планируется идентификация, характеристика и оценка штаммоспецифичности данных бактериофагов, оценка их сочетанного действия с традиционными антибиотиками, а также выделение эндолизинов данных бактериофагов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Работа выполнена при финансовой поддержке субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности по проекту FZSM-2025-0003

БИОМЕЛИОРИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩЕГО ШТАММА *PRIESTIA SP.* ФМ20

М.Р. Азнаева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик, Россия

miazn@mail.ru

Почвенные микроорганизмы являются основой поддержания плодородия, обеспечивающие комплексный механизм биологической трансформации биогенных элементов питания растений. Данное свойство микрофлоры нашло свое практическое применение в земледелии. Эффективные штаммы аборигенных микроорганизмов, минимизирующие риски нарушения столетиями сложившейся структуры микробиоценоза почвы, используются в качестве основы для создания средств биомелиорации почв.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся агрономически ценный аборигенный штамм *Priestia sp.* ФМ20, выделенный в лаборатории мониторинга агроэкосистем Кабардино-Балкарского государственного университета.

Результаты. На 10 сутки инкубации влияние фосфатмобилизирующего штамма ФМ20 выразилось в увеличении интенсивности базального дыхания на 173%, по сравнению с контрольным вариантом. Углерод микробной биомассы (Смик г/м²) увеличился под действием препаратов.

Микробный метаболический коэффициент на 10 сутки имеет максимальное значение в варианте с внесением фосфатмобилизирующего штамма ФМ20. Минимальное значение установлено в эталонном варианте. На 28 сутки qCO₂ в опытном варианте с ФМ20 снижается в 4 раза по сравнению с «Фосфатовит» и в 4,5 раза по сравнению с контрольным вариантом, что может свидетельствовать об устойчивости экосистемы, а также о положительном влиянии штамма *Priestia sp.* ФМ20 на показатели биологической активности почвы, что играет ключевую роль в улучшении качества почв.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ, мнемокод FZR-2023-0010

ЦИТОПРОТЕКТОРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ДИТИОФОСФАТОВ ГЛУТАТИОНА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ КЛЕТОК УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

М.В. Валинурова, Р.А. Ишкаева, И.С. Низамов, Д.В. Салахиева, Т.И. Абдуллин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

m.valinurova@bk.ru

Антиоксидантная терапия рассматривается в качестве перспективного подхода к ингибированию окислительного повреждения кожи, вызванного негативным воздействием внешних факторов, среди которых особое значение имеет ультрафиолетовое (УФ) излучение. Известно, что избыточные дозы УФ могут вызывать различные дерматологические заболевания, развитие которых, как правило, ассоциировано с хроническим окислительным стрессом.

Ранее в качестве перспективных антиоксидантных систем нами были разработаны дитиофосфаты глутатиона, обладающие амфифильными свойствами и способностью высвобождать серосодержащие биомолекулы (сероводород, глутатион и продукты их редокс-превращений) [1, 2], что обуславливает интерес к применению этих соединений в качестве клеточных антиоксидантов.

Нами исследованы некоторые эффекты дитиофосфатов глутатиона на кератиноциты человека HaCaT и фибробласты мыши 3T3 в качестве модельных клеток при УФ излучении. Повреждающее действие УФ сопровождалось повышением уровня активных форм кислорода (АФК) и морфологическими изменениями цитоплазмы и ядер клеток. Установлено, что дитиофосфаты глутатиона достоверно снижают сверхпродукцию АФК по данным флуоресценции индикатора DCFDA, а также ингибируют нарушение морфологии клеток и фрагментацию ядер по данным микроскопического анализа.

Полученные результаты характеризуют дитиофосфаты глутатиона в качестве потенциальных цитопротекторных агентов, представляющих интерес в лечении заболеваний, ассоциированных с окислительным стрессом.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (проект FZSM-2025-0002).

1. Ishkaeva R.A., Nizamov I.S., Blokhin D.S. et al. // *Molecules*. 2021. V. 26. P. 2973.
2. Ishkaeva R.A., Khaertdinov N.N., Yakovlev A.V. et al. // *IJMS*. 2023. V. 24. P. 11063.

ОЦЕНКА ПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ БИОФОРТИФИКАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЦВЕТНОЗЕРНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ НА МОДЕЛИ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Л.И. Гайнуллина, Л.И. Гайнутдинова, Р.И. Нурасов, Н.Б. Баранова, В.В. Костенко

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

lgainullina@internet.ru

Функциональные продукты питания, например, цветнозерные сорта пшеницы, являются источником биологически активных соединений, включая антоцианы и каротиноиды, которые обладают антиоксидантными, противовоспалительными и иммуномодулирующими свойствами. Нейродегенеративные заболевания и увеличение продолжительности активной жизни являются ключевыми биомедицинскими задачами XXI века. Выявление полезных свойств цветнозерных сортов пшеницы может способствовать созданию безопасных нутрицевтиков и стратегий профилактики нейродегенеративных процессов. В данной работе были протестированы этанольные экстракты трех сортов цветнозерной пшеницы (Йолдыз, Надира и Хазинэ) татарстанской селекции в отношении нейропротекторных эффектов на *Drosophila melanogaster* в качестве модельного объекта. В работе использовали мух дикого типа линии *Canton-S* двух возрастных групп: 3 и 21 дневные имаго. 10% этанольные экстракты семян цветнозерной пшеницы вносили в 5% концентрации от объема питательной среды. В качестве отрицательного контроля использовался DMSO. Генотоксичность оценивали методом ДНК-комет, двигательную активность — с помощью метода отрицательного геотаксиса (*climbing assay*). Статистическую обработку данных проводили в программе GraphPad 8.0. с использованием двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и пост-теста Тьюки. Выявлено, что этанольные экстракты на основе семян цветнозерных сортов характеризуются выраженными геро- и нейропротекторными свойствами, увеличивая продолжительность жизни модельного объекта и снижая возрастные патологии нервной системы. Кроме того, показано, что этанольные экстракты семян цветнозерных сортов не оказывают негативного влияния на структуру ДНК, что проявляется в отсутствии ДНК-повреждений 2, 3 и 4 типов в тесте ДНК-комет. Таким образом, данные сорта можно использовать в производстве функциональных продуктов (хлеб, макаронные изделия) для профилактики хронических заболеваний.

ОЦЕНКА ПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ ЦВЕТНОЗЕРНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ В ОТНОШЕНИИ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ НА МОДЕЛИ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Л.И. Гайнутдинова, Л.И. Гайнуллина, Р.И. Нурасов, Н.Б. Баранова, В.В. Костенко

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

rssfrsd@inbox.com

Репродуктивная система является чувствительным индикатором физиологического состояния организма и одной из первых реагирует на стрессовые воздействия. Биологически активные соединения, присутствующие в цветнозерных сортах пшеницы, такие как антоцианы и фенольные компоненты, обладают антиоксидантной активностью и могут оказывать протекторное действие на клетки гонад. Поэтому актуальным являются проведения разнонаправленных исследований сырья для функционального питания на различных биомедицинских объектах, к которым относится *Drosophila melanogaster*.

Целью работы была оценка влияния этанольных экстрактов цветнозерных сортов пшеницы Йолдыз, Надира и Хазинэ на репродуктивную систему *Drosophila melanogaster*. В исследовании использовали взрослых самок дрозофил. Экстракты вносили в питательную среду в концентрациях 1%, 2,5%, 5%, 7,5% и 10%. Для сравнения воздействий применяли DMSO в концентрации 2% от объема питательной среды. Репродуктивную функцию оценивали по количеству откладываемых яиц и выживаемости потомства. Для анализа состояния гонад проводили диссекцию брюшного отдела с последующим выделением яичников под стереомикроскопом. Оценивали наличие обоих яичников, их размер и морфологическое состояние, включая признаки дегенерации.

Результаты исследования показали, что экстракты цветнозерных сортов пшеницы оказывают выраженное протекторное действие на репродуктивную систему по сравнению с группой, получавшей DMSO. У самок опытных групп чаще наблюдались оба яичника нормального размера, снижалась частота дегенеративных изменений, повышалось количество откладываемых яиц и увеличивалась выживаемость потомства. Снижение уровня дегенерации и сохранение функциональной активности яичников предполагают возможное замедление возрастных изменений за счёт антиоксидантного действия компонентов цветнозерных сортов пшеницы. Таким образом, цветнозерные сорта пшеницы демонстрируют репродуктивно-протекторные свойства и могут рассматриваться как перспективные источники биологически активных соединений, способствующих поддержанию репродуктивного здоровья.

МИКРОВЕЗИКУЛЫ КАК СИСТЕМА ДОСТАВКИ ПРОДИГИОЗИНА - НОВОГО ПРОТИВОРАКОВОГО ПРЕПАРАТА БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

И.Д. Гурьянов, С.В. Сабирова, Е.А. Наumenко

*Лаборатория молекулярной иммунологии Института фундаментальной медицины и биологии
Казанского федерального университета, Казань, Россия*

Некоторые микроорганизмы известны своей способностью синтезировать разнообразные, интересные биоактивные метаболиты. К ним относится *Serratia marcescens*, которая продуцирует вторичный метаболит – антибиотик широкого спектра действия продигиозин (ПГ). Продигиозин продемонстрировал большой потенциал в терапии рака, но у него есть и определенные недостатки, главным из которых является плохая растворимость в воде и, как следствие, неравномерное распределение. Для преодоления этих недостатков были предложены различные подходы, в частности, введение продигиозина в наноматериалы. Ранее мы вводили ПГ в нанотрубки галлуазита и оценивали противораковую активность наноформулы ПГ.

В данном исследовании мы изучили возможность введения продигиозина во внеклеточные везикулы (ВВ). Мы разработали и сравнили различные методы индукции и введения продигиозина во внеклеточные везикулы. Для выделения везикул, нагруженных ПГ, использовались клетки НЕК 293 и мезенхимальные стволовые клетки (МСК). Культивирование МСК и НЕК293 в среде, содержащей ПГ, увеличивало выход ВВ из обеих линий клеток, демонстрируя потенциал ПГ как индуктора ВВ. В целом, везикулы могут стабилизировать загруженные лекарственные препараты, защищая их от деградации и преждевременного высвобождения, тем самым продлевая их терапевтический эффект и улучшая биодоступность. Более того, мы ожидаем, что доставка лекарств на основе ВВ позволит ПГ более эффективно проникать в клетки-мишени и снизить побочные эффекты на нецелевые клетки.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-25-00011)»

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ И ГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИЭКСТРЕМОФИЛЬНОГО ШТАММА *EXIGUOBACTERIUM CHIRIQHUCHA* S12 К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

Е.Н. Деханова, Е.Р. Пономарева, М.И. Маркелова, И.В. Хилияс

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

dehanova.1134@gmail.com

Введение: Одной из наиболее острых проблем является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). ТМ накапливаются в сельскохозяйственных почвах, поверхностных и грунтовых водах, а также растениях, попадают в пищевые цепи и оказывают негативное воздействие на здоровье человека и животных. Очистка загрязненных территорий представляет собой сложную задачу, однако применение экологически безопасных методов биоремедиации является эффективным решением. Бактерии рода *Exiguobacterium*, относящиеся к полиэкстремофильным и высокоадаптивным микроорганизмам, благодаря своим уникальным метаболическим путям открывают новые возможности для их применения в детоксикации ТМ.

Цель работы: физиологический и геномный анализ устойчивости штамма *Exiguobacterium chiriqhucha* S12 к тяжелым металлам.

Материалы и методы: Устойчивость штамма *E. chiriqhucha* S12 к тяжелым металлам оценивали по минимальной ингибирующей концентрации (МИК). Бактериальную культуру культивировали в жидкой среде Мюллера-Хинтона, содержащую соли тяжелых металлов (Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, Al^{3+}) в диапазоне концентраций 0.25–25.0 мМ, 24 часа при 25°C. МИК регистрировали как наименьшую концентрацию иона металла, при которой рост культуры полностью отсутствовал. Поиск и аннотацию генов, кодирующих металл-транспортеры в геноме *E. chiriqhucha* S12, проводили с использованием базы данных TransportDB 2.0.

Результаты: Культивирование штамма *E. chiriqhucha* S12 в среде с солями тяжёлых металлов позволило установить их МИК. Наибольшую устойчивость штамм проявил к ионам кобальта Co^{2+} (МИК = 25 мМ). Умеренная устойчивость наблюдалась к ионам меди Cu^{2+} и цинка Zn^{2+} (по 15 мМ), а также алюминия Al^{3+} (14 мМ). Наименьшую толерантность штамм продемонстрировал к ионам железа Fe^{3+} (3 мМ), никеля Ni^{2+} и дихромат-ионам $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (по 2 мМ). Анализ генома штамма *E. chiriqhucha* S12 показал наличие 82 генов, кодирующих белки-транспортеры металлов. Было выявлено преобладание вторичных активных транспортеров, наиболее многочисленными среди которых являются представители суперсемейства MFS (Major Facilitator Superfamily). Вторыми по многочисленности являются АТФ-зависимые транспортеры суперсемейства ABC. Также обнаружены отдельные транспортеры (CDF, ArsB, CHR, RND), относящиеся к ключевым семействам, ассоциированным с устойчивостью к тяжелым металлам.

Заключение: Полученные результаты демонстрирует значительный потенциал штамма *E. chiriqhucha* S12 для применения в процессах биоремедиации сред, загрязненных тяжелыми металлами. Установленная физиологическая устойчивость к кобальту, меди и цинку, находит молекулярное обоснование в выявленном разнообразии генов металл-транспортеров в геноме штамма.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ в рамках проекта № 24-24-00473.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦИИ ОПУХОЛЬ-АСОЦИИРОВАННЫХ ФИБРОБЛАСТОВ, ИНДУЦИРОВАННЫХ TGF- β IN VITRO, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ α SMA, SPARC И ВИМЕНТИНА В КАЧЕСТВЕ МАРКЕРОВ

В.С. Дмитриенко, Д.В. Осадчая, К.В. Китаева

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

DmitrienkoV1@yandex.ru

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к изучению опухоль-ассоциированных клеток, в частности, фибробластов, которые играют ключевую роль в прогрессии опухолей и формировании микроокружения [1]. Актуальность данного исследования обусловлена возрастающей потребностью в понимании механизма взаимодействия опухолевых клеток и клеток стромы. Опухоль-ассоциированные фибробласты (ОАФ) представляют собой потенциальные мишени для терапевтических вмешательств, направленных на замедление прогрессии опухолей и метастазирования [2]. Поэтому целью данной работы является характеристика популяции опухоль-ассоциированных фибробластов, индуцированных TGF- β *in vitro*, с использованием α SMA, SPARC и виментина в качестве маркеров их активации и фенотипической специфичности.

Фибробласты были выделены из фрагмента кожи здорового пациента, который перенесли в стерильную чашку Петри и измельчили на мелкие кусочки (1–2 мм) с помощью хирургических скальпелей. Добавили 8 мл полной питательной среды DMEM в культуральную чашку и инкубировали образцы в течение 72 часов при 37 °C во влажной атмосфере с 5 % содержанием CO₂. После инкубации замену питательной среды проводили через день. Рассадили выделенные культуры клеток на две линии: один для культивирования нормальных фибробластов (НФ) без добавления факторов, другой – для ОАФ, добавляя среду с фактором TGF- β . В течение 6 дней поменяли среду с факторами 2 раза. Сравнивали образцы экспрессии α SMA, CFM и SPARC на тотальных препаратах НФ и ОАФ. Выявили, что ОАФ синтезировали больше белков α SMA, CFM и SPARC, чем популяция НФ. Была подтверждена визуальная локализация клеточных маркеров α SMA и SPARC в НФ и ОАФ по z-stack анализу. Методом вестерн-блот анализа была подтверждена экспрессия белков α -SMA, Виментин и SPARC. В популяции ОАФ экспрессия α SMA, Виментина и SPARC была выше по сравнению нормальными фибробластами – соответственно на 10%, 48,3% и 9,1% ($p < 0,05$).

Данные результаты подтверждают локализацию клеточных маркеров α SMA и SPARC и преобладающую экспрессию белков α -SMA, Виментин и SPARC в ОАФ, чем в НФ.

1. Sarkar, M. Cancer-associated fibroblasts: The chief architect in the tumor microenvironment [Text] / M. Sarkar, T. Nguyen, E. Gundre, O. Ogunlusi, M. El-Sobky, B. Giri, T.R. Sarkar // *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. – 2023. – V. 11. – Cancer-associated fibroblasts
2. Zrihan-Licht, S. Association of Csk-homologous Kinase (CHK) (formerly MATK) with HER-2/ErbB-2 in Breast Cancer Cells [Text] / S. Zrihan-Licht, J. Lim, I. Keydar, M.X. Sliwkowski, J.E. Groopman, H. Avraham // *Journal of Biological Chemistry*. – 1997. – V. 272. – № 3. – P. 1856–1863.

ОЦЕНКА РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ТЕРМОФИЛЬНЫХ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Д.Г. Дударова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, Россия*

dudarova.dinara00@mail.ru

Азотфиксирующие микроорганизмы играют важную роль в биологическом круговороте азота, связывая атмосферный азот и возвращая его в почву в доступной форме [1]. Кроме того, термофильные diaзотрофы, синтезируют физиологически активные вещества с термостабильными характеристиками, которые способны стимулировать рост и развитие растений.

Материалы и методы. В ходе исследования были изучены четыре штамма термофильных азотфиксирующих микроорганизмов, выделенных из почвы степных районов Кабардино-Балкарской республики. Ростостимулирующие свойства изолированных штаммов определяли на тест-растениях: семенах ячменя, подсолнечника и кукурузы [2]. Оценку всхожести семян проводили в трёхкратной повторности.

Результаты и обсуждения. Анализ полученных данных показал, что исследуемые штаммы обладают культуроспецифичным действием. Значительно высокие показатели по всхожести семян ячменя отмечены у исследуемых штаммов АФТ-10, который превышает контрольный вариант с водой на 48%, и АФТ-2, АФТ-4 на 30%. На культуре подсолнечника под действием АФТ-2 всхожесть увеличилась на 9%, остальные 3 штамма оказали ингибирующее действие и наблюдалось снижение всхожести. На прорастание семян кукурузы максимальный эффект оказали АФТ-2, АФТ-4 и АФТ-9, которые увеличили её на 21%, 10% и 8% по сравнению с контролем.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда №25-16-00243.

1. Сытников Д. М. Биотехнология микроорганизмов-азотфиксаторов и перспективы применения препаратов на их основе // Биотехнология. – 2012. – Т.5, №4. – С. 034-045.
2. Юсупова Д. М. Оценка ростостимулирующей активности азотфиксирующих микроорганизмов-продуцентов ИУК / Д. М. Юсупова, А. Н. Пархоменко // Эколого-биологические и географические исследования в решении региональных проблем.

АЛГОРИТМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАСПОЗНАВАНИИ ПРЕДРАКОВЫХ И ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ

А.А. Жданова, Л.А. Хаертдинова, Р.Г. Заббаров, Д.А. Валиуллина, Ю.Н. Николаева

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

khaertdinova@mail.ru

Актуальность: Злокачественные новообразования кожи занимают лидирующие позиции в структуре онкологической заболеваемости. Приоритетным направлением является ранняя диагностика и активное выявление предраковых и злокачественных опухолей кожи с использованием методов цифровой диагностики кожи, в том числе на основе алгоритмов искусственного интеллекта.

Цель: организовать день диагностики новообразований кожи в рамках проекта «ProCвет на родинки» и провести осмотр пациентов с использованием системы FotoFinder.

Материалы и методы: В пилотном исследовании приняли участие 26 пациентов в возрасте от 19 до 70 лет. Каждый пациент осмотрен врачом-дерматологом и врачом-онкологом, все новообразования на коже с помощью цифрового дерматоскопа FotoFinder с программным обеспечением на основе искусственного интеллекта MoleanalyzerPro.

Результаты: В ходе обследования пациентов были выявлены меланоцитарные невусы: <25 невусов - 3 пациента (11,5%), 25-50 невусов - 16 пациентов (61,5%), 50-100 невусов - 2 пациента (7,7%), >100 невусов - 5 пациентов (19,2%). Атипичные невусы обнаружены у 8 пациентов (30,8%), невус Шпиц - 1 пациент (3,8%), внутридермальный невус - 3 (11,5%), голубой невус - 1 пациент (3,8%), гемангиома - 6 пациентов (23,1%), дерматофиброма - 9 пациентов (34,7%), лентиги - 7 пациентов (26,9%), себорейные кератомы - 6 пациентов (23,1%). В ходе обследования у 23 пациентов (88,5%) диагностированы заболевания кожи и ее придатков. Пациентам рекомендовано дальнейшее обследование и наблюдение. Злокачественных новообразований кожи (меланома, плоскоклеточный и базальноклеточный рак кожи) выявлено не было.

Выводы: Инициатива по организации Дня диагностики новообразований кожи направлена на активное выявление рака кожи. Система FotoFinder позволяет достичь высокой точности диагностики в распознавании предраковых и злокачественных новообразований кожи, эффективно отслеживая изменения в динамике и облегчая работу врачей. Однако, технология имеет высокую стоимость, ограничения в обследовании труднодоступных локализаций и не может полностью заменить опыт врача.

АНАЛИЗ ДАННЫХ МОЗГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕРАПИИ ГЛИОМ

А.С. Золотарева ^a, И.В. Сгибнев ^b

^a *Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия*

^b *ФАУ ГосНИИАС, Москва, Россия*

Глиомы являются наиболее распространенными и агрессивными первичными опухолями головного мозга, характеризующимися высоким уровнем рецидивирования и неблагоприятным прогнозом. Ключевую сложность в их лечении представляет гистологическая и молекулярная гетерогенность, что затрудняет точное определение границ опухоли и выбор оптимальной тактики терапии. Стандартные методы визуализации, такие как МРТ, не всегда позволяют достоверно оценить зоны инфильтративного роста и степень злокачественности. В связи с этим актуальной задачей является разработка автоматизированных систем поддержки принятия врачебных решений на основе комплексного анализа данных.

Целью данного исследования являлась разработка нейросетевой модели сегментации опухолевых субобластей для последующей классификацией глиом и поддержки планирования терапии.

В качестве входных данных использовались изображения мозга с различными пораженными областями. Датасет формировался на основе самостоятельно проведенных экспериментов по доставке лекарственного препарата в зону опухоли. Предварительно опухоль формировалась на самостоятельно изготовленной и автоматизированной стереотаксической системе. Для сегментации опухолевых субобластей (цельная опухоль, опухолевое ядро, активная зона) была обучена сверточная нейронная сеть. В дальнейшем она будет использована для оценки эффективности доставки лекарственного препарата в пораженную опухолью область мозга, а также будет обучена отдельная нейронная сеть для классификации степени злокачественности опухоли.

В результате, предложенная сверточная нейронная сеть продемонстрировала высокую точность сегментации опухоли. Ключевым результатом дальнейших исследований будет являться прототип системы, который по предоставленным данным будет генерировать карту опухоли с выделением зон различной биологической агрессивности. Это позволяет выделить целевую область для стереотаксической биопсии и оптимально спланировать объем хирургического вмешательства или лучевой терапии.

Таким образом, применение методов машинного обучения позволит перейти от субъективной оценки к количественному и прогностическому анализу глиом. Разработанный в будущем подход откроет перспективы для персонализации терапии, повышая точность диагностики и улучшая долгосрочные результаты лечения пациентов.

1. B. H. Menze et al. The Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (BraTS) // IEEE Transactions on Medical Imaging. 2015. V. 34. № 10. P. 1993–2024.
2. O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI). 2015. P. 234–241.
3. Л. А. Тыртов, А. А. Гончаров, В. В. Старых. Радиомика в нейроонкологии: от изображения к прогнозу // Компьютерная и томографическая визуализация. 2021. Т. 5. №. 2. С. 45–55.
4. V. Fidon et al. Context-Aware Semi-Supervised Learning for Medical Image Segmentation // Medical Image Analysis. 2023. V. 102756.

УСТОЙЧИВОСТЬ ШТАММОВ *PANTOEА BRENNERI* К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

Р.Р. Исламов, Е.С. Васильева, Л.В. Соколова, А.Д. Сулейманов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

renalplan07@gmail.com

Бактерии рода *Pantoea*, в частности вид *P. brenneri*, являются перспективными агентами биоремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ). Однако их генетические механизмы устойчивости изучены недостаточно. Целью работы был анализ устойчивости штаммов *P. brenneri* к ТМ.

Устойчивость оценивали путем определения минимальной ингибирующей концентрации (МИК) на твердой среде LA с солями ТМ. Все штаммы проявили экстремальную устойчивость к CuCl_2 (>1600 мг/л) и CdCl_2 (>200 мг/л). Для $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ МИК составила 800 мг/л, для ZnSO_4 — 800 мг/л у штаммов *P. brenneri* 3.1, 3.2, 3.6.1, тогда как у штамма 3.5.2 МИК к цинку была снижена до 400 мг/л.

Полногеномный анализ выявил генетические детерминанты резистентности. Обнаружены гены *copA* (медь-экспортирующая АТФ-аза), *copC* и *copD* (медь-связывающие белки), ответственные за детоксикацию меди. У штамма 3.5.2 выявлена только одна копия генов *copC/copD*. Также идентифицированы гены АТФ-азы для транспорта Zn/Cd/Hg/Pb и регуляторный белок семейства *MerR*. В геномах найдены многочисленные гены цинк-связывающих белков и 6 специфичных цинковых транспортеров. Отсутствие гена белка *YnfU* у штамма 3.5.2 объясняет его повышенную чувствительность к цинку. Гены хромовой редукции (*chrA*, *chrB*) не обнаружены, что предполагает альтернативный механизм детоксикации Cr , вероятно, через секрецию органических кислот.

Таким образом, штаммы *P. brenneri* обладают высокой устойчивостью к ТМ. Резистентность к Cu/Cd обеспечивается системами активного транспорта, а вариабельность устойчивости к Zn/Cr связана с геномными особенностями и внеклеточными механизмами детоксикации.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ №24-26-00289

1. Ullah, A. (2015). Phytoremediation of heavy metals assisted by plant growth promoting (PGP) bacteria: A review. *Environ. Exp. Bot.*, vol. 117, pp. 28-40, doi: 10.1016/J.ENVEXPBOT.2015.05.001.

СОЧЕТАННОЕ ЦИТОТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭКСТРАКТА ЛИСТЬЕВ *YUCCA FILAMENTOSA* И БИНАЗЫ/ДОКСОРУБИЦИНА НА КЛЕТКИ ЛЕС

Я.Н. Камалова, Н.С. Карамова, П.В. Зеленихин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

yazgulen@mail.ru

Сочетанная лекарственная терапия, позволяющая повысить чувствительность опухолевых клеток и снизить терапевтические дозы лекарств, все чаще становится стандартной практикой борьбы с раком. Однако при создании новых способов терапии опухолей необходимо учитывать их влияние на нормальные клетки организма.

Цель исследования - определить процент сочетанного цитотоксического действия водного раствора метанольного экстракта листьев *Yucca filamentosa* с РНКазой *Bacillus pumilus* и антрациклиновым антибиотиком доксорубицином по отношению к клеткам легкого эмбриона коровы ЛЕС. Клетки культивировали в среде DMEM, с 10% эмбриональной сыворотки телят, 2мМ глутамина и антибиотиками при 37°C во влажной атмосфере с 5% CO₂, выживаемость оценивали в МТТ-тесте. Клетки подвергали воздействию исследуемых факторов в течение 24 часов. Диапазон исследованных концентраций: для доксорубицина 0.01-100 мкг/мл, для биназы 10-2000 мкг/мл, для растительного экстракта 10-1500 мкг/мл. Сочетанный эффект нескольких препаратов был затем оценен в четырех комбинациях. Значения индекса синергии (CI) были использованы для определения синергии (CI < 0.9), аддитивности (0.9 < CI < 1.1) и антагонизма (CI > 1.1) тестируемых комбинаций веществ [1].

Экстракт листьев *Yucca filamentosa* совместно с биназой проявляет 40% синергии, в основном для сочетаний концентраций полумаксимального ингибирования 83.5 мкг/мл растительного экстракта и всего диапазона концентраций РНКазы. При совместном действии доксорубицина и экстракта наблюдали 14% синергии (1 мкг/мл доксорубицина и 100-200 мкг/мл экстракта, 50 мкг/мл доксорубицина и 20 мкг/мл экстракта, а также 100 мкг/мл доксорубицина и 83.5 мкг/мл экстракта).

Таким образом, установлено, что синергетическое цитотоксическое действие экстракта листьев *Yucca filamentosa* в сочетании биназой и доксорубицином по отношению к нормальным клеткам достаточно низкое, что открывает новые перспективы для создания схем мультисочетанной терапии рака кишечника на основе природных агентов.

1. Chou, T. C. Theoretical basis, experimental design, and computerized simulation of synergism and antagonism in drug combination studies [Text] / T. C. Chou // Pharmacological Reviews. – 2006. – V. 58(3). – P. 621–681.

ОЦЕНКА АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ШТАММОВ *PANTOEAE BRENNERI* В ОТНОШЕНИИ *ERWINIA AMYLOVORA*.

В.А. Карцева, Л.В. Сокольникова, А.Д. Сулейманова, Д.С. Бульмакова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

vasilisa044@yandex.ru

Фитопатоген *Erwinia amylovora*, вызывающий ожог плодово-ягодных культур, приводит не только к гибели растений и потери урожая, но и к большим экономическим убыткам сельскохозяйственного производства во всем мире. Использование химических средств для борьбы с возбудителем более не перспективно из-за развития устойчивости к пестицидам и их негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. В настоящее время эффективным инструментом по борьбе с фитопатогенами является применение биопрепаратов на основе микроорганизмов, одними из которых являются бактерии рода *Pantoea*. Ранее было показано, что представители этого рода вырабатывают летучие органические соединения, антибиотики и биосурфактанты, с помощью которых способны подавлять рост фитопатогенов без вреда для самого растения и окружающей среды. Целью нашего исследования стала оценка антагонистической активности штаммов *P. brenneri* 3.2 и 3.5.2 по отношению к *E. amylovora* на внеклеточном уровне.

Исследование проводили на двух агаризованных питательных средах YPGA и SPA с использованием бесклеточного супернатанта исследуемых бактерий. Антибактериальную активность штаммов оценивали с помощью измерения зон задержки роста *E. amylovora*.

Анализ внеклеточной антибактериальной активности штаммов *P. brenneri* показал, что использование супернатанта культуральной жидкости изучаемых штаммов способствовало ингибированию роста фитопатогена. Диаметр зоны задержки роста *E. amylovora* на питательной среде YPGA составлял в среднем 6 мм, на среде SPA – около 5-7 мм для обоих штаммов.

Таким образом, было показано, что изучаемые штаммы *P. brenneri* способны угнетать рост и задерживать распространение фитопатогена *E. amylovora* на внеклеточном уровне с помощью продукции токсичных вторичных метаболитов.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №23-76-01078.

ДИСХРОМИИ ЛИЦА У ЖЕНЩИН: ИЗУЧЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ ПРОГРАММ ВЕДЕНИЯ В КОСМЕТОЛОГИИ

А.Э. Каштанова, Л.А. Хаертдинова

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

kashtanova_amina@mail.ru

Актуальность: Состояние кожи лица играет важную роль в формировании самооценки и является своеобразной «визитной карточкой», особенно для женщин. Наличие даже незначительных, с точки зрения врача, косметических дефектов приводит к психоэмоциональным нарушениям, которые связаны с современными трендами, такими как популяризация «идеала красоты», «социальная тревожность» пациентов и отказ от фотографирования, публичных выступлений, активной социальной жизни, возросшие запросы пациентов, повышение эстетической грамотности населения.

Цель: изучить влияние дисхромических дерматозов с локализацией на коже лица на психоэмоциональный статус, уровень самооценки и качество жизни женщин.

Материалы и методы: Проведен анонимный опрос женщин, имеющих различные варианты дисхромий на лице, посредством сервиса Google Forms. Вопросы анкеты затрагивали влияние дисхромий на такие аспекты жизни, как: психоэмоциональное состояние, уровень самооценки и социальной адаптации.

Результаты: В исследовании приняли участие 35 женщин в возрасте от 20 до 50 лет, имеющих различные типы дисхромий кожи лица. Анализ собранной информации показал, что 68,6% респондентов считают, что высыпания на лице вызывают чувство психологического дискомфорта и неуверенности в себе и влияют на взаимодействие с окружающими, включая представителей противоположного пола. Примечательно, что 82,9% опрошенных ежедневно прибегают к маскировке высыпаний с использованием различных тональных средств, что подчеркивает степень психоэмоционального дискомфорта, связанного с заболеванием, и его влияние на качество жизни пациентов.

Выводы: Результаты исследования акцентируют внимание на высоком уровне ситуационной и личностной тревожности, снижении самооценки и трудностях в социальном взаимодействии. Алгоритмы ведения пациентов с дисхромиями лица должны учитывать психоэмоциональный фон пациентов и включать проведение оценки качества жизни, что позволит персонифицировать программы косметологической коррекции и повысить комплаентность лечения.

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ТИРОЗИНАЗНЫЕ БИОСЕНСОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАНИЛИЛМИНДАЛЬНОЙ КИСЛОТЫ, КАК МАРКЕРА НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ ОПУХОЛЕЙ

А.А. Куксенок, Р.М. Бейлинсон, Э.П. Медянцева

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

angrlina93@gmail.com

Нейроэндокринные опухоли (НЭО) объединяют группу довольно редких эпителиальных новообразований, но при этом они представляют повышенную опасность, поскольку прогрессируют такие опухоли зачастую бессимптомно. В клинической практике диагностика НЭО может быть фактически основана на обнаружении тканевых и/или циркулирующих нейроэндокринных маркеров. Например, метаболит адреналина и норадреналина ванилинминдальная кислота (ВМК) служит маркером катехоламин-секретирующих опухолей, таких как нейробластома или карциноидной опухоли. Применение биосенсорных технологий с использованием сравнительно простого приборного обеспечения, обеспечивает экспрессность, высокую чувствительность, селективность анализа и возможности проведения анализа *point of care* (у постели больного).

Основой разрабатываемых биосенсоров послужил печатный графитовый электрод. В составе биочувствительной части разработанного сенсора использовали гомогенат фермента тирозиназы из шампиньонов. В ходе исследования было установлено, что в присутствии ВМК наблюдается уменьшение аналитического сигнала (ингибирование) тирозиназного биосенсора в диапазоне рабочих концентраций 1×10^{-10} – 1×10^{-5} М. Нижняя граница определяемых концентраций составила 5×10^{-11} М, максимальный процент ингибирования – $83 \pm 2\%$.

Одно из направлений развития биосенсорных технологий – применение различных модификаторов рабочей поверхности, в частности углеродных структурированных наноматериалов и наночастиц золота, которые позволяют увеличить электропроводность, площадь рабочей поверхности электрода, способствуют лучшей фиксации фермента на поверхности электрода за счет наличия функциональных групп модификатора.

Поверхность рабочего электрода была модифицирована многостенными углеродными нанотрубками (МУНТ) и нанокомпозитом МУНТ/ наночастицы золота-НЧ Au).

Модификация поверхности электрода расширила диапазон определяемых концентраций ВМК: от 1×10^{-10} до 1×10^{-5} М, c_n – 5×10^{-11} в случае модификации МУНТ и от 1×10^{-11} до 1×10^{-5} М, c_n – 5×10^{-12} М в случае модификации нанокомпозитом МУНТ/НЧ Au.

При изучении кинетических параметров ферментативной реакции в присутствии ВМК на фермент субстратную систему тирозиназа- фенол наблюдалось псевдоингибирование.

Разработанная методика была апробирована при определении ВМК в образцах урины условно-здорового человека и пациента с НЭО желудка.

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ

Д.В. Маслов ^a, Н.А. Ковязина ^b

^a ООО «Эрциг» Пенза, Россия

^b Пермская государственная фармацевтическая академия, Пермь, Россия

natanat.pgfa@gmail.com

Перспективным направлением медицины является терапия зарегистрированными биологически активными добавками [1]. Энтеросорбенты имеют широкий спектр назначений функциональная направленность которых включает дезинтоксикацию путем адсорбции в пищеварительном тракте различных химических веществ и биологических объектов (эндо- и экзогенного происхождения). В связи с этим актуально расширение портфеля энтеросорбирующих высоко функциональных продуктов.

Целью данных исследований явилась унификация подходов создания специализированных продуктов в форме биологически активных добавок сорбирующего действия.

Разработка энтеросорбирующих функциональных продуктов представляет собой многоуровневый процесс на основе методов математического планирования многокритериальной оптимизации, включающий: 1) выбор сорбента с высокой сорбционной емкостью (из ряда: активированный уголь, смектит диоктаэдрический, кремния диоксид коллоидный, лигнин гидролизный, повидон, полиметилсилоксана полигидрат и пр.). 2) оптимизацию конструирования рациональных продуктов, направленную на увеличение терапевтической концентрации сорбента в специализированном продукте в форме биологически активных добавок путем создания комбинированных сорбирующих средств [2]. 3) повышение комплаентности пациентов (приверженности лечению) путем улучшения потребительских характеристик энтеросорбирующих функциональных продуктов, в частности, за счёт удобства применения и приятных вкусовых качеств [2].

1. Федеральный закон от 07.06.2025 N 150-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

2. Патент № 2747145 Комбинированное сорбирующее средство / Маслов Д.В. – Опубликовано 28.04.2021 – С.5.

СТРУКТУРА ГЕНОМА И ПЛАЗМИДОМА КЛИНИЧЕСКОГО ИЗОЛЯТА *KLEBSIELLA PNEUMONIAE*

Л.Ф. Миннуллина^a, М.С. Родионова^{a,b}, Т.А. Чазова^b, Л.Т. Баязитова^b

^a Институт фундаментальной медицины и биологии КФУ, Казань, Россия

^b ФБУН КНИИЭМ Роспотребнадзора, Казань, Россия

LFMinnullina@kpfu.ru

Klebsiella pneumoniae является важным возбудителем внебольничных и нозокомиальных инфекций, таких как пневмония, инфекции мочевыводящих путей, сепсис, раневые инфекции и т.д. Терапия данных заболеваний осложняется тем, что микроорганизм обладает целым рядом факторов вирулентности и часто проявляет БЛРС-фенотип. В подобных условиях геномный анализ, позволяющий отслеживать опасные штаммы, становится необходимым условием для разработки новых методов диагностики и терапии.

Штамм *K. pneumoniae* RC_863 был выделен из мокроты пациента с внебольничной пневмонией. Секвенирование генома бактерии проводили на платформе GridION X5 (Oxford Nanopore Technology) на базе НИИ антимикробной химиотерапии (г. Смоленск). Бейз-коллинг осуществлялся с использованием Dorado (режим SUP), для сборки генома использовали программу Flye v2.9.6-b1802. Идентификацию плазмид проводили программами mlplasmids v2.1.0, PlasmidFinder 2.1 и blastn, для поиска ближайших гомологов использовали JSpeciesWS. Геном был проаннотирован с помощью платформ gcPathogen и Bakta v1.8.2, для поиска генов факторов вирулентности и резистентности использовали программу AMRseq.

По результатам секвенирования геном и плазмидом *K. pneumoniae* RC_863 были собраны в 6 контигов: 1 контиг размером в 5.37 Мб и GC-составом 57.3% содержал всю последовательность генома, оставшиеся 5 контигов размером 7-283.7 кб и GC-составом 44-55% представляли собой плазмиды. Геном и все плазмиды, за исключением одной (61.5 кб), замкнулись в кольцо, 3 плазмиды (7-10.1 кб) были представлены 7 копиями. Ближайшими гомологами *K. pneumoniae* RC_863 являются штаммы *K. pneumoniae* SCCH118:Kpn2192074 (99.92%) и GIMC1006:Kpn-102106 (99.95%), выделенные из кишечника и крови соответственно. Тем временем, плазмиды проявили наибольшую идентичность с последовательностями pKpn-102106-2, pB16KP0202-3 и pP99UNK4 (гомология 99.7-100% при покрытии 77-100%). Геном *K. pneumoniae* RC_863 был загружен в БД DDBJ/ENA/GenBank под номером JBSKBN000000000. В геноме штамма обнаружено 5083 CDSs, 88 генов tРНК, 25 генов рРНК, 1 ген тмРНК и 255 гипотетических генов. Идентифицированы кластеры генов *fim*, *mpr* и *ure*, гены, кодирующие T2SS, T6SS, синтез капсул, токсинов, сидерофоров (включая плазмидные) и регулирующие формирование биопленок. Кроме того, обнаружены гены устойчивости к фторхинолонам, аминогликозидам, хлорамфениколу, фосфомицину и β-лактамам, в том числе плазмидные варианты *blaCTX-M-15* и *blaOXA-48*, характерные для продуцентов БЛРС.

Таким образом, клинический изолят *K. pneumoniae* RC_863 способен синтезировать целый комплекс факторов вирулентности и проявлять мультирезистентность, что требует особого контроля за его распространением, в особенности в медицинских учреждениях.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета «Приоритет 2030».

NGS-BASED METAGENOMIC ANALYSIS APPLICATION FOR THE DETECTION OF CRYPTIC AND EMERGING BACTERIOSIS PATHOGENS IN THE FORESTRY

E.I. Mikheeva

Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

ei.mikheeva@yandex.ru

Bacterial infections in forestry, including bacterial dropsy, remain a pathogenic threat to forest ecosystems worldwide, especially affecting the birch, poplar, and ash species. The search for potential pathogenic strains that cause these diseases needs to be conducted for effective phytopathological management. Metagenomic analysis can help to identify novel and previously unknown forest pathogens in diverse bacterial communities.

Current photopathological techniques rely predominantly on morphological identification in cases where there are visual signs of disease on trees. In cases of complex bacterial species compositions, the application of NGS-based metagenomic analysis allows for identification of specific species, including both pathogenic and commensal microorganisms [1-2]. Molecular studies have been confirmed in recent analyses of Russian bacteriosis species in birch samples, specifically *Dickeya dadantii* pv. *betulae* has been proven to be identical to *Erwinia chrysanthemi*, by 96.72%. This result can be used to expand forest bacteriosis profiles [3].

Phytopathological monitoring based on NGS metagenomic analysis allows us to estimate potential infectious species and predict emerging threats related to infection spread in forests. Further bioinformatic pipelines need to be optimized for implementation into routine monitoring practices.

1. Yang S., Johnson M.A., Hansen M.A. et al. Metagenomic sequencing for detection and identification of the boxwood blight pathogen *Calonectria pseudonaviculata* // Sci Rep. – 2022. – Vol. 12, N. 1399.
2. Janusz G., Mazur A., Pawlik A. et al. Metagenomic Analysis of the Composition of Microbial Consortia Involved in Spruce Degradation over Time in Białowieża Natural Forest // Biomolecules. – 2023. – Vol. 13, N. 1466.
3. Baubekova A., Abiyev S., Asilkhanova R. et al. Detection of Phytopathogenic Bacteria Damaging Weeping Birch (*Betula Pendula*) by Molecular Identification Method // Pol. J. Environ. Stud. – 2022. – Vol. 6, N. 68, P. 4549-4556.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ИНФЕКЦИИ В ХВОЙНЫХ ПОРОДАХ БАЙКАЛА

Е.И. Михеева

Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Ekaterina.Mikheeva@skoltech.ru

Массовый ущерб кедровым и пихтовым лесам Байкальского региона от бактериальной водянки можно рассматривать как результат взаимодействия климатических, эдафических и биотических факторов в рамках экологических преобразований. За последние два десятилетия в регионе произошли качественные изменения в структуре лесных экосистем: состояние озера Байкал сопровождается ростом болезней лесов, что свидетельствует о влиянии возбудителей инфекций на состояние лесного фонда.

Систематическое понимание эпидемиологии бактериальной водянки требует анализа взаимосвязанных компонентов: абиотических условий, благоприятных для патогена, и биотических взаимодействий в сообществе организмов. Климатические изменения (повышение среднегодовой температуры на 1,2–1,5°C, изменение режима выпадения осадков) расширяют благоприятные условия для развития возбудителя *Erwinia multivora* и его переносчика – уссурийского полиграфа. Параллельно зараженные насаждения становятся объектом вторичной инвазии короедов (*Scolytidae*), что приводит к ускоренной гибели деревьев. Считается, что этиология бактериальной водянки связана с пектолитическими энтеробактериями, которые синтезируют целлюлолитические ферменты и действуют системно через проводящую систему растения. Низкий уровень влажности воздуха служит дополнительным фактором ослабления защитных механизмов деревьев [1]. В рамках лесопатологического мониторинга 2021–2023 гг., включавшего 4 тыс. анализов ДНК и дистанционное обследование 23 млн га байкальских лесов, была выявлена площадь поврежденных лесов в 221,5 тыс. га, в то время как лесные болезни составили 40,5 тыс. га. Кроме того, самые высокие показатели заражения наблюдались в лесах, ослабленных предыдущей засухой (2017–2019 гг.) и характеризующихся пониженной активностью растительности [2]. Новизна заключается в систематическом анализе взаимодействия климатических, почвенных, дендрохронологических и фитопатологических данных для выявления условий уязвимости лесных экосистем к инфекционным заболеваниям.

Динамика эпифитотий бактериальной водянки в хвойных лесах озера Байкал показывает изменения в балансе экосистем под влиянием климатических и антропогенных факторов. Перспективным направлением к управлению лесами и их защите является разработка системы управления лесами, включая ранний мониторинг на основе молекулярной диагностики и дистанционного зондирования, разведение устойчивых форм кедра и пихты и применение биологических методов борьбы.

1. Шилкина Е.А., Солдатов В.В. Бактериальная водянка хвойных: рубить нельзя сохранить? // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 1. – С. 7–9.
2. Рослесхоз: подведены итоги лесопатологического мониторинга в лесах Байкала за 2021–2023 года // Федеральное агентство лесного хозяйства. – 2024.

VALUE-ADDED FUNCTIONAL BIOCOMPOSITES BASED ON BACTERIAL CELLULOSE FOR BIOMEDICAL APPLICATION

E.I. Mikheeva ^{a,b}, S. Pal ^a, A. Shafi ^a

^a *Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia*

^b *byScoby LLC, Saint Petersburg, Russia,*

ei.mikheeva@yandex.ru

Bacterial Nanocellulose (BNC) is a promising biomaterial that has been widely used in fields such as wound healing, tissue engineering, and drug delivery due to its high purity, mechanical strength, and biocompatibility. To further enhance these properties and improve biological inertness, the functionalization of BNC is crucial for developing value-added advanced therapeutic applications [1].

The cellulose synthase (Bcs) enzyme complex, which polymerizes UDP-glucose to form β -(1,4)-glucan chains, is involved in the biosynthesis of BNC in *Komagataeibacter xylinus*. These glucan chains pass through the cell membrane and form a three-dimensional network of nanofibers that crystallize. Industrial production techniques include static cultures that form films used for wound dressings and stirred bioreactors that are shaped to fit implants [2]. Modern approaches increasingly utilize waste from the agro-industrial sector as substrates. In Russia, innovative technologies such as “extended cultivation” using *Medusomyces gisevii* (kombucha) comparatively increase yields, as demonstrated by the case of the industrial example of innovative enterprise, byScoby LLC [3]. In parallel, research is underway to sequence liquid crystal materials at BNC.

The functionalization of BNC has led to the creation of advanced biomaterials with tailored properties. The incorporation of inorganic substances, particularly silver nanoparticles, provides a powerful antimicrobial effect crucial for wound dressing. Organic biopolymers such as chitosan and collagen highly improve cell adhesion and proliferation within tissue structures. Pharmaceutical agents, including antibiotics, facilitate targeted and prolonged drug release, which have been incorporated into commercial wound care products undergoing clinical trials. Future efforts should focus on scalable and sustainable manufacturing methods as well as developing versatile composite materials for next-generation medical devices.

1. Melro L., Alves C., Fernandes M. et al. Bacterial nanocellulose as a versatile scaffold for biomedical applications: Synthesis, functionalization, and future prospects // *Applied Materials Today*. – 2025. – Vol. 46, N. 102858.
2. Venturelli G., Villa F., Petraretti M. et al. Bacterial Cellulose for Scalable and Sustainable Bio-Gels in the Circular Economy // *Gels*. – 2025. – Vol. 11, N. 262.
3. Mikheeva E.I., Kuranova M.A., Gorokhova A.A. Downstream process for modified bacterial cellulose production with an increased functional properties for textile industry // *XI XI International Conference of Young Scientists: bioinformatics, biotechnologists, biophysicists, virologists, molecular biologists and specialists in fundamental medicine*. – 2024. – P. 92.

ПОЛНОГЕНОМНОЕ СЕКВЕНИРОВАНИЕ РИЗОСФЕРНОГО ШТАММА *BACILLUS SUBTILIS* NGII

А.А. Николаева, Д.С. Пудова, Г.Ф. Лутфуллина, А.М. Марданова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

azazel1212@rambler.ru

Различные представители рода *Bacillus*, ассоциированные с растениями, успешно применяются в качестве биологических стимуляторов для защиты сельскохозяйственных культур. Биорегулирующие свойства *Bacillus spp.* обусловлены широким спектром вторичных метаболитов, разнообразие которых варьирует в зависимости от вида и штамма. Целью исследования было проведение полногеномного секвенирования нового ризосферного изолята *Bacillus subtilis* NGII.

Исследуемый штамм *B. subtilis* NGII был выделен из ризосферы картофеля. Геномная ДНК была получена из «ночной культуры» с использованием коммерческого набора GeneJET, Thermo Scientific, а библиотеки WGS были подготовлены с использованием протокола Illumina DNA Prep (M). Секвенирование проводили на системе NovaSeq 6000 (Illumina) с парными считываниями длиной 150 п.н. Сборка генома была проведена с использованием SPAdes версии 4.0.0. Статистика сборки генома была выполнена с помощью QUAST v. 5.2.0.

Геном *B. subtilis* NGII представлен в виде 22 скаффолдов общей длиной 4,1 Мб (содержание G+C - 43,5%; покрытие генома - 328x; N50 - 1,1 Мб и L50 - 2 п.н.). Аннотацию генома проводили с помощью RAST и выявили 4201 ген, из которых кодирующие гены – 4054, тРНК – 45, рРНК – 5, нкРНК – 5, псевдогенов – 92. Далее была проведена идентификация штамма с помощью веб-сервера JspeciesWS. Было установлено, что штамм NGII наиболее тесно связан с *Bacillus subtilis* с гомологией >98%. Анализ AntiSMASH_8.0.2 выявил в геноме исследуемого штамма кластеры генов, связанные с синтезом вторичных метаболитов, таких как плипастин, бацилизин, субтилозин А, бациллинактин, фенгицин, бациллаен и сурфактин. Последовательность генома была отправлена в Национальный центр биотехнологической информации (NCBI) с номером доступа JBPJSK000000000.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-76-20010, <https://rscf.ru/project/25-76-20010/>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ В КАЧЕСТВЕ СИЛОСНЫХ ЗАКВАСОК

А.Э. Никонова^а, Я.В. Царева^а, Е.А. Гаврилова^а, И.Т. Бикчантаев^б, Ш.К. Шакиров^б,
А.Р. Каюмов^а

^а Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^б Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения, Казань, Россия

Обеспечение высококачественных объемистых кормов является одним из определяющих факторов повышения продуктивности сельскохозяйственных животных и оптимизации экономической эффективности животноводства. Силос, являясь ключевым компонентом рационов жвачных, должен характеризоваться высокой ферментативной стабильностью, сохранностью питательных веществ и минимальными микробиологическими рисками. Однако традиционные методы силосования нередко сопровождаются интенсивным развитием нежелательной микрофлоры, замедленным снижением pH и значительными потерями сухого вещества, что приводит к ухудшению кормовой ценности и снижению биологической доступности питательных компонентов.

В условиях необходимости совершенствования технологий консервирования растительного сырья все большую актуальность приобретают биологические регуляторы ферментации, к числу которых относятся пробиотики. Пробиотические микроорганизмы, вводимые в силосуемую массу, способны модулировать микробиоценоз, интенсифицировать молочнокислое брожение и подавлять развитие нежелательных бактерий и грибов. Применение таких биопрепаратов рассматривается как перспективное направление повышения эффективности силосования, обеспечивающее улучшение химического состава, аэрационной стабильности и общего качества готового корма.

Цель исследования – оценить эффективность применения пробиотиков при силосовании и их влияние на качество, микробиологические параметры и сохранность силоса.

Силосуемую массу тритикале измельчали и закладывали в герметичные ёмкости. Перед уплотнением на поверхность массы наносили различные пробиотические препараты методом равномерного опрыскивания; контрольный вариант осуществлялся без их применения. После герметизации силос выдерживали в течение 3 месяцев. По окончании периода ферментации выполняли отбор проб для последующей оценки качественных и микробиологических показателей.

Анализ результатов остаточной жизнеспособности микроорганизмов в силосе тритикале различных сортов («Бета», «Светлица» и «Светлица», вторая закладка) показывает, что применение пробиотических препаратов заметно влияет на микробиологический профиль силоса.

Во всех обработанных вариантах отмечается выраженное снижение численности нежелательной микрофлоры, включая энтеробактерии, дрожжи и стафилококки, по сравнению с контролем. Наиболее заметный подавляющий эффект проявляют препараты ЭмВита, Фермасил и AIV3. Одновременно с этим во всех опытах наблюдается увеличение содержания молочнокислых бактерий, что указывает на активизацию процессов молочнокислого брожения и формирование более стабильной кислотной среды. Наиболее выраженное повышение численности лактобактерий отмечается при применении AG10 и ЭмВита.

Повторная закладка сорта «Светлица» также демонстрирует устойчивое влияние пробиотиков: микробные показатели остаются сбалансированными, а положительный эффект на подавление нежелательной микрофлоры сохраняется.

В целом проведённая работа показала, что применение пробиотических препаратов при силосовании тритикале является эффективным биотехнологическим приёмом, улучшающим микробиологическое состояние и качество готового силоса. Использование различных пробиотиков способствовало активному развитию молочнокислых бактерий и одновременному подавлению нежелательной микрофлоры, что обеспечивало более стабильное и безопасное протекание ферментационных процессов. Полученные данные подтверждают целесообразность включения пробиотических инокулянтов в технологию заготовки силоса, поскольку они повышают его питательность, микробиологическую чистоту и потенциальную кормовую ценность.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ CD206, STAT3, MMP-9, MMP-2 В ПОПУЛЯЦИИ МАКРОФАГОВ, ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ИЗ МОНОНУКЛЕАРНЫХ КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ *IN VITRO*

Д.В. Осадчая, В.С. Дмитриенко, К.В. Китаева

Институт фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия

dasha.osad4aya@gmail.com

Введение. Опухоль-ассоциированные макрофаги, особенно M2-поляризованные, играют ключевую роль в ремоделировании внеклеточного матрикса и регуляции иммунного ответа [1]. M2-макрофаги, экспрессирующие CD206, секретируют ферменты и цитокины, стимулирующие ангиогенез и подавление иммунитета, реорганизуют опухолевую строму и тем самым способствуют росту, инвазии и метастазированию опухоли, в том числе за счёт секреции MMP-2/MMP-9 и активации пути STAT3 [2].

Цель исследования – сравнение уровня экспрессии CD206, MMP-9, MMP-2 и STAT3 между различными популяциями макрофагов (M0, M1, M2), дифференцированных из мононуклеарных клеток периферической крови

Материалы и методы. Мононуклеарные клетки периферической крови выделяли центрифугированием в градиенте плотности фиколла. Дифференцировку моноцитов проводили с добавлением фактора, стимулирующего колонии гранулоцитов и макрофагов (GM-CSF) для получения популяции M0, интерферона γ (ИНФ- γ) и липополисахарида (LPS) для формирования популяции M1, а также интерлейкина-4 (IL-4) и трансформирующего фактора роста β (TGF- β) для популяции M2. Экспрессию оценивали методом иммуноцитохимии и вестерн-блот-анализа.

Результаты. С помощью иммуноцитохимии была показана экспрессия CD206 на поверхности M2-макрофагов, при этом экспрессия на M0/M1-макрофагах не наблюдалась. Методом вестерн-блот анализа был выявлен уровень экспрессии ключевых маркеров в трех субпопуляциях: CD206 – в M2 на 86% и 66% выше чем в M0/M1 популяциях соответственно; STAT3 – на 56% чем в M1 и на 90%, чем в M0; MMP-9 – на 45% чем в M0 и на 27%, чем в M1. MMP-2 был максимально выражен в M1-макрофагах.

Закключение. Результаты подтверждают, что протокол эффективно дифференцирует мононуклеары периферической крови в макрофаги M0, M1 и M2 и они являются функционально активными.

1. Prakash, J. The Tumor Stroma: Biology and Therapeutics. The Tumor Stroma/ J. Prakash. – 2022– V. 454. – № 7203. – P. 436–444.
2. He, Z. Tumor-Associated Macrophages and Their Functional Transformation in the Hypoxic Tumor Microenvironment / Z. He, S. Zhang // Frontiers in Immunology. – 2021. – V. 12. – P. 741305.

ХАРАКТЕРИСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ КЛЕТОК РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ К ЦИСПЛАТИНУ В ТРЕХМЕРНОЙ КОКУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

М.Н. Осинникова^{a,b}, В.С. Дмитриенко^a, Д.В. Осадчая^a

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

^b Научно-технологический университет «Сириус», ФТ Сириус, Россия

osinnikova.2003@gmail.com

Классические двухмерные модели опухолей, применяемые в *in vitro* исследованиях, недостаточно воспроизводят сложную архитектуру опухолевой ткани и взаимодействие клеток с микроокружением. В этой связи значительный интерес представляют трёхмерные клеточные модели — сфероиды другие типы 3D-культур, которые обеспечивают более физиологически релевантные условия для оценки противоопухолевой активности препаратов. Целью данной работы является оценка цитотоксического действия цисплатина на клетки рака молочной железы в условиях трёхмерной кокультуры с иммунными и стромальными клетками *in vitro*.

В рамках эксперимента мононуклеарные клетки периферической крови здорового донора были направленно дифференцированы в М2-макрофаги. Для индукции дифференцировки использовали ГМ-КСФ (получение М0-макрофагов), а также комбинацию ГМ-КСФ и TGF- β (для получения М2-макрофагов). Дополнительно были выделены нормальные кожные фибробласты человека, часть которых дифференцировали в миофибробласты путём инкубации с TGF- β .

На основе полученных популяций были сформированы моно- и ко-культурные 2D-культуры, и сфероиды. Сборка сфероидов проводилась в круглодонных 96-луночных планшетах, предварительно покрытых 1% агарозой, по $1,2 \times 10^3$ клеток в лунку. Клетки культивировали в среде DMEM (2% FBS) с добавлением B27 (2%), FGF и EGF (по 10 нг/мл). Замена среды осуществлялась каждые 2-3 дня. На шестые сутки после начала культивирования в среды добавляли цисплатин в концентрациях 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128 мкМ, а также Triton X-100 в качестве положительного контроля. Инкубация проводилась в течение 24 часов, после чего жизнеспособность клеток оценивали методом МТТ. В качестве контроля использовали 2D-культуры с идентичным клеточным составом.

Расчёт IC_{50} с использованием четырёхпараметрической логистической аппроксимации показал, что в 2D-культурах значения IC_{50} варьировали от 19,89 до 29,55 мкМ (Рисунок 1). Для 3D-сфероидов данные значения были значительно выше – от 60,86 до 84,67 мкМ (Рисунок 1). Максимальные значения IC_{50} регистрировались в тройной ко-культуре (MCF-7 + миофибробласты + М2-макрофаги), что указывает на выраженный протективный эффект немалигнантных компонентов опухолевого микроокружения.

Наличие фибробластов и М2-макрофагов, вероятно, усиливает хеморезистентность за счёт активации протективных сигнальных путей, снижения пролиферативной активности в центральных зонах сфероида, гипоксии, ограниченной диффузии препарата в 3D-структуре.

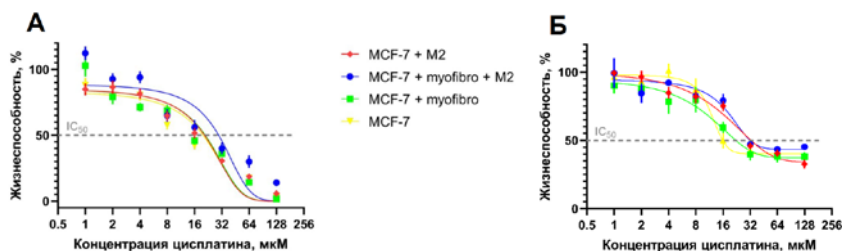


Рисунок 1. Дозозависимые кривые жизнеспособности клеток при действии цисплатина в различных моделях культуры: монослой (А) и 3D-культуры (Б).

РАДИОВОЛНОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ТРЕМОРА

А.А. Павлова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

anna12100224@gmail.com

Тремор, определяемый как произвольные, ритмичные, колебательные движения части тела, является одним из наиболее распространенных двигательных расстройств в клинической неврологии [1]. Его точная диагностика и дифференциация критически важны, однако существующие методы (клинические шкалы, ЭМГ, акселерометрия) часто субъективны, контактны или непригодны для длительного мониторинга, что создает потребность в разработке новых объективных инструментов, таких как радиоволновые методы детекции.

Проведенный анализ литературы показал, что современная классификация тремора основана на двухосевом подходе, включающем клинические характеристики (ось 1) и этиологию (ось 2), что задает строгий алгоритм диагностики [1]. Патофизиология тремора гетерогенна и включает четыре ключевых механизма: периферические (механические осцилляции и рефлекторные) и центральные (стабильный осциллятор и мозжечковый тремор), дифференцируемые по ЭМГ-паттерну и изменению частоты при нагрузке [2, 3]. Выявлены различные патофизиологические субстраты основных видов тремора, включая нарушения в оливо-церебеллярных связях, базальных ганглиях и стволовых структурах [2, 3]. Таким образом, выявленная взаимосвязь между клиническими характеристиками, патофизиологическими механизмами и частотными параметрами тремора создает теоретическую основу для разработки радиоволнового метода его неинвазивной детекции.

1. Bhatia K. P. et al. Consensus Statement on the classification of tremors. from the task force on tremor of the International Parkinson and Movement Disorder Society //Movement disorders. – 2018. – V. 33. – №. 1. – P. 75-87.
2. Говорова Т. Г. и др. Тремор: классификация, клиническая характеристика //Consilium Medicum. – 2018. – Т. 20. – №. 9. – С. 95-100.

HIGH-PERFORMANCE BIOPOLYMERS AND REINFORCEMENTS FOR SUSTAINABLE INDUSTRIAL MATERIALS

S. Pal, A. Shafi, E.I. Mikheeva

Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

Sukhwant.Pal@skoltech.ru

The growing demand for environmentally friendly manufacturing has increased interest in bio-based materials that can replace traditional petroleum-based plastics. A wide range of renewable compounds, including nanocellulose, lignin, chitosan, and starch-derived polymers, have shown strong potential for producing durable, lightweight, and biodegradable products. These natural materials not only are abundant but also can be processed with relatively low energy inputs, making them suitable for sustainable industrial applications. Their ability to increase strength, thermal stability, and barrier properties allows them to function as effective reinforcements in modern composite systems [1]. These studies have found that biopolymers and reinforcement agents can be extracted from plant- and sea based biomass using mild chemical and mechanical treatments.

Nanocellulose fibers produced through controlled fibrillation demonstrated high stiffness and excellent compatibility with biodegradable polymer matrices. Lignin-based additives improved UV resistance and thermal performance, while chitosan contributed to antimicrobial and barrier properties, which are particularly useful for packaging applications. The resulting composites showed measurable improvements in tensile behavior and thermal stability, confirming that bio-derived reinforcements can enhance material performance [2–3].

Overall, the study demonstrated the practicality of integrating bio-based compounds into industrial materials systems. Their use supports the transition towards circular manufacturing by reducing dependence on non-renewable resources and reducing environmental impact. With continued optimization, high-performance biopolymers offer a realistic path towards greener products in sectors such as packaging, automotive components, agriculture, and consumer goods.

1. Abdul Khalil H.P., Davoudpour Y., Islam M.N. et al. Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: a review // Carbohydrate Polymers. – 2014. – Vol. 99, P. 649–665.
2. Salaberria A.M., Labidi J., Fernandes S. C. M. Chitin nanocrystals and nanofibers as nano-sized fillers into thermoplastic starch-based biocomposites processed by melt-mixing // Chemical Engineering Journal. – 2014. – Vol. 256, P. 356–364.
3. Gaspar R., Fardim P. Lignin-based materials for emerging advanced applications // Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. – 2023. – Vol. 41. N. 100834.

FROM AGRICULTURAL RESIDUES TO ADVANCED BIOCOMPOSITES: A SUSTAINABLE MATERIALS PATHWAY

A. Shafi, S. Pal, E.I. Mikheeva

Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

Ajaz.shafi@skoltech.ru

The search for sustainable alternatives has intensified due to the growing global environmental crisis caused by resource depletion and pollution from conventional synthetic materials. Agricultural wastes like sugarcane bagasse, corn husks, and coconut shells have shown promise as raw materials for creating sophisticated biocomposites [1]. By converting these wastes into useful products, they can help reduce air and soil pollution and lower dependency on non-renewable oil-based resources. These materials based on agro-wastes provide a dual benefit for the environment [2]. The transformation of residues into composites takes advantage of their rich lignocellulosic content and results in materials with properties suitable for lightweight applications [3].

The potential applications of these biocomposites are enormous and growing, spanning the biomedical, construction, and packaging sectors. For example, packaging films with a high tensile strength of 284.94 MPa and a biodegradation rate of 84% within 110 days under composting conditions have been made using cellulose derived from corn husks, exhibiting a strong combination of sustainability and performance [4]. They are utilized for non-structural parts like engine covers and interior panels in agricultural and automotive machinery, where their low density (0.7–1.4 g/cm³) helps to lighten vehicles, lowering fuel consumption, and in the case of agricultural equipment, soil compaction. Additionally, these materials often have useful functional qualities such as sound absorption (coefficients of 0.5–0.9) and thermal insulation (0.18–0.4 W/mK), which increase their appeal as building materials and car interiors.

To sum up, the creation of biocomposites from agricultural waste is an important step towards a circular economy. This provides a sustainable material pathway that not only reduces waste, but also opens the door to high-performance, environmentally friendly industrial applications.

1. Phiri R., Rangappa S. M., Siengchin S. et al. Development of sustainable biopolymer-based composites for lightweight applications from agricultural waste biomass: A review // *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*. – 2023. – Vol. 6, N. 4, P. 436–450.
2. Manickaraj K., Thirumalaisamy R., Palanisamy S. et al. Value-added utilization of agricultural wastes in biocomposite production: Characteristics and applications // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2025. – Vol. 1549, N. 1, P. 72–91.
3. Palaniappan M., Palanisamy S., Louhichi B. et al. Environmentally friendly composites from agricultural residue biomass for lightweight applications in new generation structures: A review // *BioResources*. – 2025. – Vol. 20, N. 4.
4. Solano-Reynoso A. M., Quispe-Quispe R. F., Choque-Quispe Y. et al. Activated Nanocellulose from Corn Husk: Application to As and Pb Adsorption Kinetics in Batch Wastewater // *Polymers*. – 2024. – Vol. 16, N. 24, P. 3515.

CONVERSION OF AGRICULTURAL RESIDUES INTO MICROCELLULOSE REINFORCED BIOPOLYMERS FOR SUSTAINABLE MATERIAL DEVELOPMENT

S. Pal, A. Shafi, E.I. Mikheeva

Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

Sukhwant.Pal@skoltech.ru

The increasing accumulation of petroleum-based plastic waste has become one of the most pressing environmental problems worldwide, contributing to ongoing pollution and resource depletion. Agricultural residues such as coffee husks, sugarcane bagasse, and corn straw represent a renewable yet underutilized source of raw material that could be converted into biodegradable polymers. The valorization of these agro-industrial residues not only reduces landfill accumulation but also supports the development of a circular economy by producing carbon-neutral materials [1].

In this study, lignocellulosic residues were processed to obtain cellulose and hemicellulose fractions via acid hydrolysis and ball-milling pretreatment. The extracted microcellulose was then incorporated into biopolymer matrices in order to enhance mechanical and thermal stability. Experimental results showed that cellulose derived from coffee husk and sugarcane bagasse achieved biodegradation rates of 84% and 77%, respectively, within 110 days under controlled composting conditions [2]. Similarly, light acid hydrolysis of corn straw and pineapple peel produced microcellulose with improved crystallinity and thermal stability suitable for use in green polymer production [3].

This integrated approach demonstrates the feasibility of producing high-performing, biodegradable materials from agricultural waste. The developed biopolymers have strong potential for use in packaging, agricultural film, and eco-composites, offering a sustainable alternative to conventional plastics as well as a more environmentally efficient replacement for petroleum-based plastics and significantly reducing environmental impact.

1. Samir A., Ashour F., Hakim A. et al. Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications // *npj Mater Degrad.* – 2022. – Vol. 6, N. 68.
2. Galaviz-Villa I., Landa P., Sampieri G. et al. Biodegradable polymers based on cellulose and fiber from coffee (*Coffea* spp.) and sugarcane (*Saccharum* spp.) residues // *BioResources.* – 2025. – Vol. 20, P. 7856-7869.
3. Souza P., Grisi C., Monção É. et al. Obtaining Microcellulose from Solid Agro-Waste by Ball Mill Assisted by Light Acid Hydrolysis Process // *ACS Omega.* – 2025. – Vol. 10, N. 1, P. 588-598.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ «РАК ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ»

С.Н. Ризатдинова^a, А.Ф. Титаренко^{a,b}

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b КГМА-филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, Казань, Россия

Sophia_Rizatdinova@mail.ru

Введение. Рак поджелудочной железы – злокачественная опухоль, исходящая из эпителия поджелудочной железы [1]. Клинические рекомендации (КР) – документ, содержащий структурированную информацию по профилактике, диагностике, лечению заболеваний и реабилитации пациентов, основанную на научных доказательствах [2].

Цель работы заключалась в сравнении КР по лечению рака поджелудочной железы, действующих на территории РФ, Европейского союза (ЕС), США, КНР и Японии [3-6].

Материалы и методы. Действующие КР найдены на официальных сайтах департаментов здравоохранения, обществ онкологов. Проведен анализ разных схем химиотерапии.

Результаты. В КР РФ, США, ЕС (2024, 2025, 2023 годы): режимы химиотерапии семейств FOLFIRINOX, FOLFOX, OFF, FOLFIRI, монотерапия и комбинации с гемцитабином, капецитабином, 5-фторурацилом. В КР США, ЕС: режим NALIRIFOX, таргетная терапия ларотректинибом, энтректинибом. В КР США присутствовала терапия репотректинибом, адаграсибом, соторасибом, комбинацией дабрафениб+траметиниб, селперкатинибом и др. В КР КНР (2022 г.) указано на возможное использование нимотузумаба.

Заключение. Различия режимов химиотерапии в КР разных стран связаны с формированием доказательной основы, опирающейся на исследования, проведенные в определенных регионах, особенностями национальных систем здравоохранения, различной доступностью лекарственных препаратов.

1. Клинические рекомендации. Рак поджелудочной железы. 2024. // Министерство здравоохранения РФ: официальный сайт. – URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/355_5 (дата обращения: 24.11.2025).
2. Федеральный закон от 21.11.2011 г. N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ».
3. National Comprehensive Cancer Network. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Pancreatic Adenocarcinoma. Version 2.2025. 2025.
4. Conroy T., Pfeiffer P., Vilgrain V., et al. Pancreatic cancer: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up // Ann Oncol. – 2023. – Т. 34, № 11. – С. 987–1002.
5. Cui J., Jiao F., Li Q., et al. Chinese Society of Clinical Oncology (CSCO): Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of pancreatic cancer // J Natl Cancer Cent. – 2022. – Т. 2, № 4. – С. 205–215. doi: 10.1016/j.jncc.2022.08.006.
6. Okusaka T., Nakamura M., Yoshida M., et al. Committee for Revision of Clinical Guidelines for Pancreatic Cancer of the Japan Pancreas Society. Clinical Practice Guidelines for Pancreatic Cancer 2022 from the Japan Pancreas Society: a synopsis // Int J Clin Oncol. – 2023. – Т. 28, № 4. – С. 493–511. doi: 10.1007/s10147-023-02317-x.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШТАММА *KLEBSIELLA OXYTOSA* И МУТАНТА С ДЕЛЕЦИЕЙ ГЕНА МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗЫ

Д.С. Рыженков, Л.Ф. Миннуллина, П.С. Мишеева, А.М. Марданова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

daniil.rizhenkov@yandex.ru

Klebsiella oxytoca является значимым условным патогеном человека, вызывающим широкий спектр внутри- и внебольничных инфекций. Она обладает целым рядом факторов вирулентности, одними из которых являются термолизинные металлопротеиназы. Известно, что эти ферменты могут разрушать структурные и функциональные белки организма хозяина, а также способствовать инвазии возбудителя в его клетки. Ввиду чего среди субстратов этих протеиназ особое значение имеет актин, являющийся ключевым компонентом цитоскелета эукариотических клеток. Максимум активности большинства данных ферментов (в частности, гримелизина – внутриклеточной протеиназы *Serratia grimesii*) наблюдается на стационарной фазе роста культуры, что в случае с *K. oxytoca* приходилось на 48 ч.

Целью данной работы было установление корреляции между протеолитической активностью *K. oxytoca* в отношении скелетно-мышечного актина и экспрессией гена термолизинной металлопротеиназы (*prtKO*).

В работе использовались выделенный с поверхности мочеточникового стента штамм *K. oxytoca* NK-1 и его мутант с инактивированным геном *prtKO*. Для определения протеолитической активности были получены клеточные лизаты 48-часовых культур штаммов с помощью двух методов разрушения клеток: замораживания-оттаивания и обработки ультразвуком. В качестве белкового субстрата использовали актин в концентрации ≈ 0.5 мг/мл. Клеточные лизаты смешивали с равным объемом актина и инкубировали 2 ч при комнатной температуре. В контрольных образцах к актину добавляли равный объем буфера, состоящего из 5 mM трис-HCl и 0.1 mM CaCl₂ (pH 7.5). После чего пробы инкубировали в течение ночи при 4 °C. Степень расщепления актина анализировали методом SDS-ПААГ-электрофореза. В ходе исследования активность в отношении актина была выявлена только у дикого типа *K. oxytoca* NK-1: на электрофореграмме обнаружены белковые продукты массой около 36 кДа, что характерно для ограниченного протеолиза актина гримелизином. Также можно отметить, что степень гидролиза актина была ниже в образцах, полученных методом замораживания-оттаивания. Это свидетельствует о том, что фермент выделился лучше при разрушении клеток ультразвуком.

Таким образом, инактивация гена металлопротеиназы *K. oxytoca* привела к потере протеолитической активности в отношении актина, что позволяет установить корреляцию между экспрессией гена *prtKO* и актинолитической активностью штамма *K. oxytoca* NK-1. Этот факт подтверждает специфичность и уникальность действия фермента в отношении исследуемого белка, а также говорит об отсутствии каких-либо дополнительных механизмов протеолиза.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета «Приоритет 2030».

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДУЛЯЦИЯ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЙ КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКА *IN VITRO*

С.В. Сабирова^a, Н.И. Марков^b, М.О. Гомзикова^a, А.А. Ризванов^a, Н.А. Барлев^{a,c}, Х-У. Симон^{a,b}

^a Лаборатория молекулярной иммунологии Института фундаментальной медицины и биологии
Казанского федерального университета, Казань, Россия

^b Институт фармакологии Бернского университета, Берн, Швейцария

^c Кафедра биомедицинских наук, Медицинский факультет, Назарбаев Университет, Астана,
Казахстан

sirinakurbangaleeva@gmail.com

Введение. Метаболизм клеток неразрывно связан с митохондриями, поэтому понимание общего уровня структурной и функциональной гетерогенности митохондрий в различных раковых клетках имеет решающее значение. Одним из самых распространенных онкологических заболеваний на сегодняшний день остается колоректальный рак (КРР), который характеризуется высокой молекулярной гетерогенностью и не имеет эффективных способов лечения. В данной работе мы стремились оценить уровень митохондриальной гетерогенности клеточных линий КРР и определить эффект фармакологической модуляции митохондриального метаболизма *in vitro* рядом соединений, воздействующих на митохондриальные функции.

Материалы и методы. Мы собрали панель из восьми широко используемых клеточных линий КРР: SW48, HCT-15, SW403, SW1417, SW480, LS123, SW620, COLO-320. Методом проточной цитометрии определили митохондриальную массу и митохондриальный мембранный потенциал (ММП) клеток КРР. Методом Seahorse-анализа определили биоэнергетический профиль клеточных линий. Анализ жизнеспособности клеток проводили с помощью окрашивания Аннексин V/PI через 72 часа после внесения исследуемых соединений: нацеленные на ЭТЦ и H⁺-градиент (СССР, ротенон, антимицин А, олигомицин А); нацеленные на субстратное обеспечение митохондрий (этомоксир, UK5099, BPTES); модуляторы митохондриального гомеостаза (циклоспорин А, mdivi-1, диметилфумарат).

Результаты. По полученным данным наибольшая масса митохондрий характерна для линий LS123, SW403 и SW48. Высокий ММП наблюдался у линий SW480, SW403, SW48. Клеточные линии COLO-320 и HCT-15 отличались самой наименьшей массой митохондрий и низким ММП. Оценка биоэнергетики выявила три профиля клеток: клетки с высоким соотношением OCR/ECAR (митохондриальный фенотип), клетки с низким соотношением OCR/ECAR (гликолитический фенотип) и со средним соотношением OCR/ECAR (промежуточный фенотип). Ротенон, антимицин А, mdivi-1 и диметилфумарат были наиболее эффективны в клетках с гликолитическим фенотипом, тогда как олигомицин А и циклоспорин А – в клетках с митохондриальным фенотипом. Этомоксир и BPTES демонстрировали эффективность в клетках с высоким митохондриальным дыханием. СССР и UK5099 оказывали эффект на промежуточный фенотип клеток.

Заключение. Полученные данные демонстрируют выраженную митохондриальную гетерогенность клеточных линий КРР и различную чувствительность к модуляции ключевых звеньев митохондриального метаболизма. Выявленные метаболические уязвимости могут служить основой для более точной метаболически ориентированной терапии КРР.

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

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРА CPT1А ЭТОМОКСИРА НА ПРОЛИФЕРАЦИЮ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ КЛЕТОК КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКА

Е.И. Сарбаева^a, С.В. Сабирова^a, Н.И. Марков^b, М.О. Гомзикова^a, Е.А. Науменко^a,
Н.А. Барлев^{a,c}, Х-У. Симон^{a,b}

^a *Лаборатория молекулярной иммунологии Института фундаментальной медицины и биологии
Казанского федерального университета, Казань, Россия*

^b *Институт фармакологии Бернского университета, Берн, Швейцария*

^c *Кафедра биомедицинских наук, Медицинский факультет, Назарбаев Университет, Астана,
Казахстан*

sirinakurbangaleeva@gmail.com

Введение. Колоректальный рак (КРР) остается серьезной медицинской проблемой с высокими показателями летальности. Одной из ключевых особенностей опухолевых клеток является их метаболическая пластичность. В частности, β -окисление жирных кислот, регулируемое ферментом карнитин-пальмитоилтрансферазой 1 (CPT1), играет критическую роль в обеспечении энергетических и биосинтетических потребностей клеток. Этомоксир, необратимый ингибитор CPT1A, потенциально может модулировать пролиферацию опухолевых клеток, в связи с этим, рассматривается как потенциальное противоопухолевое средство. Таким образом, целью нашей работы явилась оценка влияния этомоксира на пролиферацию, жизнеспособность и митохондриальный мембранный потенциал (ММП) клеток КРР.

Материалы и методы. Исследование проводили на клеточной линии КРР SW48. Клетки культивировали в среде DMEM с высоким содержанием глюкозы 25мМ. Обработку этомоксиром проводили в концентрации 5 мкМ в течение 72 часов при 37°C. В качестве контроля использовались необработанные клетки. Для анализа пролиферации, жизнеспособности и ММП клетки окрашивали флуоресцентными красителями CellTrace Violet, Annexin V/PI и JC-1, соответственно. Детекцию проводили с помощью проточного цитометра FACSLytic.

Результаты. Согласно полученным нами данным обработка клеточной линии SW48 5 мкМ этомоксира привела к увеличению относительной скорости пролиферации в 1,12 раза по сравнению с контролем. Вместе с этим наблюдалась тенденция к увеличению количества ранних апоптотических клеток без обработки и с обработкой этомоксиром $8,67 \pm 5,78\%$ и $9,56 \pm 3,76\%$ соответственно. При этом не выявлено влияния этомоксира на ММП клеток SW48.

Заключение. Низкая концентрация этомоксира не вызывала митохондриальной дисфункции и гибели клеток SW48, но сопровождалась умеренным усилением их пролиферации. Следовательно, оценка противоопухолевого потенциала метаболически направленных препаратов должна учитывать биоэнергетический профиль клеток и условия их роста.

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

ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ СТАТУС И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ВОЛОС И КОЖИ ВОЛОСИСТОЙ ЧАСТИ ГОЛОВЫ

Е.В. Сафронова, Д.Я. Гусарова, Л.А. Хаертдинова

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

lizasafronova2@gmail.com

Актуальность: заболевания волос в варианте различных видов алопеций и заболевания кожи волосистой части головы такие как: себорейный дерматит, псориаз, atopический дерматит, формируя косметический дефект, оказывают значительное влияние на различные аспекты жизни пациентов, включая психоэмоциональный статус, уровень самооценки, физического дискомфорта и социальной адаптации.

Цель: изучить влияние заболеваний волос и кожи головы на качество жизни пациентов.

Материалы и методы: Проведено анкетирование пациентов, страдающих заболеваниями волос (диффузное выпадение волос, андрогенетическая алопеция) и кожи волосистой части головы (себорейный дерматит, псориаз, atopический дерматит). Участникам опроса предлагалось анонимно ответить на вопросы в Google Forms. Вопросы анкеты затрагивали влияние клинических проявлений различных вариантов выпадения волос и симптомов воспалительных заболеваний кожи волосистой части головы на психоэмоциональное состояние, уровень самооценки и качество жизни пациентов.

Результаты: В исследовании приняло участие 68 человек в возрасте от 18 до 45 лет, имеющих заболевания волос и кожи волосистой части головы, из них: 14,7% мужчин и 85,3% женщин. При этом, 33,8% имеют симптомы выпадения волос, 35,3% - симптомы воспалительных заболеваний кожи волосистой части головы, а у 30,9% (21 человек) есть симптомы как заболеваний волос, так и заболеваний кожи головы. Анализ анкет показал, что 73,5% участников опроса считают, что заболевания волос и кожи волосистой части головы влияют на их взаимоотношения с окружающими, как внутри коллектива, так и в повседневной жизни, из них 48% респондентов вынуждены ежедневно маскировать симптомы заболеваний. Наряду с этим, 44,1% пациентов указывают на чувство стеснения и неуверенности при общении с противоположным полом.

Выводы: Результаты исследования доказывают актуальность дальнейшего изучения влияния заболеваний волос и кожи волосистой части головы на качество жизни пациентов с целью разработки персонифицированных программ терапии и профилактики.

ПЕРВИЧНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ: ЗНАНИЯ И ИНФОРМИРОВАННОСТЬ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ (РЕЗУЛЬТАТЫ ПИЛОТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ)

Е.В. Толстопятенко, Л.А. Хаертдинова

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

ekaterina.tols@mail.ru

Актуальность: По данным официальной статистики Республики Татарстан за 2024 год злокачественные новообразования кожи занимают второе место среди всех онкологических заболеваний. В числе приоритетных задач выделяют меры первичной профилактики рака кожи, повышение уровня осведомленности о рисках, связанных с воздействием ультрафиолетового излучения, а также важность соблюдения мер защиты от солнца, особенно среди молодежи.

Цель: проанализировать уровень знаний и осведомленности студентов медицинских вузов о факторах риска развития рака кожи, его ранних проявлениях, методах первичной профилактики, а также изучить особенности поведения, связанного с защитой от солнца.

Материалы и методы: В рамках пилотного исследования проведен опрос студентов-медиков Института фундаментальной медицины и биологии Казанского федерального университета. Участники отвечали на вопросы анкеты, созданной на платформе Google Forms, и касались фототипа кожи, количества родинок на теле, навыках самообследования родинок, факте обращения к врачу и проведения дерматоскопии, семейной истории по раку кожи, а также на вопросы валидированных шкал: The Skin Cancer and Sun Knowledge и Sun Protection Behavior Scale.

Результаты: В пилотном исследовании приняло участие 45 человек, из них 44,4% мужчин и 55,6% женщин. Анализ анкет показал, что несмотря на достаточный уровень знаний студентов-медиков о факторах риска развития рака кожи и его клинических проявлениях, 60% студентов не знают свой фототип кожи, 68,9% не владеют навыками самообследования родинок, 64,4% никогда не обследовали родинки у врача и не проходили дерматоскопии. При этом, только 17,8% респондентов используют солнцезащитные средства на постоянной основе, а 37,8% - эпизодически; 55,6% не носят головные уборы во время пребывания на активном солнце.

Выводы: Результаты пилотного исследования демонстрируют актуальность проведения исследования и акцентируют внимание на необходимости разработки образовательных мероприятий по профилактике рака кожи в молодежной среде.

ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВНОСТИ ФИЦИНА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ФЛОРФЕНИКОЛА И НОРФЛОКСАЦИНА

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

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

t0milina.tomilina@yandex.ru

Антибиотики – препараты природного или синтетического происхождения, обладающие бактериостатическим или бактерицидным действием. Флорфеникол применяется в ветеринарии для лечения респираторных заболеваний крупного рогатого скота, а норфлоксацин действует против множества патогенов, включая аэробные грамотрицательные и анаэробные бактерии [1].

Одним из серьезных препятствий в лечении бактериальных инфекций являются устойчивые к действию антибиотиков структурированные сообщества бактерий [2]. Применение ферментов, разрушающих биоплёнки, позволяет антибиотикам проникнуть ближе к очагу воспаления, повышая их терапевтическое воздействие. Фицин (КФ 3.4.22.3), получаемый из растений рода *Ficus*, уже используется в биомедицине и является примером таких энзимов [3].

Целью исследования является изучение протеолитической активности фицина в присутствии антибиотиков. В качестве объекта исследования был выбран фицин (Sigma), антибиотики – флорфеникол и норфлоксацин. Определение протеолитической активности фицина проводили на субстрате азоказеине (Sigma) [4].

При измерении активности фицина в присутствии флорфеникола в концентрации 128 мкг/мл выявлено, что активность биокатализатора увеличилась на 15 %, а при концентрации 256 мкг/мл – на 23 %. В присутствии норфлоксацина в концентрации 128 мкг/мл наблюдалось снижение активности фицина на 7 %, а при концентрации 256 мкг/мл – на 9 %.

Для изучения взаимодействий фермент-лиганд мы применили метод молекулярного докинга. Установлено, что норфлоксацин не образует водородных связей с фицином, но формирует физические взаимодействия с аминокислотными остатками: Gln19, Glu145, Trp184 и Trp188. При этом флорфеникол образует с Trp184 водородную связь. Кроме того, флорфеникол формирует физические взаимодействия с аминокислотным остатком His162, входящим в состав активного центра фермента, и остатками Gln19, Glu145 и Trp188.

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. В.Н Сковрцов. Антимикробная активность норфлоксацина в отношении микроорганизмов, выделенных от больных животных. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2011, 84, 73-74.
2. А.А. Хрянин. Биоплёнки микроорганизмов: современные представления. Антибиотики и химиотерапия, 2020, 65, 70-77.
3. М.Г. Холявка, В.Г. Артюхов. Имобилизованные биологические системы: биофизические аспекты и практическое применение: учебное пособие. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2017, 261 с. 4. A. Ray. Protease enzyme-potential industrial scope. Int. J. Technol, 2012, 1-4.

ЭКССУДАТЫ КАРТОФЕЛЯ ВЛИЯЮТ НА РОСТ И СИНТЕЗ ИНДОЛИЛ-3-УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ БАКТЕРИЙ *PSEUDOMONAS PUTIDA*

А.А. Туркина, А.А. Николаева, М.Т. Лутфуллин

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

annaturkina433@gmail.com

Бактерии рода *Pseudomonas* - представители группы Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR). Они являются продуцентами фитогормонов (ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота) и участвуют в повышении устойчивости сельскохозяйственных растений к абиотическим стрессам [1]. Абиотические стрессовые факторы влияют на взаимодействия PGPR с растением-хозяином, также на химический состав корневых экссудатов, выделяемых растениями в околокорневую зону [2]. Актуальным является поиск и характеристика штаммов бактерий, способных повышать устойчивость и стимулировать рост растений для дальнейшего применения в качестве биопрепаратов.

Целью данной работы являлась оценка влияния экссудатов микрорастений картофеля сорта Жуковский ранний, выращенных в различных условиях, на рост и синтез индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) штаммом *Pseudomonas putida* MG-8.

Экссудаты получали от микрорастений картофеля, инкубированных в стерильной воде в течение 7 суток в различных условиях: при оптимальной (25°C), пониженной (8°C) и повышенной (37°C) температуре, а также в условиях солевого стресса (25°C, 1.0% NaCl). Штамм *P. putida* MG-8 культивировали в среде LB с добавлением стерильных экссудатов в течение 96 часов. Динамику роста бактерий контролировали путем измерения оптической плотности (ОП₅₉₀) каждые 24 часа. Концентрацию ИУК в культуральной жидкости определяли колориметрическим методом с использованием реактива Сальковского [3].

Показали, что добавление экссудатов растений, выращенных при 8°C и 37°C ($2,38 \pm 0,03$ и $2,32 \pm 0,02$ соответственно на 24 ч) увеличивает оптическую плотность (ОП₅₉₀) культуры бактерий относительно контрольного варианта (без добавления экссудатов; $2,08 \pm 0,4$ на 24 ч). Экссудаты растений, выращенных в условиях солевого стресса, снижали рост бактерий относительно контроля ($1,34 \pm 0,06$ на 24 ч). Максимальная концентрация ИУК показана в варианте с добавлением экссудатов растений, выращенных при 25°C ($2,45 \pm 0,34$ мкг/мл на 96 ч), превышая значения контрольного варианта ($2,10 \pm 0,27$ мкг/мл на 96 ч). Добавление экссудатов растений, выращенных в условиях абиотического стресса (8°C, 37°C, 1% NaCl) приводило к снижению продукции ИУК ($1,70 \pm 0,31$, $1,88 \pm 0,30$, $2,03 \pm 0,31$ соответственно на 96 ч).

Таким образом, показали, что экссудаты картофеля, полученные при влиянии разных температур, увеличивают рост штамма *P. putida* MG-8 в сравнении с контролем. Также экссудаты, полученные при 25°C, повышают синтез ИУК штамма MG-8. Способность штамма сохранять активность и синтезировать ИУК при воздействии стрессовых для растения факторов свидетельствует о его перспективности в качестве биопрепаратов.

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

1. Jeyanthi, V. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) - Prospective and Mechanisms: A Review. [Text]/ Jeyanthi, V. Kanimozhi, S. // Journal of Pure and Applied Microbiology. – 2018. – V. 12.- P. 733-749.
2. Costa-Gutierrez, S. *Pseudomonas putida* and its close relatives: mixing and mastering the perfect tune for plants [Text]/ S.B. Costa-Gutierrez, C. Adler, M. Espinosa-Urgel, R.E. de Cristobal // Appl Microbiol Biotechnol. – 2022. – V. 106, No. 9. – P. 3351-3367.
3. Gordon S. Colorimetric estimation of indoleacetic acid [Text] / S.A. Gordon, R.P. Weber. // Plant physiology. - 1951. - V.26.

ВЛИЯНИЕ ВУЛЬГАРНЫХ АКНЕ НА УРОВЕНЬ САМООЦЕНКИ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ

К.А. Уельданова, А.Р. Хабипова, Л.А. Хаертдинова

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

a_khabipova@mail.ru

Актуальность: Локализуясь на открытых участках тела, таких как кожа лица, вульгарные акне создают заметный косметический дефект, который существенно отражается на психоэмоциональном состоянии, уровне самооценки и качестве жизни пациентов.

Цель: изучить влияние вульгарных акне и постакне на психоэмоциональный статус, уровень самооценки и качество жизни.

Материалы и методы: Проведен анонимный опрос среди студентов Института фундаментальной медицины и биологии Казанского федерального университета, имеющих симптомы вульгарных акне и постакне. Для сбора информации использовалась анкета в Google Forms, что гарантировало удобство заполнения, автоматизированную обработку данных. Анкета включала как открытые, так и закрытые вопросы с различными вариантами ответов. Особое внимание уделялось влиянию вульгарных акне и постакне на психоэмоциональное состояние.

Результаты: В исследовании приняли участие 27 человек в возрасте от 18 до 24 лет, страдающих симптомами акне и постакне. Среди них 23,5% мужчин и 76,5% женщин. Анализ анкет показал, что 70,4% участников считают, что акне влияют на различные аспекты жизни, в том числе на их отношения с окружающими. При этом, 77,8% отмечают чувство неловкости при общении с представителями противоположного пола. Более 90% девушек вынуждены ежедневно маскировать высыпания на лице с помощью косметических средств, таких как тональный крем, консилер или корректор. Студенты медицинских специальностей также отмечают, что их косметические недостатки могут повлиять на будущие карьерные возможности, так как чистая и здоровая кожа воспринимается как показатель общего здоровья и играет важную роль в профессиональной коммуникации, особенно в тех областях медицины, где требуется непосредственное взаимодействие с пациентами.

Выводы: Результаты исследования доказывают влияние акне на психоэмоциональное состояние и самооценку пациентов и показывают важность своевременной диагностики и лечения дерматоза, а также необходимость организации профилактических образовательных программ в студенческой среде.

ДЕРМАТОЗЫ ЛИЦА: ИЗУЧЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ ПОДХОДОВ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ

Л.Э. Фахрутдинова, Л.А. Хаертдинова

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

laylaregina25@gmail.com

Актуальность: Хронические дерматозы, локализованные на лице, включая вульгарные акне, розацеа, себорейный, периоральный и атопический дерматиты, а также псориаз, являются не только косметическим дефектом, но и причиной серьезного психологического стресса. У пациентов часто развиваются тревожность, чувство стыда, заниженная самооценка и патологическая самокритика. Эти эмоциональные проблемы сопровождаются поведенческими нарушениями: от избегания социальных взаимодействий и трудностей в профессиональной реализации до появления компульсивных привычек.

Цель: изучить влияние хронических дерматозов с локализацией на коже лица на психоэмоциональный статус, уровень самооценки и социальной адаптации.

Материалы и методы: Проведено анкетирование пациентов, страдающих хроническими дерматозами с локализацией на лице. Респонденты отвечали на вопросы анкеты, составленной с помощью сервиса Google Forms, позволяющего собрать информацию и получить ответы в сводную таблицу автоматизируя аналитику полученных данных.

Результаты: В анкетировании приняло участие 108 человек в возрасте от 18 до 50 лет, имеющих на коже лица клинические проявления дерматозов: вульгарные акне, розацеа, себорейный дерматит лица, периоральный дерматит, локализованную форму атопического дерматита «head and neck dermatitis», псориаз. Из них 15,7% мужчин и 84,3% женщин. В результате анализа анкет было установлено, что 79,6% респондентов считают, что высыпания на лице влияют на взаимоотношения с окружающими, из них 86% пациентов указывают на чувство стеснения и неуверенности при общении с противоположным полом. Более 90% женщин ежедневно прибегают к использованию маскирующих средств, чтобы скрыть внешние проявления дерматоза.

Выводы: Дерматозы лица существенно влияют на психоэмоциональный фон, самооценку и социальную адаптацию пациентов, что подчеркивает важность более детального изучения критериев качества жизни пациентов для создания персонализированных программ терапевтической коррекции.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕННОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА В ВЕТЕРИНАРНОЙ ПРАКТИКЕ

Т.И. Фахрутдинова, А.В. Тимофеева, Э.Ф. Давлетшин, Я.О. Мухамедшина

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

taya26200139@gmail.com

Травма спинного мозга (ТСМ) представляет собой серьезную нейропатологию с высокой степенью инвалидизации, значимо ухудшающую качество жизни мелких домашних животных. Существующие терапевтические подходы обладают ограниченной эффективностью в отношении восстановления утраченных неврологических функций. В этом контексте, генная терапия рассматривается как одна из наиболее перспективных стратегий, способная точно воздействовать на молекулярно-клеточные механизмы повреждения для стимулирования регенерации. Потенциал генной терапии заключается в стимуляции аксонального роста, нейропротекции, модуляции воспалительных процессов и формирования глиального рубца, что критически важно для функционального восстановления при ТСМ.

Ранее нами был разработан препарат для стимулирования регенерации и нейропротекции нервной ткани, содержащий рекомбинантные аденоассоциированные вирусы 9 серотипа (Патент РФ на изобретение № 2828544). Проведена оценка возможности усиления экспрессии белков нейротрофических и ангиогенных факторов GDNF, CNTF и VEGF в нервной ткани. Результаты подтвердили успешную генетическую модификацию нейронов экспериментальных животных на 14 сутки после интраспинального введения AAV9-coGDNF, AAV9-coCNTF и AAV9-coVEGF. При введении исследуемого препарата (комбинации AAV9-coGDNF, AAV9-coCNTF и AAV9-coVEGF) в спинной мозг крысы детектировано значительное увеличение числа копий мРНК генов *Gdnf*, *Cntf*, *Vegf* на 1 мкг общей РНК при сравнении с контрольной группой. При проведении ПЦР исследования на наличие интратекально инъецируемых терапевтических вирусных векторов был также получен положительный результат в различных отделах спинного и головного мозга.

На основании полученных положительных данных запланирован следующий этап доклинических исследований, направленный на оценку эффективности разработанной генной терапии при ТСМ у мелких домашних животных.

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В ОТНОШЕНИИ ГЕНОВ ФОТОПЕРИОДА И ЯРОВИЗАЦИИ

В.В. Федулова, Н.Б. Баранова, В.В. Костенко

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

fedulovavicka@yandex.ru

Республика Татарстан (РТ) – один из ключевых аграрных регионов России, в котором пшеница занимает главное положение, являясь основой регионального зернового фонда. РТ расположена в зоне умеренно-континентального климата с резкими сезонными перепадами температур, холодными зимами с неустойчивым снежным покровом и коротким вегетационным периодом. Эти условия создают серьезные риски для роста и колошения пшеницы. В связи с этим большое значение приобретают гены, регулирующие реакции растений на фотопериод (длину светового дня) и яровизацию (потребность в охлаждении для перехода к цветению). В этой связи целью нашего исследования являлась идентификация генов фотопериода и яровизации у высокоурожайных сортов пшеницы, возделываемых в Республике Татарстан.

В работе были использованы 3 сорта мягкой яровой и 9 сортов мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum*), предоставленные ТатНИИСХ (г. Казань). Было проведено генотипирование по маркерам генов фотопериода (*Ppd-D1*) и яровизации (*Vrn-A1*, *Vrn-B3*). Выделение ДНК проводили с использованием коммерческого набора реагентов. Аллельное состояние генов определяли с помощью проведения полимеразной цепной реакции с использованием ранее опубликованных олигонуклеотидных праймеров с последующей детекцией продуктов в 1%-агарозном геле. ПЦР-анализ *Ppd-D1* показал, что 3 сорта озимой пшеницы имеют аллель *Ppd-D1a* (нечувствительный к фотопериоду), в то время как все остальные сорта несут чувствительный к фотопериоду аллель *Ppd-D1b*. Также было выявлено отсутствие наиболее распространенных доминантных аллелей ключевых *VRN*-генов (*Vrn-A1a*, *Vrn-A1b* и *Vrn-B3a*), а также их рецессивных форм (*vrn-A1* и *vrn-B3*) в тестируемых сортах мягкой яровой и озимой пшеницы Республики Татарстан. Полученные результаты могут быть использованы в селекционных программах для создания сортов пшеницы, адаптированных к климатическим условиям Татарстана.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ФУНГИЦИДОВ В ОТНОШЕНИИ МИКРОМИЦЕТОВ РОДА *FUSARIUM*

С.А. Хворова^а, А.А. Николаева^а, М.Т. Лутфуллин^а, С.Г. Вологин^б, А.М. Марданова^а

^а Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^б ТамНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

sofia20032525@gmail.com

Инфекционные заболевания, вызванные *Fusarium spp.*, значительно снижают урожайность сельскохозяйственных культур. Для борьбы с фузариозом применяются фунгициды, но их широкое использование вызывает быстрое развитие резистентности у возбудителей. Цель работы – сравнительная характеристика эффективности фунгицидов разных классов в отношении возбудителей сухой гнили картофеля.

Из пораженных сухой гнилью клубней картофеля было выделено 10 штаммов *Fusarium spp.* Исследовали влияние препаратов Каптан (N-(трихлорметилтио)-4-циклогександикарбоксимид), РАЕК (дифеноконазол), Топсин (тиофанат-метил), Радомил голд (манкоцеб, мефеноксам) и Здоровая земля (тирам, карбоксин) на рост микромицетов методом лунок. Суспензию спор сеяли газоном на поверхность среды Чапека. В лунки вносили растворы фунгицидов в концентрациях: п (рекомендованная производителем), 2п и 4п. Измеряли диаметр зоны ингибирования роста через 5 суток.

Показали, что штаммы *Fusarium* различаются по чувствительности к используемым фунгицидам. Так, препарат Топсин не проявил активности против 9 из 10 тестируемых штаммов, что говорит об устойчивости изолятов к его действующему веществу. Фунгициды Каптан, РАЕК и Здоровая земля проявляли значимый ингибирующий эффект, как правило, только при 4-кратном превышении рекомендованной концентрации. Стандартные дозировки этих препаратов оказались неэффективными, что также свидетельствует о развитии резистентности. Наиболее эффективным оказался комбинированный препарат Радомил Голд, вызывающий полное подавление роста микромицетов в рекомендованной концентрации. Таким образом, микромицеты *Fusarium spp.* способны вырабатывать резистентность к широко используемым фунгицидам, что делает их использование малоэффективным и обуславливает необходимость поиска новых методов контроля.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-76-20010, <https://rscf.ru/project/25-76-20010/>.

АНТИОКСИДАНТНАЯ И ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВИНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИДОКСИНА

А.С. Христолюбова, О.В. Бондарь, Р.М. Хазиев, Е.А. Платонова, Ю.Г. Штырлин

Научно-образовательный центр фармацевтики, Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

ASKhristolyubova@kpfu.ru

Введение. Окислительный стресс приводит к преждевременному старению и является фактором развития многих заболеваний. Среди потенциальных антиоксидантов интерес представляют синтетические аналоги и метаболиты пиридоксина (витамина В6). В настоящей работе синтезированы и исследованы некоторые синтетические производные пиридоксина, содержащие винильную и гидроксильную группы в различных положениях пиридинового цикла.

Материалы и методы. Оценка антиоксидантной активности производных пиридоксина осуществлялась посредством реакции нейтрализации радикала $ABTS^{+}$, а также в тесте ингибирования перекисного окисления липидов, выявляемого реакцией малонового диальдегида с тиобарбитуровой кислотой. Исследование цитотоксической активности в отношении первичных клеток человека осуществлялось посредством трехдневного пролиферативного МТТ-теста.

Результаты. Выявлено, что производные пиридоксина с гидроксильной и винильной группой во втором или шестом положении пиридинового цикла характеризуются наибольшей антиоксидантной активностью. Шесть тестируемых соединений не уступали по нейтрализующей активности веществам сравнения – тролоксу и аскорбиновой кислоте с IC_{50} меньше 20 μM . В тесте ингибирования перекисного окисления липидов также выявлены соединения с высокой антиоксидантной активностью, соединение лидер имеет IC_{50} равную 30.6 μM . По результатам оценки цитотоксической активности можно заключить, что большинство соединений не цитотоксичны для клеток человека, их IC_{50} превышает 250 μM .

Заключение. Выявлены перспективные винильные производные пиридоксина с высокой антиоксидантной активностью и не цитотоксичные для клеток человека (рис. 1).

Работа выполнена при поддержке субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности (проект № FZSM-2023-0010).

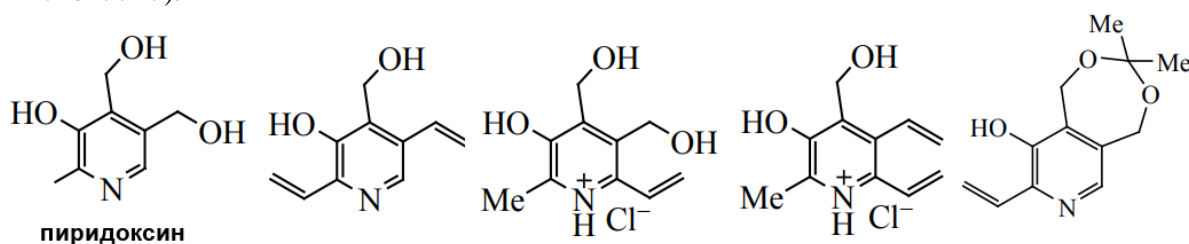


Рисунок 1 Пиридоксин и его синтетические производные, характеризующиеся высокой антиоксидантной активностью.

СОРГО, ОСНОВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ

Р.Р. Хузина

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

khuzinaroza@yandex.ru

Целью нашей работы является дальнейшее изучение способов переработки и использования сорго для повышения питательной ценности продуктов питания и их взаимодействие с микробиомом человека.

Сорго является основной сельскохозяйственной культурой во многих регионах мира [1]. Зерно сорго широко используется в приготовлении различных блюд и функциональных продуктов благодаря богатому содержанию белка и аминокислот. Одна из версий объяснения его пищевой ценности и многочисленных терапевтических преимуществ заключается в высоком содержании биоактивных фенольных соединений, которые занимают лидирующие позиции среди всех злаковых культур по концентрации [2,3]. Немаловажное значение, так же заключается в том, что в зерне сорго отсутствует глютен, фенольные вещества сорго обладают антиоксидантной активностью. Полифенолы, присутствующие в зерновой части сорго, обладают рядом полезных для здоровья человека свойств и находят применение пищевой промышленности и в биомедицине, также немаловажная роль танина, содержащихся в полифенолах, заключается в защите растений от стрессовых факторов. Эти природные антиоксиданты применимы для профилактики и лечения многих заболеваний. В целом, благодаря богатству питательных веществ и фенольных соединений, сорго является ценным продуктом для поддержки здоровья и профилактики болезней, как у человека, так и у животных. Поэтому исследования взаимодействия продуктов питания, полученных из сорго с микробиомом человека, являются перспективным направлением, что требует проведения дополнительных научных исследований.

1. Нафиков, М. М. Урожайность сои в зависимости от приёмов возделывания в лесостепи Поволжья / М. М. Нафиков, С. Г. Смирнов, В. Н. Фомин // Кормопроизводство. – 2013. – № 6. – С. 18-19.
2. Нафиков, М. М. Возделывание кормовых культур в одновидовых и смешанных посевах в Западном Закамье РТ / М. М. Нафиков, А. Р. Хафизова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 5, № 2(16). – С. 138-142.
3. Нафиков, М. М. Зависимость урожайности сахарного сорго от приемов предпосевной обработки почвы / М. М. Нафиков // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 21-23.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ В КАЧЕСТВЕ СИЛОСНЫХ ЗАКВАСОК

Я.В. Царева^a, Е.А. Гаврилова^a, А.Э. Никонова^a, И.Т. Бикчантаев^b, Ш.К. Шакиров^b,
А.Р. Каюмов^a

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения, Казань, Россия

В последние годы наблюдается рост интереса к использованию пробиотических микроорганизмов в различных отраслях сельского хозяйства, включая кормопроизводство. Одним из перспективных направлений является применение новых пробиотических штаммов в качестве силосных заквасок, что позволяет улучшить качество кормов для сельскохозяйственных животных, а также повысить их продуктивность. Пробиотики способствуют оптимизации процессов ферментации в силосах, повышая их питательную ценность и стабильность. В качестве пробиотиков в биотехнологии и пищевой промышленности широко применяются лактобактерии.

В нашей лаборатории продолжаются работы по разработке новых заквасок.

Целью работы выступает исследование влияния новых пробиотических штаммов на процесс силосования и оценки их эффективности в качестве заквасок для улучшения качества кормов и разработка нового синбиотического препарата на основе выделенных нами ранее штаммов лактобактерий.

Для оценки действия пробиотических лактобактерий в качестве силосных заквасок была проведена опытная закладка силоса из ржи с использованием наших штаммов. В течение трёх месяцев силос ферментировался в анаэробных условиях. Далее было проведено вскрытие и оценка микробиологического состава готового силоса.

Полученные результаты по остаточной жизнеспособности микробиоты в силосах ржи различных сортов («Подарок», «Зилант») и в повторной закладке показывает, что внесение пробиотических штаммов оказывает выраженное влияние на микробиологический профиль готового силоса.

Пробиотические микроорганизмы успешно выживают и доминируют в процессе ферментации, улучшая её направленность.

Варианты с пробиотиками, как правило, демонстрируют уменьшение численности энтеробактерий и стафилококков по сравнению с контролем. Это указывает на подавление нежелательных микроорганизмов за счёт создания более кислых и конкурентных условий внутри силоса.

Количество дрожжей и общего микробного числа (ОМЧ) остаётся стабильным или умеренно снижается при использовании большинства штаммов, что свидетельствует о более управляемом процессе силосования и снижении риска порчи корма.

Для ржи «Подарок» и «Зилант» тенденции схожие: пробиотические препараты обеспечивают более высокую жизнеспособность полезной микрофлоры и более низкие показатели нежелательных групп.

Во второй закладке ржи «Зилант» эффект выражен даже сильнее, что может быть связано с лучшими условиями ферментации или адаптацией штаммов.

В результате работы наши используемые пробиотические штаммы демонстрируют высокую эффективность в качестве силосных заквасок. Они способствуют формированию благоприятной микробиологической структуры силоса, повышая численность лактобактерий и снижая количество нежелательной микрофлоры. Это позволяет улучшить качество силоса и стабилизировать процесс ферментации.

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ДИТИОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ТРОМБОЦИТОВ

А.Г. Череповский, Т.А. Невзорова, Р.А. Ишкаева, И.С. Низамов, Т.И. Абдуллин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

agcherepovskiy@yandex.ru

Нарушение функциональной активности тромбоцитов играет значимую роль в развитии тромбозов и кровотечений [1]. Производные дитиофосфорной кислоты (Pyr-DTP, GSH-DTP) как потенциальные средства для коррекции нарушений свертывания крови представляют собой редокс-активные соединения, способные действовать как доноры сероводорода [2,3]. Их влияние на тромбоциты человека является неизученным.

Целью исследования было оценить влияние Pyr-DTP и GSH-DTP на митохондриальный потенциал, агрегацию и коагуляционные свойства тромбоцитов *in vitro*. В работе исследовали изменения функциональной активности тромбоцитов методом проточной цитометрии, оптической агрегометрии после активации тромбоцитов АДФ и параметры гемостаза методом тромбоэластографии в присутствии Pyr-DTP и GSH-DTP.

Показано, что Pyr-DTP и GSH-DTP дозозависимо могут вызывать деполяризацию мембраны митохондрий тромбоцитов после их активации АДФ и популяционную дестабилизацию. Pyr-DTP и GSH-DTP демонстрируют антиагрегантную активность. По данным тромбоэластографии, оба соединения уменьшают только время формирования сгустка, что указывает на ускорение ранних этапов коагуляции без влияния на прочность фибринового сгустка, содержащего тромбоциты. Таким образом, исследуемые производные дитиофосфорной кислоты оказывают сложное действие на тромбоциты, что требует дальнейших исследований. Данные подтверждают перспективу использования производных дитиофосфорной кислоты как модуляторов тромбоцитов.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (проект FZSM-2025-0002).

1. Scridon A. Int J Mol Sci. 2022;23(21):12772. DOI: 10.3390/ijms232112772
2. Ishkaeva RA et al. Int J Mol Sci. 2023;24(13):11063. DOI: 10.3390/ijms241311063
3. Ishkaeva RA et al. Molecules. 2021;26(10):2973. DOI: 10.3390/molecules26102973

ПРОИЗВОДНЫЕ ДИГИДРОХИНОЛИНА КАК АКТИВАТОРЫ БРОМЕЛИНА

А.М. Чертолясова, А.Н. Дубовицкая, Н.В. Столповская, С.М. Медведева, Х.С. Шихалиев, М.Г. Холявка, В.Г. Артюхов

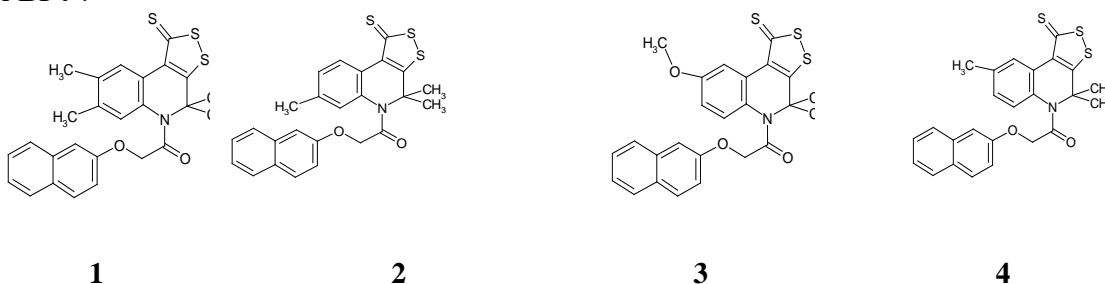
Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

anna.chertolyasova@mail.ru

Изучение и выявление механизмов модуляции активности ферментов позволяет развивать действенные и безопасные методы медицинской терапии и повышать эффективность производств, связанных с ферментами, что, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на развитие медицины и биотехнологии.

Бромелин (КФ 3.4.22.32) – протеолитический растительный фермент семейства цистеиновых протеаз, получаемый из ананаса, обладающий выраженной протеолитической активностью, а также антиоксидантными, противовоспалительными и муколитическими свойствами, благодаря чему широко применяется в пищевой промышленности, косметологии, медицине и фармакологии.

Целью работы являлось измерение активности бромелина в присутствии модуляторов синтетического происхождения. Объектом исследования был выбран бромелин фирмы Sigma. В качестве веществ-модуляторов выступали 5-ацилпроизводные 4,4-диметил-4,5-дигидро-1*H*-[1,2]дитиоло[3,4-*c*]/хинолин-1-тиона **1-4**, синтезированные сотрудниками кафедры органической химии ВГУ:



В результате проведенных экспериментов и последующих расчётов была определена разность удельной активности нативного и модулированного бромелина, которая зависела от вещества-активатора: в присутствии дитиолохинолинтиона **1** активность фермента возросла на 2%, соединения **2** на 24%, соединения **3** активность возросла на 10%, а гидрохинолин **4** повысил активность на 14%. Изменение активности фермента зависит от положения и количества заместителей в бензольном кольце лигандов.

Таким образом, наиболее перспективным в качестве активатора бромелина является соединение **2**, содержащее метильную группу в 7-ом положении цикла: в его присутствии каталитическая способность фермента увеличилась на 24% от исходной. Исследование модуляторов такой структуры представляет интерес для медицины и биотехнологии.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ МЕТОДИК

А.О. Яковлева, И.И. Ишмурадова, О.Е. Пфунт

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия

Alinaolegovna265@gmail.com

Проблема эффективного лекарственного обеспечения является актуальной в свете увеличения численности пациентов с хроническими заболеваниями и ростом нагрузок на медицинскую инфраструктуру, вызывая серьезные трудности в обеспечении доступности необходимых препаратов. Актуальность вопроса обусловлена постоянным дефицитом жизненно важных медикаментов, вызванным низкой точностью заявок на их закупку и недостатком информации о реальной потребности пациентов.

Для решения указанных проблем есть возможность спроектировать информационно-аналитическую систему, основанную на прогнозирующих методиках. Она позволит оптимизировать процедуры формирования заявок на покупку лекарственных препаратов и обеспечит рациональное распределение бюджетных средств. Предложенная методика предусматривает создание автоматизированной системы учета и прогнозирования потребности в медикаментах. Программа будет базироваться на обработке данных из медицинских информационных ресурсов, анализируя объемы назначаемых препаратов и динамику их потребления. Используя исторический анализ данных, программа рассчитает оптимальный объем закупки, позволяющий минимизировать риски недостатка или переизбытка препаратов.

Среди преимуществ предлагаемого подхода можно выделить: гарантированное наличие необходимых препаратов для пациентов с хроническими заболеваниями; сокращение сроков ожидания нужного препарата пациентами; минимизация рисков отказа в получении необходимых медикаментов; снижение числа жалоб пациентов на отсутствие нужных лекарств; увеличение доверия граждан к системе здравоохранения; повышение точности расчета потребности в лекарствах; улучшение управляемости процессом хранения и расхода препаратов; рациональное использование выделяемых средств.

Особое внимание уделено применению проверенных методов прогнозирования, таких как простое среднее, скользящее среднее и экспоненциальное сглаживание. Последний метод продемонстрировал наибольшую эффективность в условиях нестабильного спроса и колебания объемов потребления препаратов.

Таким образом, реализация проекта способствует повышению эффективности лекарственного обеспечения пациентов с хроническими заболеваниями, снизит вероятность возникновения дефицита медикаментов и обеспечит высокий уровень доступности лекарственных средств для всех категорий граждан.

СЕКЦИЯ 2
ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И
РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВЕРХНЕГО СЛОЯ МОРЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ

Л. Якушкин^{a,b}

^a МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

^b Институт океанологии имени П.П. Шишова РАН, Москва, Россия

yakushkin@mail.ru

Загрязнение Мирового океана мусором антропогенного происхождения представляет собой значительную проблему. Для выяснения масштабов ущерба, наносимого мусором, и его последующей утилизации, требуется увеличение знаний о его количестве и распределении по поверхности Мирового океана. Однако имеющиеся методы обнаружения и подсчета морского мусора обладают рядом недостатков. В связи с этим возникает необходимость разработки метода подсчета мусора, применимого в широком диапазоне погодных условий, не зависящего от времени суток, а также не подверженного влиянию человеческого фактора.

Предлагаемый метод основан на анализе возвратных сигналов, получаемых при зондировании водной толщи импульсным ультрафиолетовым лидаром. Предполагается, что при попадании лазером в плавающий на поверхности воды объект пик рамановского рассеяния от воды в спектре возвратного эхо-сигнала должен пропасть, поскольку мусор непрозрачен для зондирующего луча.

В ходе полевых работ использовался ультрафиолетовый флуоресцентный лидар УФЛ-9, разработанный в Лаборатории взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов Института океанологии РАН. Предложен критерий обнаружения мусора по интенсивности эхо-сигналов на длинах волн 404 нм (рамановское рассеяние) и 440 нм (максимум флуоресценции ОРОВ). Критерий обнаружения мусора был применён к данным, собранным в ходе экспедиций на Чёрном море в 2020 и 2021 гг. Результаты построения распределения мусора соответствуют данным визуального наблюдения и подсчета мусора.

Отдельно проведен модельный эксперимент по лазерному зондированию в полевых условиях образцов мусора, найденных на побережье моря в районе Голубой бухты (Геленджик). Эксперимент подтвердил, что спектр флуоресценции существенно меняется при попадании лазерного пучка в плавающий мусор.

СЕКЦИЯ 3

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЯ

EXPLORING MICRONEEDLE PATCHES FOR ORAL HYGIENE, BETTER SLEEP, AND ENHANCED PRODUCTIVITY

NorAlhuda Mazin Jabbar Al-alwani, A.N. Fetisova

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

al-alvani_n_d@student.sechenov.ru

Microneedle (MN) technology is a minimally invasive, painless platform enabling precise transdermal delivery of active compounds. Beyond traditional pharmaceutical use, MN patches show growing potential in oral hygiene improvement, circadian rhythm support, and cognitive enhancement. This study proposes a multifunctional MN patch integrating a dual-release system of caffeine and melatonin, along with optional oral microbiome–modulating agents.

The patch's morning-release caffeine layer provides smooth, sustained alertness without the rapid peaks and crashes typical of oral intake. As its effects naturally decline, the evening-release melatonin layer activates to support physiological sleep onset and improve circadian alignment. Incorporating antimicrobial agents or probiotics enables direct modulation of the oral microbiome, reducing pathogenic bacteria, preventing plaque formation, and promoting overall oral health.

This MN platform offers a practical tool for improving daytime productivity, sleep quality, and oral hygiene simultaneously. Materials such as PLGA, hyaluronic acid, PVP, and PEG allow fabrication of stable dual-layer MNs using mold casting and controlled drying. HPLC confirmation demonstrated consistent drug loading and reliable sequential release. Experimental observations indicate effective skin penetration, improved alertness from caffeine delivery, enhanced sleep initiation from melatonin release, and measurable reductions in oral pathogens.

Multifunctional MN patches represent a promising wellness technology, combining productivity enhancement, sleep regulation, and oral hygiene support in a single, painless device. Future advancements should focus on in vivo validation and smart adaptive release systems.

БИСАМФИФИЛЬНЫЕ КАТИОННЫЕ МЕРОТЕРПЕНОИДЫ НА ОСНОВЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ТЕРПЕНОЛОВ: СИНТЕЗ, ИЗУЧЕНИЕ АГРЕГАЦИОННЫХ, МЕМБРАНОТРОПНЫХ СВОЙСТВ И БАКТЕРИОСТАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

А.С. Абдуллаева^a, Ю.В. Панина^a, А.А. Ахмедов^a, А.В. Баклагина^b, И.И. Стойков^b

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

^b Институт экологии, биотехнологии и природопользования Казанского федерального университета, Казань, Россия

azsabdullaeva@kpfu.ru

В последнее время актуальной задачей является разработка антимикробных лекарственных средств на основе природных и полусинтетических источников. В связи с этим, большое внимание привлекают синтетические мембраноактивные низкомолекулярные катионные амфифилы. Считается, что положительный заряд позволяет им взаимодействовать с отрицательно заряженными поверхностями бактериальных и грибковых клеточных мембран посредством электростатических сил.

Перспективными агентами для создания катионных амфифильных соединений являются терпены и их производные. Эти природные соединения, обладая фунгистатическими свойствами, способностью усиливать проникновение в кожу, становятся идеальными кандидатами для разработки противогрибковых препаратов [1].

В данной работе были синтезированы бисамфифильные катионные меротерпеноиды, на основе *S*-периллилового спирта или *1R*-миртенола. Для полученных соединений методом ДРС была изучена самосборка в водных растворах, при помощи метода турбидиметрического титрования была исследована мембранотропная активность, также была охарактеризована бактериостатическая активность в отношении некоторых грибов и бактерий.

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

1. A. Akhmedov, R. Gamirov, Y. Panina, E. Sokolova, Y. Leonteva, E. Tarasova, R. Potekhina, I. Fitsev, D. Shurpik, I. Stoikov *Org. & Biomol. Chem.* 2023. V. 21. I. 23. P. 4863–4873.

ДНК-СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ БРИЛЛИАНТОВОГО КРЕЗИЛОВОГО СИНЕГО, ЭЛЕКТРОПОЛИМЕРИЗОВАННОГО ИЗ СРЕД ГЭР

А.В. Ададунова, А.Н. Маланина, А.В. Порфирьева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

avadadurova@kpfu.ru

Разработка селективных и высокочувствительных ДНК-сенсоров является актуальной задачей для аналитической химии, фармакологии и экологического мониторинга. С постепенным развитием науки и техники люди все чаще задумываются о своем влиянии на окружающую среду, в связи с чем особое внимание уделяется разработкам в сфере «зелёной химии». Одним из принципов «зеленой химии» является использование безвредных биоразлагаемых растворителей. В качестве альтернативы токсичным органическим средам для электрополимеризации в данной работе было предложено использование глубокого эвтектического растворителя (ГЭР) на основе холин хлорида и щавелевой кислоты – оксалина. Электрополимеризованные покрытия на основе феназиновых, фенотиазиновых и феноксазиновых красителей используют для улучшения характеристик ДНК-сенсоров. Полимерные покрытия выполняют роль модификатора для иммобилизации других компонентов, увеличивают эффективную площадь поверхности, обладают медиаторными свойствами. Бриллиантовый крезиловый синий (БКС) успел хорошо зарекомендовать себя в составе различных сенсоров, однако ДНК-сенсоры на его основе в литературе практически не представлены.

В рамках работы впервые показана возможность эффективной электрополимеризации БКС из оксалина на планарном графитовом электроде. Предложены два способа иммобилизации ДНК: капельное нанесение поверх полимерного покрытия и включение ДНК в состав среды для электрополимеризации. Разработанный сенсор был апробирован для регистрации специфических взаимодействий ДНК с низкомолекулярными соединениями, в частности, для изучения модулирующего действия кофеина на эффективность противораковых препаратов. Полученные результаты демонстрируют потенциал для разработки новых биосенсорных систем, востребованных в аналитической химии и фармакологии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-13-00163.

СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА НЕПОДВИЖНЫХ ФАЗ "ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ - МАКРОЦИКЛ" В УСЛОВИЯХ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Р.М. Айнуллина, Ю.Г. Кураева

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
Самара, Россия*

ajnullinaruslana@gmail.com

Ионные жидкости (ИЖ) представляют собой перспективный и сравнительно новый объект исследования, привлекающий внимание благодаря своей уникальной природе. Эти соединения являются солями, которые находятся в жидком состоянии при температурах ниже 100 °С и характеризуются крайне низким давлением пара, высокой термической стабильностью и широкими возможностями структурной модификации. Комбинация органических катионов и неорганических/органических анионов позволяет целенаправленно варьировать их полярность, кислотно-основные свойства и способность к специфическим межмолекулярным взаимодействиям, что делает ИЖ функциональными средами для задач разделения и молекулярного распознавания.

Целью настоящего исследования являлось изучение сорбционных свойств композиционных неподвижных фаз на основе ионной жидкости 1-бутил-3-метилимидазолий бромид (БМИБ) и двух производных β -циклодекстрина – *гептакис*(2,3,6-три-*O*-метил)- β -циклодекстрин (Me- β -ЦД) и *гептакис*(2,6-ди-*O*-метил)- β -циклодекстрин (Me_{2,6}- β -ЦД), в условиях газовой хроматографии. Такая комбинация должна сформировать гибридную систему с двойным механизмом удерживания: ИЖ обеспечивает регулируемую полярность и сольватационную среду, а макроцикл обеспечивает селективное захватывание молекул в результате образования комплексов включения («гость-хозяин»).

Для оценки сорбционных и селективных свойств фазы изучались летучие органические соединения различных классов, включая оптические изомеры. В работе представлены температурные зависимости удерживания, демонстрирующие различия в селективности исследуемой фазы. Для объяснения механизмов селективного удерживания и комплексообразования с макроциклами были рассчитаны термодинамические характеристики сорбции, которые подтверждают ключевую роль включения молекул в полость макроцикла для разделения веществ.

РАЗРАБОТКА ГРАДИЕНТНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ПЕЧАТИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТА ПОЛИВИНИЛСУЛЬФИДА, АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОВОЛОКНОМ

Я. Алиалсами, С.А. Алмахмун Мамун, Д.А. Балькаев, Р.Р. Амиров

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

yahiaalsami1995@gmail.com

Функционально-градиентные материалы (FGM) представляют собой новое поколение интеллектуальных материалов, в которых внутреннее распределение компонентов осуществляется контролируемым, постепенным образом. Такая градиация позволяет сочетать контрастные свойства в одном материале, такие как твёрдость и прочность на поверхности с гибкостью и ударопрочностью внутри, открывая новые горизонты в производстве высокопроизводительных компонентов, предназначенных для применения в условиях высоких нагрузок.

Целью данного исследования было разработать и изготовить градиентные фрикционные материалы с использованием технологии 3D-печати из поливинилсульфида (ПФС), армированного короткими стекловолокнами (СВ) в различных пропорциях (0 масс.%, 10 масс.%, 20 масс.% и 30 масс.%). Были напечатаны два типа градиентных структур: тип А (симметричный) с симметричной структурой вокруг центра (30 масс.%, 20 масс.%, 10 масс.%, 0 масс.%, 10 масс.%, 20 масс.% и 30 масс.%) и тип В (линейный) с однонаправленным изменением содержания стекловолокон от 0 масс.% до 30 масс.%. Образцы прошли серию испытаний, включая механическую динамику, удар, изгиб и испытания на трение при двух различных нагрузках (7 Н и 10 Н).

Результаты испытаний показали, что добавление коротких стекловолокон в ПФС увеличивает модуль упругости, прочность на растяжение, разрушающее напряжение и коэффициент трения. Результаты также подтвердили успешность концепции функциональной градиации. Градуированные образцы, особенно типа А, продемонстрировали уникальный баланс механических и функциональных свойств, превосходящий однородные материалы. Градуированные материалы продемонстрировали исключительные энергопоглощающие и виброгасящие свойства благодаря кооперативному взаимодействию упругих и жёстких слоёв, предотвращающему концентрацию напряжений.

Исследование выявило ярко выраженную направленность свойств градиентных материалов типа В: направление приложенной нагрузки существенно влияет на их механические характеристики. При нагрузке с неподдерживаемой стороны (0 масс.% СВ) образец демонстрировал высокую прочность на изгиб и умеренный модуль упругости, поскольку чистый полимерный слой поглощал энергию, поддерживаемый внутренними армирующими слоями. Под нагрузкой с поддерживаемой стороны (30 масс.% СВ) прочность на изгиб значительно снизилась, а модуль упругости возрос, так как твердый материал непосредственно нес нагрузку без поддерживающих упругих слоев.

В ходе данного исследования были успешно получены градиентные материалы с улучшенными механическими и фрикционными свойствами. Исследование показало, что симметричные градиентные материалы (тип А) идеально подходят для многонаправленных применений. Эти результаты открывают возможности использования этих современных материалов в системах гашения вибраций и простых подшипниках для высокопроизводительных инженерных систем.

ЭФФЕКТИВНЫЙ ДВУХСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ 4,4'-ДИХЛОРДИФЕНИЛСУЛЬФОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХЛОРСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ

А. Алтахла^{a,b}, Р.М. Ахмадуллин^a, И.С. Антипин^b

^a ООО «НТЦ «Ахмадуллины», Казань, Россия

^b Казанский (приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

abuamjad123.th@gmail.com

4,4'-Дихлордифенилсульфон (ДХДФС) является важным прекурсором в производстве высокотемпературных полимеров, включая полиэфирсульфоны и полифениленсульфоны. Традиционно его синтез осуществляют через взаимодействие пара-хлорбензолсульфонокислоты с хлорбензолом в условиях электрофильного замещения, используя хлорид алюминия, хлорид железа или другие катализаторы типа Фриделя–Крафтса [1].

Одним из традиционных путей синтеза 4,4'-дихлордифенилсульфона является электрофильное ароматическое замещение по типу реакции Фриделя–Крафтса, в которой хлорбензол взаимодействует с 4-хлорбензолсульфохлоридом. в присутствии FeCl₃. Несмотря на широкую распространённость, такая методика имеет серьёзные технологические ограничения: высокое содержание неорганических примесей, трудоёмкость последующей очистки и необходимость удаления остатков катализатора из реакционной массы. Сульфонирование протекает в жидкой фазе при использовании избытка хлорбензола как растворителя и требует нагрева до 200 °С [2]

в данной работе рассматривается альтернативный подход к синтезу 4,4'-дихлордифенилсульфона, основанный на сульфировании хлорбензола с использованием хлорсульфоновой кислоты. Последняя образуется при взаимодействии серного ангидрида с газообразным хлороводородом. Процесс протекает последовательно: сначала формируется хлорсульфоновая кислота, затем промежуточная хлорфенилсульфоновая кислота, которая при последующем превращении даёт целевой 4,4'-дихлордифенилсульфон. Реакцию осуществляют при 50 °С, и суммарное время двухстадийного процесса составляет около двух часов.

1. Wang Deyao, et al. patent CN104402780B-2014.
2. De Gaojun, et al. patent CN102351758A-2012.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОКОМПОЗИТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИОЛА 3D АРХИТЕКТУРЫ

А.Е. Бурматова, А.Р. Аминова, А.А. Ханнанов, М.П. Кутырева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

alinaaminova61501@gmail.com

Полиольный метод является высокоэффективным подходом для одностадийного синтеза биметаллических мультифункциональных наноконпозитов с контролируемыми параметрами. Ключевое преимущество метода заключается в возможности целенаправленно регулировать состав, морфологию и архитектуру частиц за счет варьирования условий синтеза. Благодаря этому появляется возможность синтезировать наноматериалы с заданными свойствами для решения конкретных практических задач.

В рамках данной работы разработан способ полиольного синтеза биметаллического наноконпозита на основе наночастиц железа и кобальта с использованием сверхразветвлённого полиэфирополиола четвертой генерации G_4OH в качестве восстановителя и стабилизатора металлической нанопазы. Методами ИК-Фурье и УФ-видимой спектроскопии, РФА, ТГ-ДСК и НТА исследованы условия формирования металлической нанопазы, а также состав и морфология наноконпозитов, синтезированных при различной последовательности введения солей металлов и в присутствии или отсутствии растворителя (ДМСО) при соотношениях $v_{Co}/v_{Fe} = 1:1$ и $v_M/v_{OH} = 1:250$. В результате синтеза были получены новые металлополимерные наноконпозиты $Co/Fe/G_4OH$ в виде коллоидно-устойчивых растворов зеленого цвета и порошков коричневого цвета. Данные УФ спектроскопии указывает на формирование кластерных частиц металлической фазы состава ядро/оксидная оболочка $Co@CoO$ ($\lambda_{ППР} = 265-275$ нм, $332-371$ нм) и $Fe@Fe_3O_4$ ($\lambda_{ППР} = 289-296$ нм, $340-360$ нм).

Согласно данным НТА, при одновременном введении предшественников металлов формируются частицы с гидродинамическим диаметром 70 ± 7 нм с повышением полидисперсности системы в присутствии ДМСО. При последовательном введении и смене последовательности введения солей с $CoCl_2-FeCl_2$ на $FeCl_2-CoCl_2$ в среде ДМСО наблюдается рост гидродинамического диаметра наночастиц с 91 ± 5 до 132 ± 4 нм, в то время как при синтезе в расплаве тенденция обратная – уменьшение этого показателя с 104 ± 2 до 99 ± 2 нм.

Таким образом, продемонстрированы возможности полиол процесса в среде сверхразветвленного полиэфирополиола четвертой генерации для контролируемого синтеза биметаллических наночастиц.

ТРИАЗОЛОКСАЗИНЫ: СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДЛЯ БИМЕДИЦИНЫ И МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНОГО КАТАЛИЗА

П.А. Артемьева^а, Е.А. Очереднюк^а, Э.Д. Султанова^а, В.А. Бурилов^а, И.С. Антипин^{а,б}

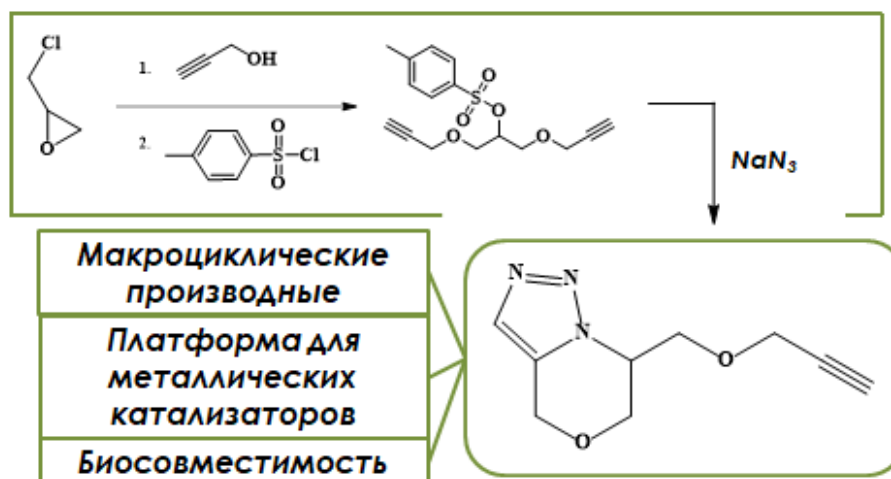
^а Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", Казань, Россия

^б ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

polina.artemeva.2018@list.ru

Особенность гетероциклических органических соединений заключается в их способности сочетать в себе сразу несколько различных гетероатомов (N, O, P, S), что приводит к появлению новых или усилению уже имеющихся свойств. 1,2,3-триазолоксазины, содержащие триазольный и оксазиновый конденсированные циклы, являются весьма перспективными молекулами как с точки зрения создания лекарственных препаратов, так и с точки зрения координационной химии и катализа.

В ходе работы из промышленно доступного эпихлоргидрина был получен пропаргил-содержащий 1,2,3-триазолоксазин, который может быть легко модифицирован за счёт наличия высоко реакционноспособной терминальной тройной связи, и служащий, таким образом, ключевым реагентом для получения новых веществ различной применимости, некоторые из которых уже рассмотрены в данной работе.



СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ НА УРОКАХ ХИМИИ

С.В. Афанасьева

К(П)ФУ, Химический институт имени А.М. Бутлерова, г. Казань, Россия

svetiktwins@gmail.com

Одним из требований, предъявляемых к обучающемуся по освоению основной образовательной программы основного общего образования, является овладение основами химической грамотности: способностью анализировать и объективно оценивать жизненные ситуации, связанные с химией, навыками безопасного обращения с веществами, используемыми в повседневной жизни; умением анализировать и планировать экологически безопасное поведение в целях сохранения здоровья и окружающей среды [4].

Согласно Якимовой Г.Г., естественнонаучная грамотность — это способность использовать естественнонаучные знания для выделения в реальных ситуациях проблем, которые могут быть исследованы и решены с помощью научных методов, для получения выводов, основанных на наблюдениях и экспериментах [5]. Исследования в области отечественного образования обозначают проблему неспособности обучающихся применять предметные (в частности, химические) знания для объяснения явлений окружающей среды и решения жизненных ситуаций [2]. Описанная ситуация ставит перед учителями химии задачу: создать условия для развития естественнонаучной грамотности. Ситуационные задачи выступают эффективным инструментом развития естественнонаучной грамотности у обучающихся на уроках химии. Они подразумевают задачи, описывающие реальные жизненные ситуации, созданные по определённому формату, носящие практико-ориентированный характер и требующие применения знаний в области естественнонаучных дисциплин (в частности, химии). Также, если при создании заданий ситуационных задач использовать конструктор задач, разработанный Л.С.Илюшиным на основе таксономии целей К. Блума, можно добиться последовательному освоению интеллектуальных операций [1,3]. Таким образом, ситуационные задачи подразумевают моделирование реальных жизненных ситуаций, что способствует развитию необходимых для жизни компетенций в области естественнонаучной грамотности.

1. Илюшин Л.С. Дидактический конструктор. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.surwiki.admsurgut.ru/wiki/images/6/64/Конструктор-задач.pdf> (дата обращения: 13.11.2025).
2. Ковалева Г.С. На пути решения стратегических задач / Г. С. Ковалева // Вестник образования России. – 2019. – №14. – С. 1–70.
3. Мурзагалиева А.Е. Сборник заданий и упражнений. Учебные цели согласно таксономии Блума / А.Е. Мурзагалиева, Б.М. Утегенова. – Астана: АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы» Центр педагогического мастерства, 2015. – 54 с. – ISBN 978-601-7305-11-6.
4. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 370 «Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования» // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / Компания «КонсультантПлюс» (дата обращения: 13.11.2025).
5. Якимова Г.Г. Методические рекомендации для учителей. [Электронный ресурс]. – URL: https://metodistsudak.usite.pro/dokumenti2022/metodicheskie_rekomendacii_estestvennonuachnaja_gr.pdf (дата обращения: 13.11.2025).

МАШИННО ОБУЧЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА

Р.Ф. Ахмеров^a, И.И. Гумарова^b, О.В. Недопекин^c

^a Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского, Казань, Россия

^b Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

^c Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

ruslan.ahmerov123@gmail.com

В работе был разработан машинно-обученный потенциал для моделирования наночастиц золота с использованием архитектуры нейронной сети DeePMD [1]. Обучение проводилось на наборе данных из 982 структур, включающем деформированные структуры, суперячейки, поверхности, наночастицы и жидкие фазы в широком температурном диапазоне. Эталонные расчеты энергии и сил были выполнены методом теории функционала плотности в программном пакете VASP [2].

В результате апробации потенциала была продемонстрирована высокая точность: коэффициент детерминации R^2 между предсказанными и эталонными значениями достигает 1.0000 для энергии и 0.9975-0.9981 для сил на проверочной выборке. Верификация потенциала подтвердила его способность воспроизводить ключевые физические свойства золота. Рассчитанные параметры решетки, энергии когезии, температуры плавления и энергия образования вакансий находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными и результатами, полученными с помощью расчетов на основе теории функционала плотности.

Разработанный потенциал открывает возможности для крупномасштабного молекулярно-динамического моделирования наночастиц золота.

1. Zeng, Jinzhe Duo Zhang, Denghui Lu, Pinghui Mo, Zeyu Li, Yixiao Chen, Marián Rynik et al 2023 DeePMD kit v 2 A Software Package for Deep Potential Models The Journal of Chemical Physics 159 5 054801
2. Aszódi, A et al. "The vasodilator-stimulated phosphoprotein (VASP) is involved in cGMP- and cAMP-mediated inhibition of agonist-induced platelet aggregation, but is dispensable for smooth muscle function." The EMBO journal vol. 18,1 (1999): 37-48. doi:10.1093/emboj/18.1.37

ПРИМЕНЕНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПОЛИПРОПИЛЕНА В ПРИСУТСТВИИ НУКЛЕАТОРОВ НА ОСНОВЕ КАЛЬЦИЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ ОЭДФК

Д.И. Ахметова, И.С. Ларионов, Д.А. Балькаев, Р.Р. Амиров

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

ildarovna.di@gmail.com

Одним из самых востребованных термопластичных полимеров является полипропилен, занимающий второе место в мире по объёму потребления, уступая лишь полиэтилену. Замечательным свойством полимеров является способность изменять физико-механические свойства базовых полимеров путем введения малых количеств функциональных добавок. Например, добавление нуклеаторов способствует повышению механической прочности, также нуклеаторы повышают температуру кристаллизации и ускоряют процесс кристаллизации, что обеспечивает повышение производительности при формовании изделий [1].

Для успешного практического их применения необходимым этапом является изучение влияния нуклеаторов на кинетику кристаллизации полипропилена в неізотермическом режиме, т.е. наиболее приближенном к технологическому процессу переработки. При охлаждении расплава полипропилена возникают эффекты усадки или повышение концентрации внутренних напряжений в изготавливаемом изделии. Причиной такого эффекта является частичная кристаллизация полипропилена, поэтому изделие необходимо охлаждать при определенном температурном режиме [2]. Построение моделей оптимизации температурных режимов отверждения требует расчёта степени кристалличности полипропилена в заданный момент времени в широком интервале скоростей охлаждения. При таком подходе основное требование модели – наиболее точный расчет значения степени кристалличности полипропилена в заданный момент времени в широком интервале температур охлаждения.

В ходе работы подобрали модели неізотермической кристаллизации, наилучшим образом описывающие кинетику кристаллизации полипропилена в отсутствие и присутствии нуклеирующих добавок на основе кальциевого комплекса с 1-гидроксиэтилидендифосфоновой кислотой. В целом, описанная проблема шире и предполагается, что развиваемый в работе подход может быть применен и в отношении других систем.

1. Xu, W. Nonisothermal Crystallization Kinetics of Polypropylene / Montmorillonite Nanocomposites / W. Xu, M. Ge, P. He // Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics. – 2002. – V. 40. – P. 408-414.
2. Li, J. Isothermal and nonisothermal crystallization kinetics of elastomeric polypropylene / J. Li, C. Zhou, G. Wang, Y. Tao, Q. Liu, Y. Li // Polymer Testing. – 2002. – V. 21. – P. 583-589.

РАЗВИТИЕ РЕФЛЕКСИВНЫХ УМЕНИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ

Я.Б. Балтаев

*К(П)ФУ, Химический институт имени А.М. Бутлерова, Казань, Россия**baltayewyakub18@gmail.com*

В современной образовательной среде особое внимание уделяется развитию рефлексивных умений обучающихся. Одним из требований программы основного общего образования является создание условий для развития и реализации интереса обучающихся к саморазвитию, самостоятельности и самообразованию на основе рефлексии деятельности и личностного самопознания; самоорганизации жизнедеятельности; формирования позитивной самооценки, самоуважению и владение способами самоконтроля, самомотивации и рефлексии [1,3]. Опираясь на требования федеральных образовательных стандартов, перед учителем химии возникает задача: содействовать развитию самостоятельности, осознанности, способности личности обучающегося к саморазвитию. Одним из путей решения данной задачи является развитие рефлексивных умений обучающихся на уроках химии.

По мнению Тумановой Н.А. рефлексия – это способность человека оценивать свое состояние, свои мысли, действия, соотносить результат действий с поставленной целью, определять границы собственного знания и незнания [2]. Описанные рефлексивные навыки способствуют формированию критического мышления, самостоятельности, умению оценивать и корректировать свои действия, что является важным навыком, позволяющим понимать и осваивать сложные химические понятия. Более того, развитие рефлексии повышает мотивацию к обучению, помогает обучающимся осознавать свою образовательную траекторию, что способствует более эффективному усвоению материала. Иначе говоря, рефлексия выступает мощным инструментом саморазвития личности. Одним из способов развития данного умения – рефлексивный прием «Бортовой журнал», который позволяет не только получить адекватную картину степени усвоения учениками материала, но и помогает ученикам развивать умение фиксировать информацию, используя графические способы, научиться оценивать свои сильные и слабые стороны, дает возможность наглядно представить заданную проблему [4].

1. Приказ министерства просвещения российской федерации от 31.05.2021 г. № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» // КонсультантПлюс: справочно-правовая система / Компания «КонсультантПлюс» (дата обращения: 17.11.2025).
2. Туманова Н.А. Организация учителем рефлексивной деятельности учащихся при личностно-ориентированном подходе к обучению [Электронный ресурс]. –URL: <https://multiurok.ru/files/organizatsiia-uchitelem-refleksivnoi-deiatelnosti.html> (дата обращения: 16.11.2025).
3. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://минобрнауки.рф/документы/2974> (дата обращения 17.01.2025).
4. Шилов, В.Р. Использование приёмов технологии «критическое мышление» на уроках русского языка в основной школе / В.Р. Шилов, Т.В. Морозова. – Текст: электронный // Вестник науки и образования. - 2024. - № 6 (149)-1. –URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-priyomov-tehnologii-kriticheskoe-myshlenie-na-urokah-russkogo-yazyka-v-osnovnoy-shkole> (дата обращения: 17.11.2025). – Режим доступа: Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»

СИНТЕЗ НОВЫХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛИДИН-2,4-ДИОНА

С.Н. Баранова, С.Р. Романов, Ю.В. Бахтиярова

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

ssbaranova07@yandex.com

Тиазолидин-2,4-дион и его производные обладают широкими фармакологическими свойствами, основными из которых являются антидиабетические и противогрибковые. Особый интерес с точки зрения медицинской химии представляет функционализация производных тиазолидин-2,4-диона третичными фосфинами для изучения их биологической активности.

Был осуществлен синтез тиазолидин-2,4-диона (**1**) с помощью тиомочевины и α -хлоруксусной кислоты (схема 1) [1].

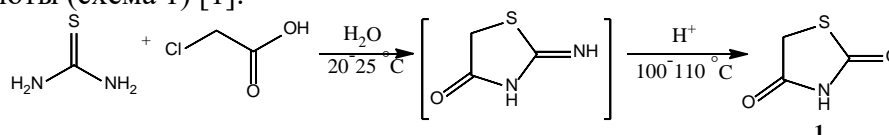


Схема 1

На основе тиазолидин-2,4-диона (**1**) и различных альдегидов были синтезированы 5-замещенные производные тиазолидин-2,4-диона (**2-3**) (схема 2), которые далее функционализировали с помощью третичных фосфинов, при этом получены соединения (**4-7**) (схема 3).

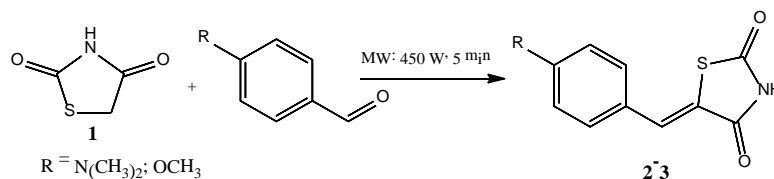


Схема 2

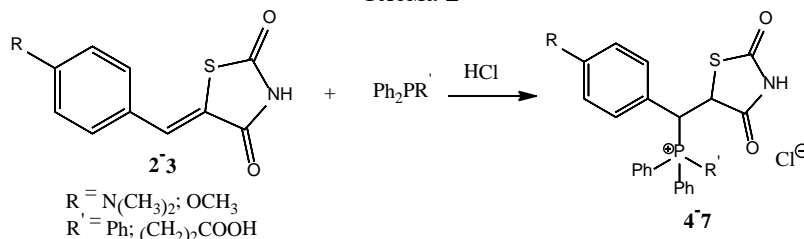


Схема 3

1. Kaur S. et al. Synthetic and medicinal perspective of thiazolidinones : a review // Bioorg. Chem. Elsevier Inc., – 2017 – Vol. 75 – P. 406–423.

FDM ПЕЧАТЬ КОМПОЗИТОМ НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА

М.А. Биккинин^a, С.Н. Романов^a, И.С. Ларионов^{a,b}, Д.А. Балькаев^a,
Л.М. Амирова^b, И.С. Антипин^a

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

^b Институт авиации, наземного транспорта и энергетики,
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия

maratbikkinin2@gmail.com

Технология FDM печати, являясь технологией 3D печати, характеризуется доступностью, относительно низкой стоимостью и простотой использования.

В качестве филамента может применяться полифениленсульфид. Он представляет собой полукристаллический суперконструкционный термопласт, обладающий целым рядом полезных для различных отраслей промышленности свойств: высокой прочностью, повышенной жесткостью, химической стойкостью, природной негорючестью, отличными электроизоляционными свойствами.

Добавление стекловолокна позволяет значительно улучшить механические свойства термопласта и расширить диапазон его применения. Стекловолокно также обладает высокой химической стойкостью, что позволяет изготавливать композит, который может работать в условиях агрессивных сред.

В данной работе использовался ПФС производства ООО «НТЦ «Ахмадуллины»» и стеклянное волокно ЕС-13-4,5мм-А42 от компании Татнефть. Компаундирование проводилось на двухшнековом экструдере Scientific LTE 16 – 40. Филамент изготавливался на экструзионной линии Welber EXL-25.

Образцы формы двойная лопатка и брусок были изготовлены на 3D принтере Picaso Designer XL PRO S 2. Испытания на определение теплофизических свойств (ДСК) проводились на DSC 214 Polyma NETZSCH в режиме нагрев до 320 °С со скоростью 10 °С /мин – охлаждение до 25 °С со скоростью 10 °С /мин. Испытания на растяжение и изгиб полученных образцов проводились на универсальной испытательной электромеханической машине УТС-111 с клиновинтовыми захватами и со скоростью деформации 5 мм/мин.

В результате работы были изучены свойства филаментов двух составов, оптимизированы условия печати, изготовлены изделия для механических испытаний, проведены испытания на растяжения и статический изгиб.

АМФИФИЛЬНЫЕ ИМИДАЗОЛИЕВЫЕ ДЕНДРИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ТИАКАЛИКСАРЕНА / ГАЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ: СИНТЕЗ, АГРЕГАЦИЯ И СВОЙСТВА

И.М. Богданов^a, А.А. Глухова^a, А.А. Федосеева^a, В.А. Бурилов^a,
Э.Д. Султанова^a, С.Е. Соловьева^b, И.С. Антипин^{a,b}

^a Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии имени А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

ilshat.bogdanov.2018@mail.ru

Разработка амфифильных дендримеров, объединяющих в своей структуре гидрофобные и гидрофильные фрагменты, представляет собой одно из наиболее перспективных направлений современной супрамолекулярной химии. Их уникальная пространственная архитектура открывает широкие возможности для применения: в биомедицине — для эффективной инкапсуляции лекарственных средств и биомолекул, в катализе — в качестве реакционных сред для водных систем, а также в нанотехнологии — как стабилизаторов металлических наночастиц.

В данной работе были получены дендримеры с гидрофобным ядром на основе галловой кислоты / тиакаликсарена с азидными группами. В качестве строительного блока использовался сложный эфир ацетиендикарбоновой кислоты с бромидными фрагментами (EADC). Для создания дендримерных архитектур была использована дивергентная стратегия, состоящая из двух стадий – безмедный клик азидов с EADC с последующей активацией азидом натрия. Показано, что предложенный подход является воспроизводимым, универсальным, а также легко масштабируемым. Таким образом были получены дендримеры I – III генерации, содержащие на периферии бромидные группы, которые на заключительной стадии вводили в реакцию с метилимидазолом с получением серии амфифилов. Изучены агрегационные свойства полученных амфифилов, комплексообразующая способность с ДНК, а также каталитические свойства в реакциях восстановления нитроаренов в водной среде.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-00304-П

МЕТОДИКА СИНТЕЗА 2,3-ДИМЕРКАПТОПРОПАНОЛА

А.И. Бодрицкая, Ю.В. Бахтиярова, Р.М. Ахмадуллин

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

sbodrickaa@gmail.com

Одна из ключевых задач современной органической химии получение соединений с уникальными физико-химическими и биологическими свойствами. Особый интерес представляют вещества с тиольными группами ($-SH$) благодаря их высокой реакционной способности и широкому применению в медицине, промышленности и научных исследованиях.

Димеркаптопропанол (2,3-димеркаптопропан-1-ол) - хелатирующий агент, образующий стабильные комплексы с тяжёлыми металлами. Это позволяет использовать его в качестве антидота при отравлениях тяжелыми металлами, в биоорганическом синтезе, в промышленности для очистки сточных вод, а так же в аналитической химии для определения ионов металлов.

В 2008 году был предложен селективный метод синтеза изомерных дитиоглицеринов [1], однако промышленного производства 2,3-димеркаптопропан-1-ола в нашей стране нет. Производство данного реактива осуществляется за рубежом, поэтому в перспективе возможно применение разработанного нами метода для получения отечественного аналога. Целью работы являлась разработка коммерчески доступного способа синтеза.

В результате нами была разработана методика синтеза 2,3-димеркаптопропанола-1 из коммерчески доступных глицерина и муравьиной кислоты. Промежуточными продуктами были аллиловый спирт и 2,3-дибромпропанол. Согласно нашей методике синтезированный 2,3-димеркаптопропанола-1 соответствовал всем характеристикам. Структура и состав продукта подтверждены методами ГХ-МС, ИК- и ЯМР-спектроскопиями, чистота продукта составила 96,15%.

1. Леванова Е.П., Грабельных В.А., Сухомазова Э.Н., Земирова И.А., Русавская Н.В., Албанов А.И., Клыба Л.В., Жанчипова Е.Р., Корчевин Н.А. Селективный синтез изомерных дитиоглицеринов // Журнал органической химии. — 2008. — Т. 44, № 10. — С. 1452–1457. — ISSN 0514-7492.

МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ КОБАЛЬТА

А.В. Болгарина, М.П. Кутырева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

bolgarinalexa@mail.ru

Металлосодержащие магнитные наноматериалы представляют большой интерес для катализа, биомедицины, адресной доставки лекарств и магнитно-резонансной томографии. Среди магнитоактивных наноматериалов наибольшими перспективами обладают системы на основе наночастиц кобальта, которые демонстрируют самую высокую намагниченность насыщения и магнитную проницаемость в сочетании с хорошей механической прочностью. Следует отметить, что кобальт относится к категории биофильных металлов, вследствие чего является активным участником широкого ряда биологических процессов. Все выше обозначенное определяет высокий потенциал кобальта как основы мультифункциональных наноматериалов, в том числе для создания агентов тераностики.

Разработан комплекс синтетических методик и, при варьировании температуры, мольного соотношения реагентов, способа добавления восстанавливающего реагента NaBH_4 , получен набор металлополимерных композитов (МПК) на основе наночастиц кобальта и сверхразветвленных полиолов 2 и 3 генераций (G_2 , G_3) – $\text{Co}@G_2\text{NPs-1}$, $\text{Co}@G_2\text{NPs-2}$, $\text{Co}@G_3\text{NPs-3}$ и $\text{Co}@G_3\text{NPs-4}$. Установлено, что во всех случаях металлополимерный композитный материал состоит из наночастиц кобальта со структурой ядро Co^0 – оболочка (оксиды кобальта), иммобилизованных в наноразмерную матрицу из наночастиц сверхразветвленного полиэфирополиола. Все частицы МПК обладают сферической формой, диаметром не более 30 нм при содержании кобальта в композите не менее 20%. Все синтезированные МПК мультифункциональны. Новые $\text{Co}@G_2\text{NPs-1}$, $\text{Co}@G_2\text{NPs-2}$ проявляют суперпарамагнитные, а $\text{Co}@G_3\text{NPs-3}$ и $\text{Co}@G_3\text{NPs-4}$ ферромагнитные свойства; биосовместимы в соответствии с величиной коэффициента гемолиза, не превышающего 10 %, и обладают антигрибковой активностью против клеток дрожжевых грибов *Candida albicans*, *Cryptococcus laurentii* и плесневых грибов *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*. Наноконпозиты кобальта можно использовать для управления активностью протеолитических ферментов: в диапазоне концентраций 0.1-1 мг/мл $\text{Co}@G_2\text{NPs-1}$, $\text{Co}@G_2\text{NPs-2}$, $\text{Co}@G_3\text{NPs-4}$ и диапазоне концентраций 0.1-300 мг/мл $\text{Co}@G_3\text{NPs-3}$ проявляют антипротеиназную активность. Полученные экспериментальные данные будут использованы для разработки новых магнитоактивных систем адресной доставки модельных субстратов и лекарственных препаратов с дополненной биологической активностью.

АМФИФИЛЬНЫЕ ИМИДАЗОЛИЕВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ФЛУОРЕСЦЕИНА: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

Е.А. Бондарева, В.А. Бурилов, Э.Д. Султанова

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

kb6602926gmail.com

В последние годы амфифильные молекулы на основе органических красителей привлекают особое внимание, благодаря широкому спектру их применения [1, 2]. Введение имидазольных фрагментов расширяет возможности использования флуоресцеина в водных и водно-органических средах.

В ходе выполнения работы реакцией азид-алкинового циклоприсоединения было получено триазол-производное флуоресцеина **1** (выход 60%), содержащее этилтозилатный фрагмент. Последующая кватернизация с октил-, тетрадецил-, диизопропилфенил-замещенными моноимидазолами и *бис*-имидазолом при нагревании в ацетонитриле приводила к новым имидазольным флуоресцеин-триазолам **2–5** с хорошими выходами (99%, 55%, 50% и 65%, соответственно). Структуры всех синтезированных соединений подтверждались данными ЯМР ^1H -, ^{13}C -спектроскопии, ИК и масс-спектрометрии высокого разрешения ИЭР. Были изучены фотофизические и агрегационные свойства амфифильных производных методами флуоресцентной и УФ-видимой спектроскопии и НТА.

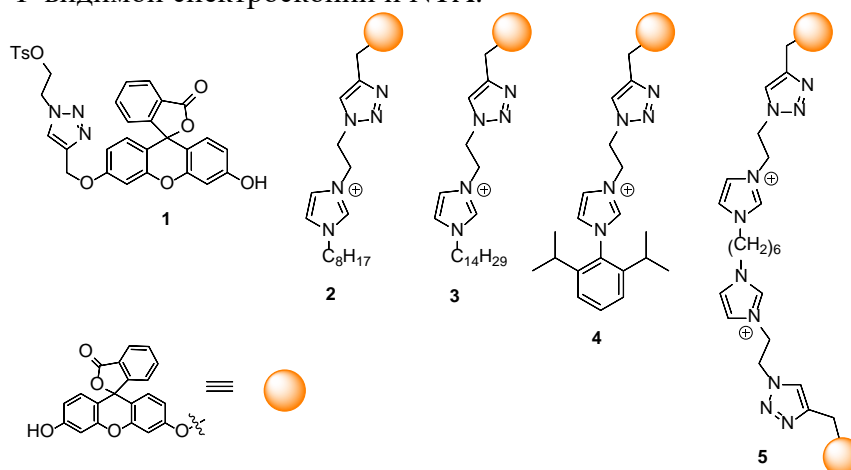


Рисунок 1. Структуры синтезированных соединений **1-5**.

1. Zhang H. et. al. Applications of Fluorescence Technology for Rapid Identification of Marine Plastic Pollution // Polymers. 2025. T. 17. №. 12. С. 1679.
2. El-Wakeel N.M. et. al. Chitosan-based fluorescein amphiphile macromolecular sensor for Hg^{2+} detection // J. Mol. Liq. 2023. T. 380. С. 121744.

ПОЛИСПИРОСОЧЛЕНЕННЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ НА ОСНОВЕ 2-(2-АЛКОКСИ-2-ОКСОЭТИЛИДЕН)ТИАЗОЛО[3,2-А]ПИРИМИДИН-6-КАРБОКСИЛАТОВ И АЗОМЕНИЛИДОВ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ *in situ*

Н.Д. Боровкова^a, Э.Р. Габитова^{a,b}, А.С. Агарков^b, А.А. Нефедова^b, М.Г. Маилян^a, Л.В. Французова^b, О.А. Лодочникова^b, А.Д. Волошина^b, С.Е. Соловьева^b, И.С. Антипин^b

^a Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова, ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

NDBorovkova@stud.kpfu.ru

Разработка современных и эффективных методов формирования новых гетероциклических каркасов, обладающих специфической биологической активностью, является актуальной задачей современной органической и медицинской химии.

Ключевыми объектами нашего исследования выступили 2-(2-оксоэтилиден)тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-6-карбоксилаты, которые обладают рядом биологических свойств, а так же наличие в их структуре экзоциклической двойной связи открывает широкие возможности для направленной функционализации, в частности, посредством реакций [3+2]-циклоприсоединения с 1,3-диполями, генерируемыми *in situ*.

В рамках работы был осуществлен целевой синтез данных производных и изучена их реакционная способность в процессах [3+2]-циклоприсоединения с азометинидами, генерируемыми *in situ* (Схема 1). Данный подход позволил эффективно получать сложные полициклические и диспиросоочлененные системы на основе тиазолопиримидинового каркаса. Таким образом, разработанная методология предоставляет удобный инструмент для конструирования новых перспективных гетероциклических соединений с потенциальной биологической активностью, направленной на применение в фармакологии.

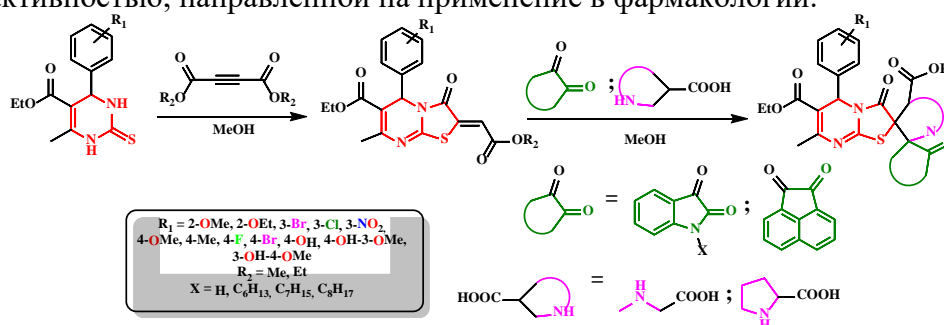


Схема 1. Схема синтеза 2-(2-оксоэтилиден)тиазоло[3,2-*a*]пиримидин-6-карбоксилатов и диспиропроизводных на их основе

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант 25-23-00404).

1. A.S. Agarkov, A.A. Nefedova, E.R. Gabitova et.al. *Molecules*, 2022, **27**(22), 7747.
2. A.S. Agarkov, A.A. Nefedova, E.R. Gabitova et.al. *IJMS*, 2023, **24**, 2084.
3. A.A. Nefedova, D.A. Tretyakova, D.O. Mingazhetdinova et.al. *Chemistry Proceedings*, 2024, **16**(1), 24.

РЕАКЦИИ ДИОКСА[е]ФОСФОРИН-4-ОНОВ С ПЕНТАФТОРБЕНЗАЛЬДЕГИДОМ

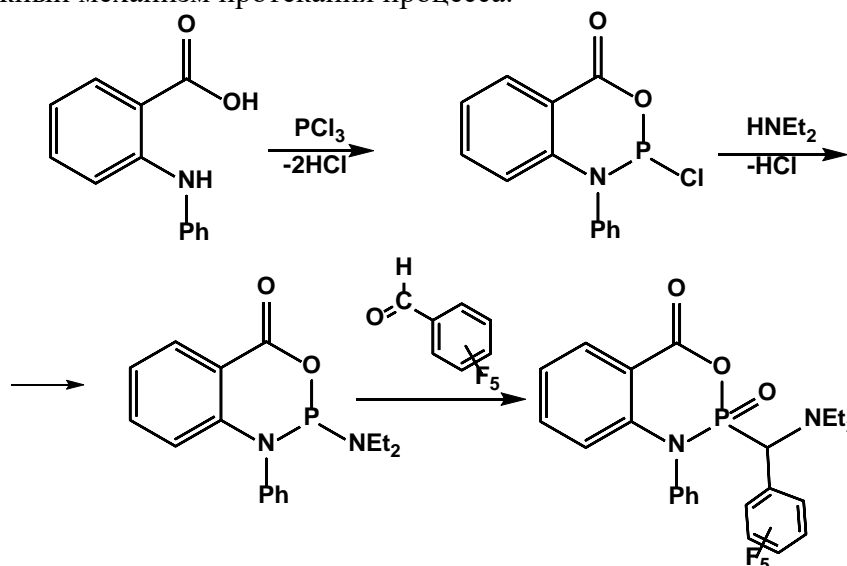
П.О. Былинкина, Г.А. Ивкова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

polinabylinkina05@mail.ru

Гетероциклические производные фосфора привлекают внимание исследователей благодаря различным областям их практического использования и широкими возможностями их применения в органическом синтезе. Среди них особенно выделяются гетероциклы, содержащие макроэргические связи, такие как P-O-C(O), перспективные для полифункционализации органических соединений, то есть: одновременного выполнения нескольких синтетических операций (например, ацилирование, фосфорилирование, конденсация) [1].

Нами исследована реакция диокса[е]фосфорин-4-она с пентафторбензальдегидом. Строение выделенного продукта доказано с привлечением ЯМР, ИК-спектроскопии и метода РСА. Обсуждается возможный механизм протекания процесса.



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

1. Mironov V.F., Abdrakhmanova L.M., Ivkova G.A., Konovalova I.V. Reaction of ethyl trifluoropyruvate with 2-(5-methyl-2-phenyl-2h-1,2,3- diazaphosphol-4-yl)-4h-benzo[d]-1,3,2-dioxaphosphorin-4-one. Effect of exocyclic substituent on chemoselectivity // Russian Journal of General Chemistry. – 2011. – T. 81, № 11. – С. 2372-2374.

СТАБИЛЬНОСТЬ Sn-TiO₂ В РЕАКЦИИ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО

М.Г. Волкова, Е.М. Баян

Химический факультет, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

wolkowa-mg@yandex.ru

Диоксид титана в анатазной модификации – один из наиболее известных неорганических наноматериалов для очистки сточных вод на сегодняшний день. Для возможности использования диоксида титана при облучении видимым, а не только УФ-светом, используются модифицирующие добавки, например, ионы Sn⁴⁺. К катализаторам предъявляется ряд требований, среди которых простота синтеза, эффективность и долговечность. Одной из важных характеристик фотокатализатора является его стабильность в течение нескольких циклов очистки, поэтому целью данной работы является изучение стабильности синтезированного Sn-TiO₂, содержащего 3 и 5 мол. % Sn⁴⁺ в реакции фотокаталитического окисления модельного загрязнителя метиленового синего (МС, концентрация 20 мг/л).

Материалы были синтезированы золь-гель методом по описанной ранее методике [1]. Для материала, прокаленного при 600 °С, была протестирована стабильность в течение пяти циклов разложения МС. После фотокаталитического окисления материалы выделяли из водного раствора, промывали, высушивали при 100 °С, после чего использовали повторно. Исследованные Sn-TiO₂ материалы показали хорошую стабильность: деградация МС (%) составила 98,6 (после 1 цикла), 97,8 (после 2 цикла), 97,3 (после 3 цикла), 96,9 (после 4 цикла), 96,2 (после 5 цикла), 98,8, 98,1, 97,6, 97,0, 96,5 для материалов, содержащих 3 и 5 мол. %, соответственно.

Таким образом, синтезированные материалы Sn-TiO₂ показывают стабильность в течение пяти циклов, не изменяя кристаллическую структуру, что позволяет их рекомендовать в качестве перспективных фотокатализаторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда поддержки молодых ученых имени Геннадия Комиссарова.

1. Bayan E. M. et al. Synthesis and photocatalytic properties of Sn-TiO₂ nanomaterials //Journal of advanced dielectrics. 2020. V. 10. №. 01n02. P. 2060018.

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН ХИРАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ «КЛЕТОК» НА ОСНОВЕ ИЗОФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ

П.А. Володин ^{a,b}, И.Д. Шутилов ^{a,b}, А.С. Овсянников ^{a,b}, Д.Р. Исламов ^{a,b}, А.Т. Губайдуллин ^b,
И.А. Литвинов ^b, П.В. Дороватовский ^c, С.Е. Соловьева ^{a,b}, И.С. Антипин ^{a,b}

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова, ФИЦ Казанский научный центр
РАН, Казань, Россия

^c Национальный Исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

pavel.volodin.12@gmail.com

Молекулярные координационные «клетки», представляющие собой самоорганизующиеся трехмерные структуры, являются перспективными кристаллическими материалами, используемыми в катализе, хранении и транспорте, молекулярном распознавании субстратов, содержащих стереогенные центры[1]. Геометрию и рецепторные свойства получаемых «контейнеров» можно настраивать путем варьирования структуры политопных карбоксилатных линкеров, в качестве которых могут использоваться производные 5-гидроксиизофталевой кислоты[2].

В данной работе реализован подход, заключающийся в контроле над пространственной организацией получаемого супрамолекулярного ансамбля на основе сульфониликакс[4]арена за счет варьирования структуры энантиочистых политопных линкеров на основе 5-гидроксиизофталевой кислоты, содержащих терпеноидные, аминокислотные и аминные фрагменты. Взаимодействие полученных соединений с $[M^{II}_4]$ -металлокластерами на основе 3d-элементов ($M=Co, Zn, Ni$) и сульфониликакс[4]арена приводило к образованию линейных, тетрагональных и октаэдрических супрамолекулярных «хозяев», структура которых была подтверждена при помощи комплекса физико-химических методов исследования. Предварительное изучение способности полученных координационных «клеток» к молекулярному распознаванию продемонстрировало возможность разделения ряда хиральных «гостей» в растворе и твердой фазе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 19-73- 20035.

1. Joseph G., Bryne T., Carole A., Morrison, Jason B., Angew. Chem. Int. Ed. 2024.
2. Antipin I., Alfimov M., Arslanov V., Burilov V., Vatsadze S., Voloshin Y., Russ Chem Rev 2021. 90.

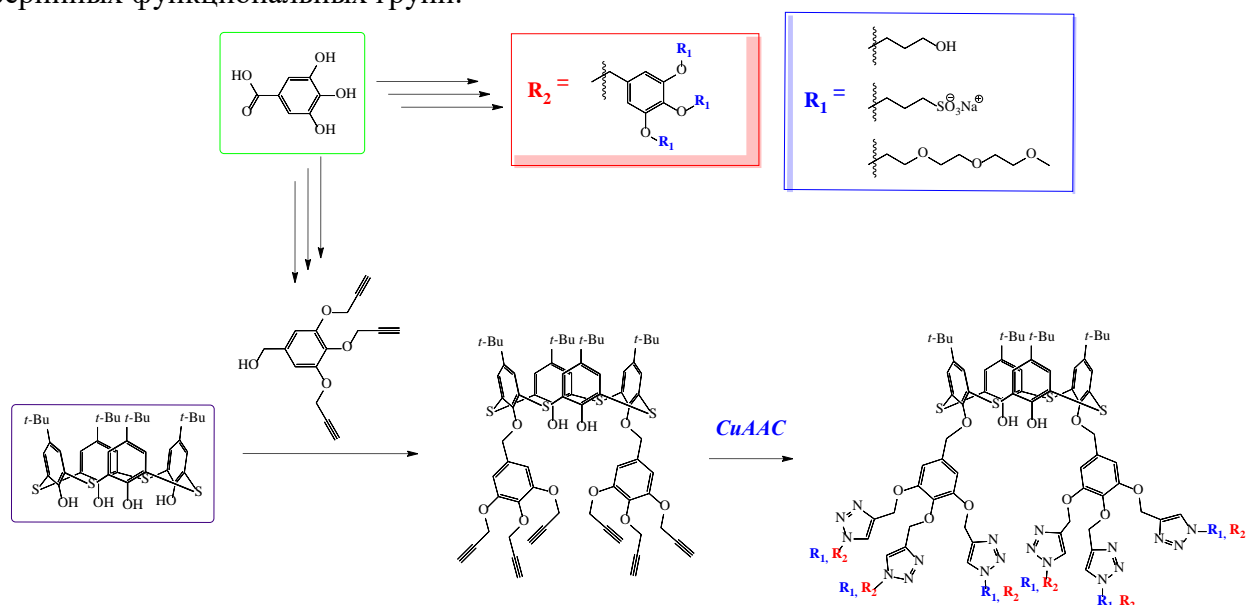
СИНТЕЗ ДЕНДРИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ *П*-ТРЕТ-БУТИЛ ТИАКАЛИКС[4]АРЕНА И ГАЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Р.В. Габдуллин, В.А. Бурилов

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

roma.gabdullin.03@mail.ru

В работе представлена стратегия синтеза амфифильных макромолекул на платформе тиакаликс[4]арена. На начальном этапе синтезирован ключевой прекурсор, содержащий шесть терминальных алкиновых групп, введенных через фрагмент производного галловой кислоты. Основной метод функционализации — Cu(I)-катализируемое азид-алкиновое циклоприсоединение — был использован для получения серии производных с заданным набором периферийных функциональных групп.



Синтезированные соединения демонстрируют потенциал для применения в областях молекулярного распознавания, катализа и создания систем доставки лекарственных средств.

ТИАЗОЛО[3,2-*a*]ПИРИМИДИНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИНТОНЫ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО СИНТЕЗА НОВЫХ ДИСПИРОЦИКЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Э.Р. Габитова^{a,b}, А.С. Агарков^b, Н.Д. Боровкова^a, М.Г. Маилян^a, Е.Н. Хрущева^a, Т.А. Лукаш^a,
Л.В. Французова^b, О.А. Лодочникова^b, С.Е. Соловьева^b, И.С. Антипин^a

^a Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет", Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

elina81100@gmail.com

В современной органической химии одним из приоритетных направлений является разработка эффективных методов синтеза новых гетероциклов, обладающих выраженной биологической активностью. Среди множества гетероциклических систем особый интерес вызывают производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидина [1,2]. Ключевой особенностью этих соединений является наличие экзоциклической двойной связи, которая позволяет осуществлять их селективную функционализацию. Реакции [3+2]-циклоприсоединения с диполярными молекулами, такими как азометинилиды [3,4], открывают путь к получению сложных полициклических систем с контролируемой стереохимией.

Данная работа посвящена синтезу и структурному анализу новых диспироциклических соединений на основе 2-замещённых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидинового ряда (Схема 1). Ключевым результатом стало выявление их высокой реакционной способности в качестве диполярофилов в реакциях [3+2]-циклоприсоединения с азометинилидами, генерируемыми *in situ*. Показано, что данная реакция протекает с высокой региоселективностью и приводит к образованию циклоаддуктов с контролируемой стереохимией.

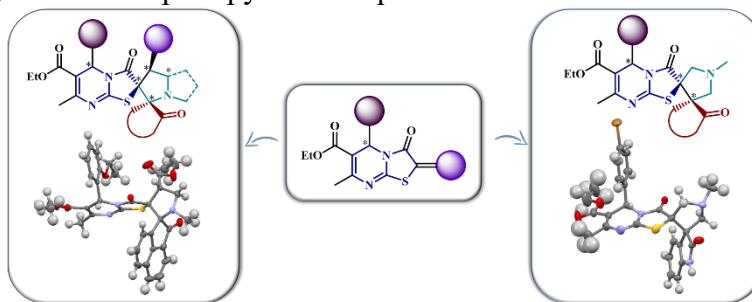


Схема 1.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант 25-23-00404).

1. A.S. Agarkov, A.A. Nefedova, E.R. Gabitova, et.al. *IJMS*, **2023**, 24, 2084.
2. A.S. Agarkov, A.A. Nefedova, E.R. Gabitova, et.al. *Molecules*, **2022**, 27(22), 7747.
3. A.N. Izmet'sev, et.al. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, **2020**, 56, 255-264.
4. A.A. Nefedova, et.al. *Chemistry Proceedings*, **2024**, 16(1), 24.

МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА ИЗОПРЕНОВОГО

В.А. Васильев, В.П. Дорожкин, Е.Г. Мохнаткина, Е.В. Темникова,
Р.Н. Гайнутдинов, И.Г. Ахметов

НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», Нижнекамск, Россия

qaynutdinov@gmail.com

Модификация синтетических каучуков (СК) в последние годы получила новую волну развития. Существующие исследования в данной области развиваются по двум основным направлениям: химическая модификация СК и изучение их физического взаимодействия с высококогезионными полимерами. Для синтетического изопренового каучука (СКИ), как наиболее близкого аналога и альтернативы натуральному каучуку (НК), химическая модификация имеет ряд преимуществ. Показано, что именно таким способом возможно достичь результатов приближающих свойства СКИ к НК, в том числе по таким показателям как когезионная прочность, адгезия к металлокорду, сопротивление раздиру и динамическая выносливость.

Ранее большая часть исследований по модификации проводилась на СКИ, полученном на «титановой» каталитической системе (СКИ-Ti). В последние годы наблюдается тенденция перехода промышленных производств получения полиизопрена на технологии, основанные на неодим- и гадолинийсодержащие каталитические системы (СКИ-Nd и СКИ-Gd). Учитывая недостатки СКИ-Ti (наличие гель-фракции, олигомеров и металлов переменной валентности) и преимущества СКИ-Nd и СКИ-Gd возникает необходимость проведения цикла исследований на базе новых типов синтетических полиизопренов.

В настоящей работе проведена химическая модификация «неодимовых» и «гадолиниевых» изопреновых каучуков в сравнении с традиционным «титановым» СКИ и НК. Исследованы процессы модификации, изготовлены резиновые смеси и изучены свойства вулканизатов. Показано, что характеристики резиновых смесей и физико-механические показатели резин на основе модифицированных СКИ-Nd и СКИ-Gd имеют сбалансированные характеристики и по ряду показателей превосходят образцы на основе НК. В целом результаты исследований свидетельствуют об их перспективности и возможности промышленной реализации производств модифицированного СКИ-Nd и СКИ-Gd для замены натурального каучука при производстве шин и резинотехнических изделий.

СИНТЕЗ, СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЕ И ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАНЕЕ НЕДОСТУПНЫХ α -КЕТОТИОАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИМИДИН-2-ТИОНА

И.А. Галузо ^a, А.А. Кожихов ^b, А.С. Агарков ^{a,b}, В.А. Миронов ^a, Э.Р. Габитова ^{a,b},
Д.О. Мингажетдинова ^b, Л.В. Французова ^b, О.А. Лодочникова ^b, А.Д. Волошина ^b,
С.Е. Соловьева ^b, И.С. Антипин ^a

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова, ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

igorgaluzo55555@gmail.com

Тиоамиды, являясь значимым классом природных соединений, входят в состав множества лекарственных препаратов, обладающих изученной фармакологической активностью [1]. Однако известные способы их получения зачастую сопряжены с использованием дорогостоящих и редких реагентов, в том числе металлосодержащих катализаторов, а также требуют жестких условий реакции [2]. Одновременно с этим, тиазоло[3,2-*a*]пиримидины представляют собой многообещающую синтетическую платформу и играют важную роль в фармацевтической химии [3]. В данной работе впервые предложен подход к получению кетотиоамидных производных на тиазоло[3,2-*a*]пиримидиновой платформе (Рисунок 1), а также изучены супрамолекулярная организация в кристаллической фазе и цитотоксическая активность полученных гетероциклических соединений.

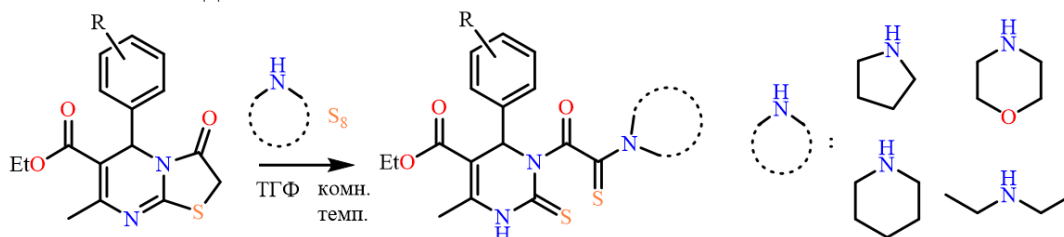


Рисунок 1. Схема синтеза 5-этоксикарбонил- N^3 -кетотиоамидных производных пиримидин-2-тиона.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФИЦ КазНЦ РАН для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

1. Dong J., et al. *Tetrahedron Letters*. **2023**, 115, 154317.
2. Chaubey T.N., et al. *Organic Letters*. **2022**, 24(43), 8062-8066.
3. Nagaraju, P., et al. *Letters in Organic Chemistry*. **2021**, 18(1), 49-57.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА СО СТИРОЛОМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ МАТРИЦ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

И.А. Гараев^a, Т.А. Вахонина^a, А.А. Валиева^a, А.И. Гайсин^a, Г.М. Фазлеева^a,
А.В. Шарипова^a, Д.Н. Петров^{a,b}, М.Ю. Балакина^a

^aИнститут органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

^bКазанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

fasttravel00@mail.ru

Работа посвящена исследованию влияния полимерной матрицы на квадратичные нелинейно-оптические характеристики (НЛО) характеристики полимерных материалов гость-хозяин. Были синтезированы сополимеры метилметакрилата со стиролом **P1** и **P2** с различным содержанием стирола (Рис. 1а) и определены их физико-химические характеристики.

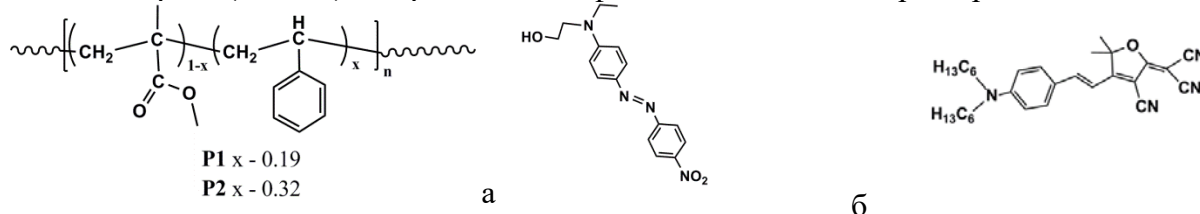


Рисунок 1 Структура сополимеров MMA-Ст (а) и хромофоров DR1 (б), DHA-V-TCF (в).

Для определения нелинейно-оптического коэффициента, d_{33} , были изготовлены тонкие пленки на основе сополимеров **P1** и **P2**, а также, для сравнения, полиметилметакрилата (ПММА), допированных хромофором DR1/DHA-V-TCF (Рис. 1б, 1в) с загрузкой 25 масс.%. Пленки были поляризованы в поле коронного разряда и методом генерации второй гармоники были определены d_{33} полученных материалов. Показано, что значение НЛО коэффициента пленок существенно зависит как от природы хромофора, так и от структуры полимерной матрицы, при этом важным фактором является число стирольных звеньев в сополимере. Для хромофора-гостя DR1 большие значения d_{33} получены для композита на основе **P1**; для **P2** значение d_{33} в ~ 1.5 раза ниже. В случае когда хромофором-гостем является DHA-V-TCF значения d_{33} для композита на основе ПММА несколько выше, а для матриц **P1** и **P2** значения d_{33} сопоставимы.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВОЗДУХОВОДОВ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОБУСОВ

С.Г. Гарипов

Набережночелнинский институт КФУ, Набережные Челны, Россия

Из-за больших размеров салонов и особенностей конструкции кузова и облицовочных панелей, равномерная доставка воздуха от кондиционера затруднена или невозможна [1], что ухудшает работу климатической системы. Даже при правильном подборе установки с необходимой холодопроизводительностью и расходом воздуха [2], поддержание требуемого температурного режима во всем салоне становится неэффективным. Для решения вышеперечисленных проблем, разработаны и внедрены в транспортное средство текстильные воздушные каналы, изготовленные из ткани самба эксклюзив сольвент UV. Воздуховоды из воздухонепроницаемой негорючей ткани оснащены сетчатыми вставками для направления воздушного потока. Это позволяет регулировать распределение воздуха: больше на стекла, меньше в салон.

Ключевые особенности текстильных воздушных каналов: эффективное распределение потоков воздуха в салоне, небольшой вес конструкции, гибкость конструкции, технологичность и простота производства (отсутствие необходимости в изготовлении специальной оснастки), точное соответствие требуемым расчётным параметрам, простота и удобство монтажа, простота и удобство обслуживания, невысокая стоимость.

1. Басыров, Р. Р. Комфортабельность автомобиля: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» / Р. Р. Басыров, А. Д. Галимянов, В. Н. Никишин; Казанский федеральный университет; Набережночелнинский институт. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2015. – 97 с. – EDN WLPRBX.
2. Гарипов, С. Г. Климатическая система для пассажирского автомобильного транспорта / С. Г. Гарипов, А. А. Краснова // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 28–29 апреля 2023 года. – Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2023. – С. 136-140. – EDN DYIKKQ.

БЕЗМЕДНОЕ АЗИД-АЛКИНОВОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ С АКТИВИРОВАННЫМИ ЭФИРАМИ АЦЕТИЛЕНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ В СИНТЕЗЕ АМФИФИЛЬНЫХ ДЕНДРИМЕРОВ

А.А. Глухова^a, И.М. Богданов^a, В.А. Бурилов^a, С.Е. Соловьева^b, И.С. Антипин^{a,b}

^a Казанский(Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии имени А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

nastgluhowa@yandex.ru

В современной науке и технологиях амфифильные дендримеры стали одними из самых популярных структур, благодаря их разветвлённой трёхмерной архитектуре. Кроме того, эти молекулы обладают рядом исключительных свойств, которые схожи со свойствами биологически активных веществ. Структурные элементы дендримеров можно настраивать, таким образом влияя как на поверхностные, так и на внутренние свойства этих макромолекул, что открывает их широкое применение в медицине, катализе, нанoeлектронике и экологии. Реакция азид-алкинового циклоприсоединения с использованием одновалентной меди в качестве катализатора получила широкое распространение в синтезе дендримеров. Но процесс удаления меди представляет собой трудную задачу из-за содержания в их структуре различных координирующих центров. Поэтому разработка альтернативных «безметалловых» подходов является перспективной в современной химии. Также использование меди ограничивает применение дендримеров в биомедицинских целях.

В работе представлена методика синтеза дендримеров на основе азидпроизводных тиакаликс[4]арена и галловой кислоты. В качестве строительного блока были использованы производные ацетилендикарбонической кислоты, которые могут вступать в клик-реакции без медного катализатора.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-13-00304-П

ЭЛЕКТРОПОЛИМЕРИЗОВАННЫЕ ПОКРЫТИЯ, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ ИЗ СРЕД ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ, КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ (БИО)СЕНСОРОВ

А.И. Гойда, А.В. Порфирьева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

a.goida@mail.ru

Несмотря на то, что электрохимические сенсоры и ДНК-сенсоры на основе электрополимеризованных материалов описаны в литературе и используются в медицине, биологии и экологии, эффективность электрополимеризации органических мономеров из водных сред часто является недостаточной ввиду их низкой растворимости. Два десятилетия назад в рамках парадигмы «зеленой химии» были впервые представлены глубокие эвтектические растворители (ГЭР) как альтернатива неводным растворителям и ионным жидкостям. ГЭР представляют собой смеси доноров и акцепторов водородных связей, образующие вязкие жидкости с температурой плавления ниже, чем у исходных компонентов. К достоинствам ГЭР относят их высокую сольбилизирующую способность, химическую и термическую стабильность, низкую токсичность, биосовместимость, биоразлагаемость. Использование ГЭР позволяет преодолеть ограничения традиционных водных сред, а также позволяет повысить рабочую концентрацию малорастворимого в воде мономера красителя на стадии электрополимеризации и подавить агрегацию мономеров в реакционной среде за счет увеличения их растворимости. Получаемые электрополимеризованные покрытия отличаются по морфологии поверхности и электрохимическим свойствам и могут быть использованы в био- и электрохимическом анализе. Использование электроактивных полимерных материалов в составе ДНК-сенсоров позволяет повысить чувствительность и селективность определения биологических мишеней, взаимодействующих с ДНК в матрицах сложного состава. Применение ГЭР в сочетании с печатными углеродсодержащими электродами (ПУЭ) в качестве преобразователя сигнала позволяет уменьшить объем реагентов, необходимых для приготовления чувствительного слоя, и минимизировать объем пробы.

В данном исследовании были разработаны подходы к электрополимеризации красителей фенотиазинового и акридинового рядов и одностадийному получению композитов с углеродными материалами из природных глубоких эвтектических растворителей (ПГЭР) на поверхности печатных углеродсодержащих электродов. Установлены электрохимические характеристики и морфология покрытий в зависимости от состава ПГЭР, режима электросинтеза и присутствия дополнительных компонентов. Показано значимое влияние среды для электрополимеризации на электрохимические характеристики покрытий. Разработаны рабочие протоколы иммобилизации ДНК на электрополимеризованных покрытиях полианилина (ПТА) и полипрофлавина (ППФЛ), а также на композите, образованном ППФЛ и электрохимически восстановленным оксидом графена (ППФЛ – ЭХВОГ). Разработаны импедиметрические сенсоры и ДНК-сенсоры на основе ПУЭ, модифицированных ПТА и ППФЛ или композитом ППФЛ – ЭХВОГ, которые демонстрируют стабильные аналитические и операционные характеристики определения адреналина, цитостатических препаратов (доксорибуцина, эпирубицина и идарубицина), а также позволяют дискриминировать термическое и химическое повреждение ДНК.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-13-00163, <https://rscf.ru/project/23-13-00163/>

ОПТИМИЗАЦИЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФТАЛОНИТРИЛА И БЕНЗОКСАЗИНА

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

Перспективные для аэрокосмической промышленности и электроники фталонитрильные и бензоксазиновые связующие сочетают высокие механические характеристики с термической стабильностью. Введение бензоксазинов решает проблему низкой технологичности фталонитрильных матриц, снижая температуру их отверждения. Для дальнейшей оптимизации процесса отверждения применяют различные катализаторы [1].

Целью данной работы является исследование влияния кислотного катализатора на процесс отверждения бензоксазин-фталонитрильных композиций. В качестве объектов исследования были выбраны бензоксазиновое соединение на основе бисфенола А и анилина (ВА-а) и фталонитрильное связующее. В качестве катализатора была использована бензойная кислота. Процесс отверждения композиций 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 катализатора на процесс отверждения. Показано, что начало отверждения бензоксазин-фталонитрильной композиции с катализатором сдвигается в область более низких температур почти на 20°C по сравнению с составом без катализатора. Методами ИК-спектроскопии и кинетического анализа подтвержден механизм двойного отверждения и установлена оптимальная концентрация бензойной кислоты. На основе проведенных исследований разработан состав порошкового связующего. Показана возможность управления температурой отверждения и достижения высокой температуры стеклования полученного полимера.

1. B. Kışkan, F. Ş. Güngör, ITU ARI Bulletin of Istanbul Technical University, 55, 1, 37-44 (2023). DOI: 10.1016/B978-0-08-101021-1.00017-4.

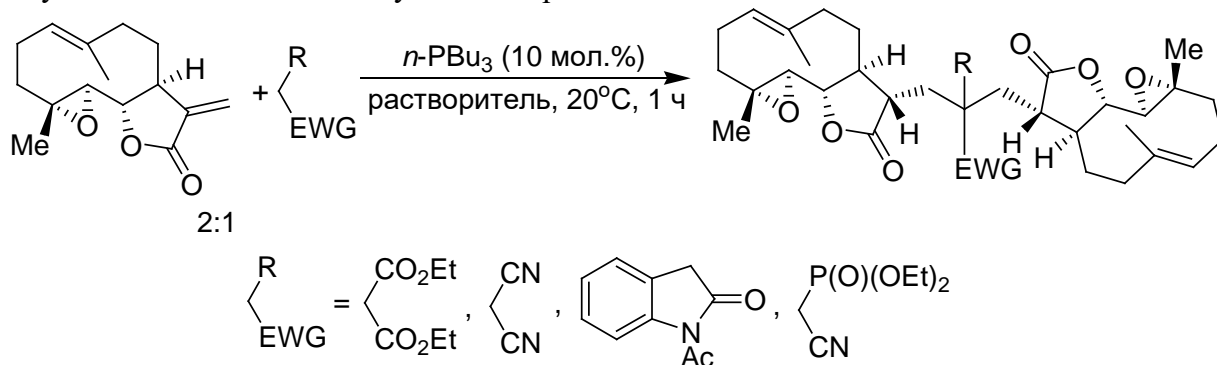
ФОСФИН-КАТАЛИЗИРУЕМЫЕ РЕАКЦИИ ПАРТЕНОЛИДА С СН-КИСЛОТАМИ

К.Р. Губайдуллин, А.А. Шабанов, А.В. Салин

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

karen2102003@gmail.com

Сесквитерпеновый лактон партенолид, выделяемый из растения *Tanacetum parthenium*, является ингибитором ядерного транскрипционного фактора NF-κB, который контролирует гены, отвечающие за процесс воспаления, пролиферацию клеток и апоптоз. Большой интерес к данному соединению обусловлен наличием у него выраженной противоопухолевой активности, в частности, в отношении миелоидной лейкемии [1]. С целью поиска новых биологически активных производных впервые осуществлена модификация партенолида по реакции Михаэля серией двухосновных СН-кислот в условиях органокатализа PBU_3 .



Установлено, что реакции протекают в мягких условиях и приводят к хемоселективному образованию продуктов двойного присоединения. Генерация новых четвертичных углеродных центров является более сложной синтетической задачей, имеющей важное практическое значение. Такие центры присутствуют во многих биологически активных молекулах и придают им повышенную конформационную жесткость, которая необходима для более эффективного связывания этих соединений с рецепторными молекулами в живых организмах. Исследование цитотоксической активности синтезированных производных выявило, что продукт реакции с *N*-ацетилоксиндолом проявляет более высокую активность в отношении клеток промиелоцитарной лейкемии человека HL-60 по сравнению с исходным партенолидом.

1. Ghantous, A. Sinjab, Z. Herceg, N. Darwiche. *Drug Discov. Today*, 2013, **18**, 894-905.

РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ АЗОГЕТЕРОЦИКЛОВ К МЕТИЛПРОПИОЛАТУ И ДИВИНИЛСУЛЬФОНУ В УСЛОВИЯХ КАТАЛИЗА ТРЕТИЧНЫМИ ФОСФИНАМИ

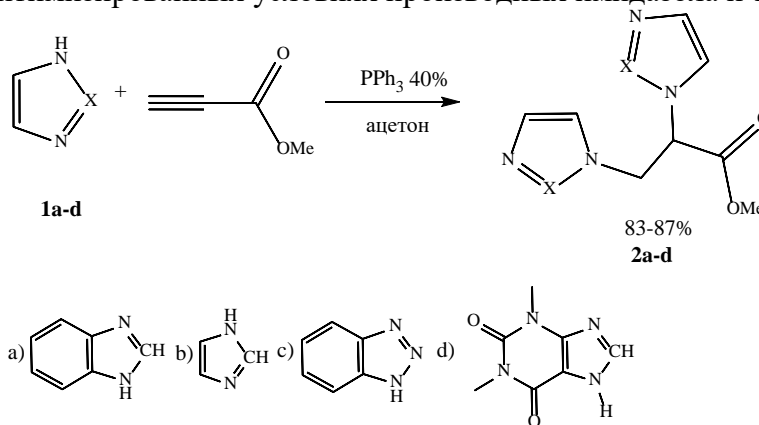
А.И. Губайдуллина, М.А. Мамонтов, А.В. Ильин

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

alinaexplayru5@gmail.com

Ароматические азогетероциклы и их производные широко применяются в создании лекарственных препаратов, катализаторов и функциональных материалов.

На основании ранее проведенного фосфин-катализируемого α - и бис-присоединения циклических имидов дикарбоновых кислот к метилпропиолату, в данной работе сообщается о введении в реакции в оптимизированных условиях производных имидазола и триазола.



Реакции протекают с высоким выходом целевых биспродуктов в мягких условиях. По данным ЯМР спектроскопии полученные соединения представляют собой продукты вицинального присоединения двух гетероциклов по тройной связи метилпропиолата. Стоит отметить, что присоединение идет по атому азота гетероциклического фрагмента.

Далее были проведены реакции с дивинилсульфоном, в качестве непереломного субстрата. В реакциях с высоким выходом были получены продукты бисприсоединения гетероциклических производных по β -положениям двойных связей с образованием симметрично замещенных диэтилсульфонов. Строение всех полученных соединений доказано комплексом современных физических методов исследования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ РЕЦЕПТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПИЛЛАР[5]АРЕНОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ НЕАКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А. Гусейнова, Р.В. Шамагсумова, А.В. Порфирьева, Л.И. Махмутова, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

guseinova.adelya@yandex.ru

Макроциклические соединения, такие как каликсарены, краун-эфир, циклодекстрины, находят широкое применение в аналитической химии, например, в качестве ионофоров в составе ионоселективных сенсоров или экстрагирующих агентов для разделения и концентрирования ионов металлов. Варьирование размера макроциклической полости и функциональных групп обеспечивает избирательность связывания аналитов.

В рамках данной работы изучены механизмы взаимодействия пиллар[5]аренов, содержащих тетразольные заместители, с фенотиазиновыми красителями (Азуром А, Азуром Б, Азуром С, тионином, Метиленовым синим). Способность тетразольных пиллар[5]аренов к комплексообразованию по типу гость-хозяин была установлена методами УФ- и ИК-спектроскопии и подтверждена методами циклической вольтамперометрии. Стехиометрия комплексов зависела от природы красителя и состава линкера в составе макроцикла. Изученные закономерности были использованы для электрохимического определения хлорида бензалкония, не обладающего собственной электрохимической активностью. Подход основан на замещении фенотиазинового красителя в комплексе с пиллар[5]ареном хлоридом бензалкония. Связывание фенотиазина макроциклическим рецептором снижало регистрируемые редокс-пики красителя. С увеличением концентрации хлорида бензалкония, также проявляющего сродство к макроциклу, редокс-токи пиков красителя линейно росли. Интервал определяемых концентраций хлорида бензалкония составил 0.03 - 0.5 мМ и 0.03 – 1.0 мМ в присутствии Азура Б и Метиленового синего соответственно. Разработанный подход апробировали для определения хлорида бензалкония в назальном спрее. Степень открытия составила 95 %.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения проекта № FZSM-2023-0018 государственного задания в сфере научной деятельности.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ В ПОЛИМЕРЕ НА КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ ИЗ УГЛЕРОДНОЙ ЧЕРНИ

П.В. Дворникова^a, Д.В. Брусницын^a, А.Н. Рамазанова^a, Э.П. Медянцева^a,
А.М. Димиев^a, А.И. Вагапова^b, А.Ф. Максимов^b, Г.А. Кутырев^b

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

^b Институт полимеров, КНИТУ, Казань, Россия

p_dvornikova12@mail.ru

Полимерные материалы на основе гиперразветвленных структур обладают уникальными свойствами, которые могут использоваться в компонентах биосенсоров, композитных, оптических и электронных материалов, добавок и стабилизаторов наночастиц металлов, полимерных электролитов и биоматериалов.

Особое внимание заслуживают наночастицы переходных металлов, в частности наночастицы никеля, которые могут быть стабилизированы различными полимерами, в том числе гиперразветвленными структурами на основе полиаминоэтиленкарбонатов.

Нами были разработаны композитные печатные электроды, модифицированные углеродной чернью и наночастицами никеля, стабилизированными гиперразветвленными полиаминоэтиленкарбонатами разной генерации. Композитные электроды были изучены дифференциальной импульсной вольтамперометрией и спектроскопией электрохимического импеданса, что позволило провести скрининг композитных материалов и выбрать лучшие модификаторы для последующей разработки амперометрических иммуносенсоров.

Установлено, что добавление к наночастицам никеля в гиперразветвленном полимере углеродной черни в составе композитного электрода приводит к смещению потенциала в сторону отрицательных значений на 150 мВ и увеличению токов окисления наночастиц никеля в 3 раза, по сравнению с электродами, модифицированными наночастицами никеля в гиперразветвленном полимере.

На наш взгляд разработанные композитные материалы являются перспективными, поэтому могут быть использованы для создания электрохимических иммуносенсоров при определении антидепрессантов.

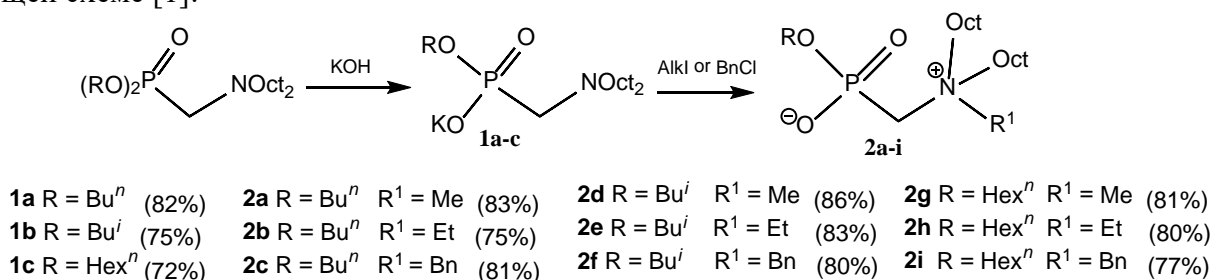
СИНТЕЗ И МЕМБРАННО-ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ЛИПОФИЛЬНЫХ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ БЕТАИНОВ

Е.А. Ермакова, Д.Р. Долгова, Н.В. Давлетшина, А.М. Хакимзянова, Р.Р. Давлетшин, Т.Т. Сенченко

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

ermak-k99@mail.ru

В настоящей работе приводятся результаты исследования мембранно-транспортных свойств серии липофильных фосфорилированных бетаинов, синтез которых проводился по следующей схеме [1]:



Установлено, что соединения **2a-i** эффективно переносят ионы редкоземельных металлов из разбавленных водных растворов. На примере соединения **2g** методом ИК спектроскопии показано, что в условиях жидкость-жидкостной экстракции в 1,2-дихлорбензоле, комплексы с одно- и двухзарядными ионами металлов не образуются, а комплексообразование с нитратами редкоземельных металлов осуществляется с участием фосфонатного фрагмента [2].

Изучены мембранно-транспортные свойства фосфорилированных бетаинов по отношению к моно- и полифункциональным карбоновым кислотам. Методом ИК спектроскопии установлены основные центры координации переносчиков. Методом квантово-химических расчетов выявлены некоторые закономерности в зависимости величины потока переноса органических субстратов от структурных особенностей переносчиков, от липофильности субстратов и прочности образующихся Н-комплексов [3].

1. Davletshina N.V., Ermakova E.A. et al., *Mend. Comm.*, **2023**, 33, 627-630.
2. Давлетшина Н.В. и др. *ЖОХ*, **2022**, 92, 1931-1937.
3. Давлетшина Н.В., Ермакова Е.А. и др. *ЖОХ*, **2023**, 93, 1927-1936.

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ ПИЛЛАР[5]АРЕНА, СОДЕРЖАЩИХ ТИОЭФИРНЫЕ ФРАГМЕНТЫ И АМИНОГРУППЫ, И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И СВЯЗЫВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Е.А. Ефремова, И.В. Танаева, Д.Н. Шурпик, О.А. Мостовая, И.И. Стойков

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

liza120404@gmail.com

Одним из наиболее значимых достижений в области супрамолекулярной химии стало открытие в 2008 году новых макроциклических соединений – пиллар[n]аренов [1]. Пиллар[5]арены (П[5]А), как наиболее термодинамически стабильные представители данного класса, привлекают к себе высокий интерес исследователей за счёт простоты синтеза, лёгкости функционализации и способности к образованию комплексов «гость-хозяин» [1]. Рассматриваемые макроциклы находят широкое применение в различных областях науки. В частности, они могут быть использованы как модификаторы наноматериалов: наночастиц благородных металлов и квантовых точек [2]. Именно поэтому актуальной задачей является синтез новых производных П[5]А, потенциально выступающих в качестве стабилизаторов наноразмерных структур.

В ходе данной работы были синтезированы новые П[5]А, содержащие тиоэфирные фрагменты и аминогруппы. Структуры всех полученных соединений были подтверждены комплексом физических методов исследования: ИК-, ЯМР ^1H и $^{13}\text{C}\{\text{H}\}$ спектроскопией, масс-спектрометрией и данными элементного анализа. Также с помощью УФ-спектроскопии была изучена возможность взаимодействия синтезированных парациклофанов с лекарственными препаратами. Полученные данные показали способность производных П[5]А связывать 5-фторурацил.

В ходе дальнейшего исследования было установлено, что изучаемые макроциклы могут выступать в качестве стабилизаторов квантовых точек на основе серы, обладающих высокими значениями интенсивности флуоресценции.

1. Ogoshi, T. para-Bridged symmetrical pillar[5]arenes: their Lewis acid catalyzed synthesis and host–guest property / T. Ogoshi, S. Kanai, S. Fujinami, T. Yamagishi, Y. Nakamoto // Journal of the American Chemical Society. – 2008. – V. 130. – № 15. – P. 5022-5023.
2. Chen, J. Functionalization of inorganic nanomaterials with pillar [n] arenes/ J. Chen, Y. Wang, C. Wang, R Long., T. Chen, Y. Yao // Chemical Communications. – 2019. – V. 55. – № 48. – P. 6817-6826.

**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИ ПОЛЕЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ МУХИ ЧЁРНАЯ ЛЬВИНКА
(*HERMETIA ILLUCENS*)**

В.А. Журавлева, А.А. Шапошникова, Г.А. Ивкова

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

vichka.zhuravleva.04@mail.ru

Насекомые мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) являются важным источником биополимеров, особенно хитина и его производных (например, хитозана). Наличие реакционноспособных функциональных групп, которые позволяют проводить модификацию этих полимеров, комплексообразующая способность, низкая токсичность, способность к биоразложению – все эти свойства в перспективе могут давать множество возможностей практического использования материалов на их основе. Данные биополимеры обладают антиоксидантной, антибактериальной и противогрибковой активностью, гемостатическим эффектом.

Нашей лабораторией был выделен хитин на основе нехарактерного биосырья – мухи Черная львинка. Выделенный полисахарид преобразован в хитозан различными методиками для нахождения наилучшего метода. Проведены исследования гемостатических свойств, размера частиц полученного полимера, проведена модификация по аминной группе с целью улучшения физиологических свойств хитозана.

Наличие реакционноспособных функциональных групп, которые позволяют проводить модификацию этих полимеров, комплексообразующая способность, низкая токсичность, способность к биоразложению – все эти свойства в перспективе могут давать множество возможностей практического использования материалов на основе хитина и, особенно, хитозана.

ПИЛЛАР[5]АРЕНЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ГИДРОХИНОНОВЫЕ ЗВЕНЬЯ И ТЕТРАЗОЛЬНЫЕ ФРАГМЕНТЫ: СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ

Я.А. Зайцева, Д.И. Стойков, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

iazayceva@mail.ru

Молекулярное распознавание представляет собой процесс селективного взаимодействия между двумя или более молекулами, основанный на структурной и функциональной комплементарности [1]. Понимание механизмов молекулярного распознавания позволяет целенаправленно создавать высокоселективные сенсоры, катализаторы и терапевтические агенты. Среди эффективных молекул-хозяев особое место занимают *пара*-циклофаны — в частности, пиллар[5]арены. Благодаря колоннообразной структуре и электронодонорной полости они способны селективно связывать ионы металлов и другие заряженные молекулы-гости [1]. Дополнительная функционализация макроциклической платформы позволяет тонко регулировать её рецепторные свойства.

Тетразольные фрагменты представляют собой важные синтетические гетероциклы с широкой биологической активностью. Введение тетразольных групп в структуру пиллар[5]аренов усиливает их комплексообразующие свойства, расширяет спектр возможных аналитических задач и повышает растворимость макроциклов в воде [2]. Таким образом, комбинирование архитектуры пиллар[5]арена с функциональными возможностями тетразольных групп открывает новые направления в дизайне супрамолекулярных систем для распознавания ионов металлов и других биологически значимых аналитов. Таким образом, нами были получены пиллар[5]арены, содержащие в своей структуре различное количество гидрохиноновых и тетразольных фрагментов. Синтез целевых соединений производился в две стадии — нуклеофильное замещение с последующей реакцией циклоприсоединения азидов. Структуры синтезированных макроциклов подтверждали рядом физических методов: ЯМР ^1H , ^{13}C , ИК-спектроскопией и масс-спектрометрией, а также была изучена способность полученных макроциклов взаимодействовать с рядом ионов металлов и биомолекул.

1. Ogoshi, T., Yamagishi, T. Pillar[5]- and pillar[6]arene-based supramolecular assemblies built by using their cavity-size-dependent host–guest interactions // Chem. Commun. – 2014. – V. 50. – №37. – P.4776-4787.
2. Wu, J.R. New opportunities in synthetic macrocyclic arenes / J.R. Wu, Y.W. Yang // Chem. Commun. – 2019. – V. 55. – № 11. – P. 1533-1543.

ДВУХКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА В СРЕДЕ СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИЭФИРОПОЛИОЛОВ

П.Д. Замковая, А.Р. Гатаулина, М.П. Кутырева

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

zamkovaapolina@gmail.com

Наночастицы золота инертны, нетоксичны, биосовместимы, имеют уникальные фотофизические свойства. Это определяет широкий спектр применений материалов на их основе, а также необходимость разработки надежных способов получения наночастиц золота с заданными характеристиками. Использование подходов полиольного синтеза позволяет получать функциональные металлополимерные нанокомпозиты в двухкомпонентной среде. Эффективность контроля дисперсных характеристик и целевых свойств наноматериала определяется природой полиола, который выполняет роль и стабилизатора, и восстановителя одновременно.

Разработана методика полиольного синтеза полимер-композитных наночастиц золота. В качестве стабилизатора и восстановителя использован сверхразветвлённый полиэфирполиол 4 генерации G_4OH , синтезированный реакцией поликонденсации пентаэритрита с 2,2-ди(гидроксиметил)пропионовой кислоты в мольном соотношении 1:60 (гидроксильное число 210 КОН/г). Для сравнения был выбран коммерческий аналог $G_4^{com}OH$ (гидроксильное число 490 КОН/г). Синтез наночастиц проводили восстановлением $HAuCl_4$ в среде G_4OH и $G_4^{com}OH$ при $n_{Au^{3+}: OH} = 1:150$ и $1:15000$, $T=180$ °С. Методом ИК диффузного отражения установлено, что в ходе полиольного синтеза ОН-группы полиола окисляются до альдегидных и кислотных групп, участвующих в последующей стабилизации образующихся наночастиц золота.

Данные метода анализа траекторий движения наночастиц (NTA) показали, что уменьшение концентрации $HAuCl_4$ в среде G_4OH приводит к укрупнению частиц нанокомпозита со 147 нм до 157 нм, в случае $G_4^{com}OH$ обратная зависимость (202 нм—98 нм). По данным ПЭМ в среде G_4OH при $n_{Au^{3+}: OH} = 1:150$ образуются наностержни ($L=35$ нм, $d=6$ нм) и сфероидные нанокластеры золота ($d=2,5$ нм), а на основе $G_4^{com}OH$ только сфероидные нанокластеры ($d= 3,1$ нм). Уменьшение концентрации $HAuCl_4$ до $n_{Au^{3+}: OH} = 1:15000$ приводит к образованию чешуйки ($d= 48$ нм) и кубических частиц ($d= 23$ нм) для G_4OH и $G_4^{com}OH$ соответственно. Все синтезированные нанокомпозиты гемосовместимы при концентрациях до 1000 мкг/мл и перспективны для применения в биомедицине.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ СЕРЫ

З.Р. Зарафутдинова, К.С. Зимин, А.Г. Шмелев, А.П. Довженко, Л.М. Амирова, А.Б. Зиятдинова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

zrzarafutdinova@kpfu.ru

Квантовые точки серы (КТС) представляют интерес благодаря уникальному сочетанию свойств: водорастворимости, долговременной флуоресценции, антибактериальной, противогрибковой и антиоксидантной активности, что открывает широкие перспективы для их практического применения. Внедрение КТС в полимерные матрицы позволяет получать новые функциональные материалы, в том числе обладающие фотолюминесцентными свойствами. В данной работе предложена методика получения люминесцентных композитов из эпоксидных смол и КТС без использования дорогостоящих редкоземельных металлов.

КТС были получены механохимическим способом по двум методикам с использованием S и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в качестве источника серы. В качестве стабилизатора был выбран катионный полиэлектролит полиэтиленимин (ПЭИ-1300), который способен одновременно обеспечить пассивацию поверхности наночастиц и создавать щелочную среду, необходимую для генерации КТС. Размер полученных КТС определяли микроскопически (Hitachi HT7700 instrument).

Эпоксидные нанокompозиты получали на основе смеси эпоксидных смол двумя способами: путем растворения КТС в смоле или в отвердителе; полученные смеси высушивали в форме при 70 °C. Нанокompозиты были получены в виде твердых образцов, у которых были оценены флуориметрические (Fluorolog-QM with FelixFL Operation Manual) и термомеханические характеристики (динамический механический анализатор DMA 242 E Artemis (Netzsch) методом двухплечевого изгиба. Было установлено, что добавление КТС в полимер придает композиту стабильные фотолюминесцентные свойства (фотоэмиссия в области 500 нм при $\lambda_{\text{возб}}$ 405 нм), при этом возрастают модуль упругости при изгибе (до 1800 МПа) и повышается температура стеклования (до 60 °C). Полученные результаты представляют интерес в качестве новых фотолюминесцентных композитных материалов.

Работа выполнена при поддержке гранта на осуществление фундаментальных и поисковых исследований в научных и образовательных организациях, предприятиях и организациях реального сектора экономики Республики Татарстан.

СИНТЕЗ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДЕГИДРОКОСТУСЛАКТОНА

Я.А. Захарова^a, А.М. Смыслова^{a,b}, А.В. Немтарев^{a,b}, А.В. Семаков^c, С.А. Пухов^c,
В.Ф. Миронов^b

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

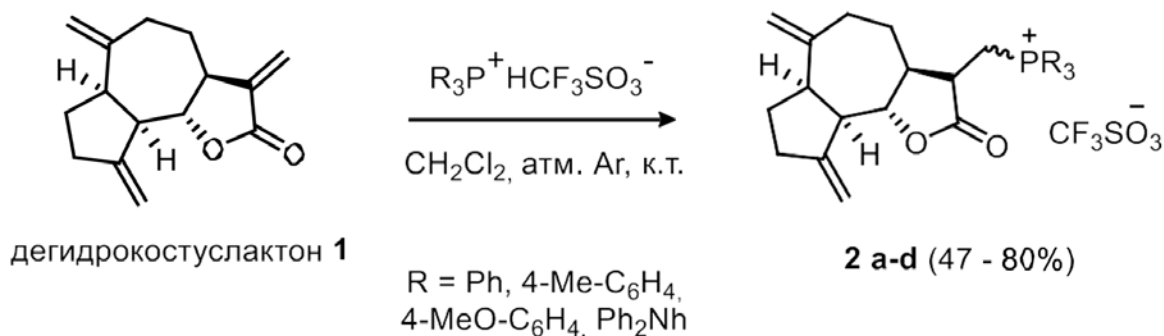
^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

^c Институт физиологически активных веществ ФИЦ Проблем химической физики и медицинской химии РАН, Черноголовка, Россия

yanazaxar29@gmail.com

Известно, что дегидрокостуслактон может влиять на экспрессию различных генов, участвующих в воспалении и выживании клеток, а также модулировать другие клеточные процессы, в том числе связанные с апоптозом [1]. В то же время показано, что противоопухолевая активность ряда сесквитерпеновых лактонов реализуется в основном через индукцию митохондриального пути апоптоза [2]. В связи с этим, для разработки потенциальных противоопухолевых соединений на основе дегидрокостуслактона **1** представляется интересным введение в его структуру векторных фрагментов для нацеливания на митохондрии. Делокализованные липофильные катионы, в частности, трифенилфосфониевый (TRP⁺), зарекомендовали себя как эффективные митохондриальные векторы [3].

По разработанному ранее в нашей лаборатории методу [4] в данной работе был получен ряд четвертичных фосфониевых солей **2 a-d** на основе дегидрокостуслактона **1**. Интересно, что вне зависимости от природы фосфина фиксировалось образование единственного продукта, несмотря на возможность образования двух стереоизомерных солей.



Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидии, выделенной КФУ (FZSM-2023-0018) на выполнение государственного задания.

1. G. S. Jeong et.al. // *Eur. J. Pharm.*, 2007, **565**, 1-3, 37-44.
2. N. H. Fischer et.al. // *Prog. Chem. Org. Nat. Prod.*, 1979, **38**, 47-408.
3. S.G. Klochkov et.al. // *Biomed. Chem.: Research and Methods*, 2018, **1**, 3, e00047.
4. M.E. Shemakhina et.al. // *Mendeleev Commun.*, 2023, **33**, 6, 759-761.

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНОВ МИКРОФЛЮИДНЫХ КАНАЛОВ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ СМЕШЕНИЯ ЖИДКОСТИ ВНУТРИ НИХ

М.А. Камалетдинов, Д.Ф. Зиязова, Д.А. Учуватова

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

kai@kai.ru

Аннотация: В данной работе исследуется технология применения 3Д печати методом наплавления термопласта для изготовления микрофлюидных устройств с разными дизайнами каналов для улучшения смешения жидкости в них.

Ключевые слова: 3Д печать методом наплавления, микрофлюидика, смешение жидкостей, микроканалы.

Актуальность данного исследования заключается в том, что микрофлюидика является одной из самых передовых дисциплин на сегодняшний день, она изучает манипулирование жидкостями логическим образом.

Благодаря небольшому размеру каналов и соответственно низкому расходу реагентов, можно создавать устройства для смешения различных жидкостей. Такие устройства могут найти широкое применение в различных отраслях науки. [1]

3Д печать методом наплавления является доступным и сравнительно недорогим средством изготовления микрофлюидных устройств. Этот метод позволяет задавать разные настройки для создания микроканалов разных размеров и форм. Однако проблемой микроканалов является то, что поток жидкости в микрофлюидном устройстве ламинарный из-за размера канала[2], как известно чем выше турбулентность внутри канала, тем выше качество смешения жидкости для ее решения можно применять нестандартную укладку каналов с резкими поворотами, что также благотворно влияет на смешение жидкости, как например в работе [3] авторы по методы оригами укладывали плоские каналы в оснастку для равномерно охлаждения отливочной формы. Также можно использовать специальные устройства для смешивания жидкостей.

В данной работе рассматриваются 3Д печать каналов с разными дизайнами микроканалов: прямые, зигзагообразные [4] и спиральные [5]. Зигзагообразные и спиральные микрофлюидные каналы показали наилучшие результаты по турбулентности потока внутри канала.

Важной особенностью рассматриваемых дизайнов является их повторяемость на 3Д принтерах, работающих по методу наплавления термопласта. В работе для исследования был выбран термопласт на основе стирола – ABS. Размер поперечного сечения всех каналов был 0,8 мм, длина каналов: 40 мм, шаг спирали:

Использование 3Д печати методом наплавления позволяет создавать ребристые каналы, которые будут создавать небольшую турбулентность потока, заставляя его закручиваться, тем самым дополнительно смешивая. С помощью волнистости поверхности, образующейся в процессе формирования слоев, достигается регулирования размеров микроканалов. Для этого выбираем следующие настройки принтера: температура сопла: 207 °С, температура платформы: 68°С, толщина слоя: 100 мкм, заполнение: 100% [6].

Эксперименты показали, что использование печати методом послойного наплавления материала для создания данного устройства позволяет улучшить качество и скорость смешивания жидкостей, по сравнению с методом многоструйной печати, так как поверхности каналов получаются гладкими.

1. De Santis P., Meyer L. E., Kara S. The rise of continuous flow biocatalysis—fundamentals, very recent developments and future perspectives //Reaction Chemistry & Engineering. – 2020. – Т. 5. – №. 12. – С. 2155-2184.
2. Koo J., Kleinstreuer C. Liquid flow in microchannels: experimental observations and computational analyses of microfluidics effects //Journal of Micromechanics and Microengineering. – 2003. – Т. 13. – №. 5. – С. 568.
3. Ward K., Fan Z. H. Mixing in microfluidic devices and enhancement methods //Journal of Micromechanics and Microengineering. – 2015. – Т. 25. – №. 9. – С. 094001.
4. Li X. et al. Mixing processes in a 3D printed large-flow microstructured reactor: Finite element simulations and experimental study //Chemical Engineering Journal. – 2019. – Т. 370. – С. 295-304.
5. Rehmani M. A. A., Jaywant S. A., Arif K. M. Study of Microchannels Fabricated Using Desktop Fused Deposition Modeling Systems. Micromachines 2021, 12, 14.
6. Mehta V., Rath S. N. 3D printed microfluidic devices: a review focused on four fundamental manufacturing approaches and implications on the field of healthcare // Bio-Design and Manufacturing. – 2021. – Т. 4. – №. 2. – С. 311-343.

СИНТЕЗ МАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ СУКЦИНИМИДОВ НА ПЛАТФОРМЕ СТЕРЕОИЗОМЕРОВ *п-ТРЕТ*-БУТИЛТИАКАЛИКС[4]АРЕНА

А.Д. Злыгостев, В.И. Калинин, И.И. Стойков

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

andrey.windsor29@yandex.ru

Тиакаликс[4]арены в XXI веке начали приобретать повышенный интерес как новое поколение макроциклических лигандов, что открывает возможности для разработки молекулярных сенсоров, катализаторов и систем для адресной доставки лекарственных средств в пораженные очаги организма. За счет мостиковых атомов серы, тиакаликс[4]арены обладают набором уникальных характеристик, таких как достаточно высокая конформационная подвижность макроцикла вследствие его увеличенного размера по сравнению с классическим аналогом в сочетании с доступной химической модификацией нижнего и верхнего обода. Разработанные синтетические подходы к функционализации ОН-группы по нижнему ободу макроцикла, позволяет сосредоточиться на оптимизации условий реакций для получения целевых полифункциональных соединений, что открывает возможность для применения новых ранее не доступных тетразамещенных по нижнему ободу *п-трет*-бутилтиакаликс[4]аренов в материаловедении и фармакологии [1].

Сукцинимиды в свою очередь обладают ценными фармакологическими свойствами, лекарственные препараты на их основе проявляют противовоспалительную, антибактериальную и противогрибковую активность [2].

В данной работе синтезированы новые производные тетраэфиров *п-трет*-тиакаликс[4]арена, функционализированные по нижнему ободу одновременно гидразидным и сукцинатным фрагментом. Изучение последующей их циклизации в присутствии PPE (полифосфорного эфира) позволило синтезировать соответствующие сукцинимиды на основе конфигурационных стереоизомерных форм – *конус*, *частичный конус*, *1,3-альтернат*. Полученные соединения были охарактеризованы рядом инструментальных методов, таких как ЯМР ^1H и ^{13}C , ИК-спектроскопия и т.д.

1. Kumar R., Lee Y. O., Bhalla V., Kumar M., Kim J. S. *Chem. Soc. Rev.*, **2014**, 43(13), 4824-4870.
2. Jafari E., Jahanian-Najafabadi A., Poorirani S., Hassanzadeh F., Sadeghian-Rizi S., *Res. Pharm. Sci.*, **2017**, 12(6), 526-534.

НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ УРАЦИЛА И ГЛИКОПОРФИРИНА КАК ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ III ПОКОЛЕНИЯ

Н.С. Зыболева^{a,c}, Э.Э. Мансурова^{a,c}, М.М. Шулаева^c, И.Р. Низамеев^b, А.П. Любина^c,
А.Д. Волошина^c, В.Э. Семенов^c, А.Ю. Зиганшина^c, И.С. Антипин^a

^a Химический институт им. А. М. Бутлерова, КФУ, Казань, Россия;

^b КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева, Казань, Россия;

^c Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова, Казань, Россия

nadyazyboreva0805@mail.ru

Фотодинамическая терапия (ФДТ) – это метод лечения, основанный на генерации активных форм кислорода (АФК) при облучении фотосенсибилизаторов (ФС) когерентным светом. АФК эффективно уничтожают атипичные клетки и патогены, что делает ФДТ перспективной для лечения различных заболеваний, включая онкологические. Для повышения эффективности ФДТ и увеличения проникновения ФС в клетки используют сочетание ФС с наноразмерными частицами [1].

В работе представлены два фотосенсибилизатора III поколения, которые представляют собой наночастицы с производными урацила и *N,N'*-бис(акрилоил)цистамином в основе и инкапсулированным гликопорфирином. Наночастицы были получены методом наноэмульсионной полимеризации и охарактеризованы с помощью комплекса физико-химических методов. Также была исследована их способность генерировать активные формы кислорода при облучении и влияние среды раковых клеток на стабильность носителей.

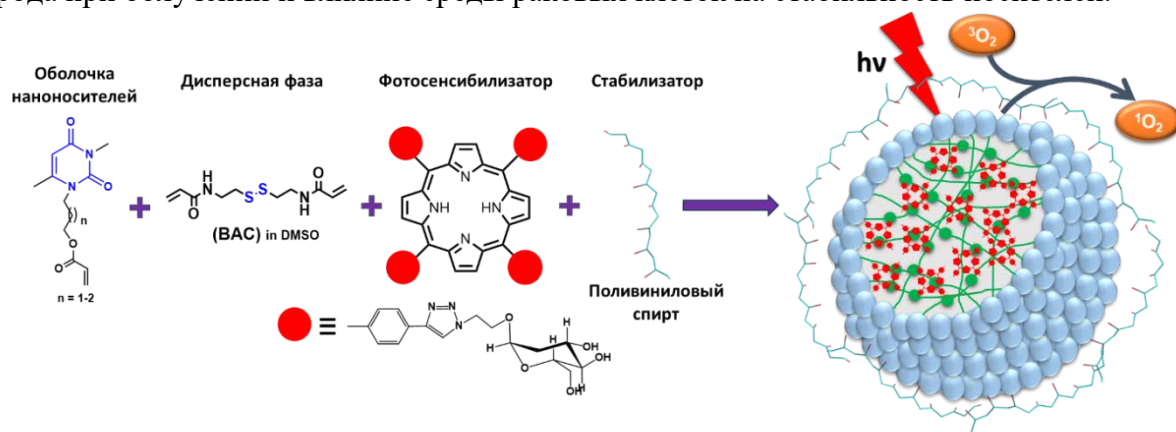


Схема 1.

1. Mansurova, E.E; Shulaeva M. M. et al. ChemistrySelect. 2025, 10 (15), e202406168.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ХРОМА МЕТОДОМ УФ-ВИДИМОЙ СПЕКТРОЭЛЕКТРОХИМИИ

А.С. Иванов^{a,b}, М.М. Никитин^a, М.С. Сафонов^a, А.В. Сухов^{a,b}, Д.Г. Яхваров^{a,b}

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

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

minandreybit@mail.ru

Использование солей хрома для синтеза некоторых катализаторов практически всегда сопряжено со сложными процессами осушки исходных солей или применением многостадийных и дорогостоящих методов синтеза. В связи с этим, отличным решением будет применение металлического хромового электрода в качестве прекурсора ионов Cr^{3+} , что позволит избежать использования гигроскопичных солей хрома, существенно снижая стоимость конечной каталитической системы [1,2].

В настоящей работе проведено *in situ* спектроэлектрохимическое исследование в УФ-видимой области процесса анодного растворения металлического хрома. Кинетический анализ выявил фундаментальное различие механизмов электрорастворения в отсутствие и в присутствии 2-этилгексановой кислоты (2-ЕНА). Наличие дробных порядков реакции в чистых электролитах (0.7–1.1) указывает, что лимитирующей стадией является не элементарный акт переноса иона металла в раствор, а процесс с участием компонентов электролита. Введение 2-ЕНА кардинально меняет кинетику, придавая ей осцилляционный и волновой характер, что свидетельствует о чередовании стадий активации и пассивации поверхности электрода. Для объяснения полученных данных предложен механизм.

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

1. Sukhov A.V., Ivanov A.S., Nikitin M.M., Safonov M.S., Yakhvarov D.G. // Rus Chem Bul. 2025. V. 74. №. 3. P. 655-663.
2. Яхваров Д.Г., Иванов А.С. Сухов А.В. // Патент РФ № 2822543 от 09.07.2024, приоритет от 22.12.2023.

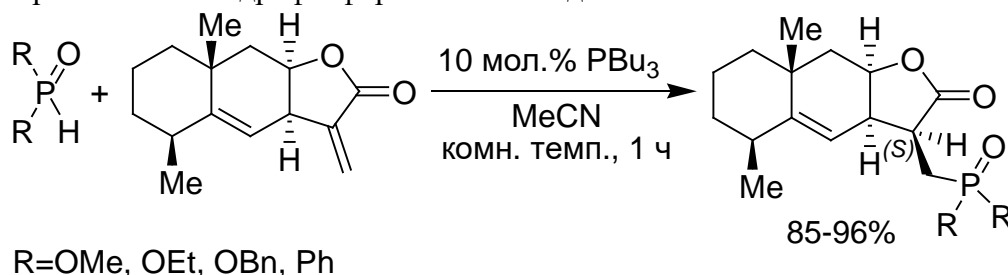
ФОСФИН-КАТАЛИЗИРУЕМОЕ ГИДРОФОСФОРИЛИРОВАНИЕ СЕСКВИТЕРПЕНА АЛАНТОЛАКТОНА

К.Ю. Иванова, А.А. Шабанов, А.В. Салин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

ivanovaksu11@gmail.com

Алантолактон – сесквитерпен класса эудесманолидов, выделяемый из девясила высокого (*Inula helenium*) и привлекающий большое внимание исследователей благодаря своему терапевтическому потенциалу в лечении онкологических заболеваний. Особый интерес представляет возможность химической модификации алантолактона по экзоциклической кратной связи лактонного цикла, что открывает путь к получению новых производных с улучшенными фармакологическими характеристиками [1]. Ранее в нашей группе была показана возможность повышения селективности цитотоксического действия при функционализации сесквитерпенового лактона арглабина фосфорсодержащими пронуклеофилами [2]. В продолжение этих исследований в настоящей работе с использованием органокатализа третичными фосфинами впервые осуществлен асимметрический синтез производных алантолактона с различными гидрофосфорильными соединениями.



В присутствии 10 мол.% PBu_3 реакции протекают быстро и в мягких условиях, приводя к диастереоселективному образованию целевых продуктов с высокими выходами. Выделение продуктов проведено методом колоночной хроматографии. Строение соединений доказано комплексом спектральных методов исследования. Абсолютная (*S*)-конфигурация возникающего в реакции стереоцентра была установлена на основе данных рентгеноструктурного анализа.

1. N.J. Lawrence, A.T. McGown, J. Nduka, J.A. Hadfeld, R.G. Pritchard // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2001, № 11. – P. 429-431.
2. A.V. Salin, A.A. Shabanov, K.R. Khayarov, D.R. Islamov, A.D. Voloshina, S.K. Amerhanova, A.P. Lyubina // *ChemMedChem* – 2024, № 19. – e202400045.

МЕТИЛПИРИДИНИЕВЫЕ СОЛИ ПИРИДОКСИНА: СИНТЕЗ, АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ И ПРОТИВООПУХОЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ

С.А. Иванов, М.А. Белова, А.Д. Стрельник, Е.С. Булатова, Н.В. Штырлин, О.В. Бондарь, С.В. Сапожников, М.Н. Агафонова, Ю.Г. Штырлин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Научно-образовательный центр фармацевтики, Казань, Россия

StaAIvanov@kpfu.ru

Четвертичные аммониевые соединения (ЧАС) являются важнейшим классом антисептиков, однако, их применение сопровождается токсическими эффектами, длительным периодом полураспада в окружающей среде и развитием резистентности у микроорганизмов.

В продолжение систематических исследований по поиску новых эффективных ЧАС на основе производных пиридоксина, проводимых в нашей исследовательской группе, в настоящей работе была получена библиотека из 35 новых метилпиридиниевых солей на основе шестичленных ацеталей пиридоксина (рисунок 1).

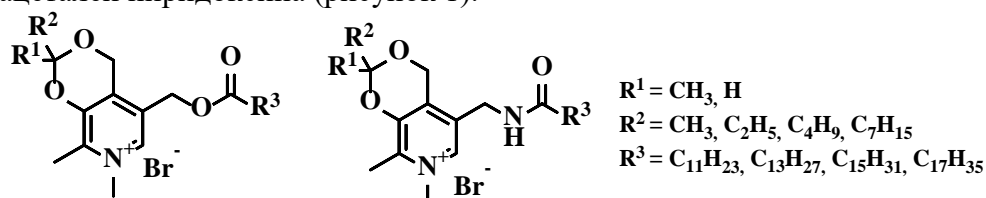


Рисунок 1. Новые метилпиридиниевые соли на основе пиридоксина

Исследование антибактериальной активности синтезированных соединений *in vitro* на 6 эталонных и 16 клинических бактериальных штаммах позволило выявить пять соединений-лидеров, которые обладают сопоставимой с мирамистином, хлоргексидином и бензалкония хлоридом (МИК = 0.5-16 мкг/мл) активностью. При этом, в сравнении с коммерческими антисептиками (мирамистином, хлоргексидином и бензалкония хлоридом), соединения-лидеры характеризуются более низкой или сопоставимой токсичностью как *in vitro* в отношении условно нормальных клеток человека ($\text{CC}_{50} = 27\text{-}51$ мкг/мл), так и *in vivo* на мышах ($\text{LD}_{50} > 2000$ мг/кг). Исследование противоопухолевой активности синтезированных соединений *in vitro* показало, что шесть соединений лишь немного уступают доксорубину по активности в отношении клеточных линий PC-3 и MCF-7 ($\text{CC}_{50} = 3\text{-}10$ мкМ) при сохранении приемлемой безопасности для условно нормальных клеток ($\text{SI} = 2\text{-}15$).

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения проектной части государственного задания в сфере научной деятельности №FZSM-2023-0010.

СИНТЕЗ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ДЕКАЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИЛЛАР[5]АРЕНА, СОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФОБЕТАИНОВЫЕ ФРАГМЕНТЫ

А.И. Игумнов, Ю.И. Александрова, Д.Н. Шурпик, И.И. Стойков

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

igumnov.arseniy@bk.ru

Миорелаксанты (суксаметоний, мивакуриум, рокурониум и т.д.), используемые в терапевтической практике имеют ряд побочных эффектов, таких как пролонгированная мышечная слабость и аллергические реакции. В качестве антидотов используют ингибиторы ацетилхолинэстеразы (неостигмин), не обладающие избирательным действием, что приводит к брадикардии и бронхоспазмам. На основе макроциклического соединения – γ -циклодекстрина, был разработан препарат Сугаммадекс, напрямую связывающий миорелаксант. Поэтому образование комплексов гость-хозяин с миорелаксантами является новым решением для антидотов кураре подобных систем.

В нашей научной группе был разработан аналог Сугаммадекса на основе пиллар[5]арена, содержащего карбоксильные группы и тиоэфирные фрагменты. Показана его низкая токсичность (ниже, чем у Сугаммадекса) и эффективность в качестве антидота рокурония бромида с константой ассоциации 4500 M^{-1} .

В данном исследовании, был получен ряд цвиттер-ионных водорастворимых пиллар[5]аренов, содержащих сульфобетаиновые фрагменты. Синтез целевых соединений проводили путем раскрытия сультоновых циклов (пропансультона и бутансультона) пиллар[5]аренами, в состав которых входят десять третичных аминогрупп. Для изучения влияния сульфидного линкера и длины цепи на процессы комплексообразования пиллар[5]арена, аминокислотные пиллар[5]арены получали по реакции замещения декабромэтоксипиллар[5]арена с диэтиламином и (N,N-диэтил)-аминоэтантолом. Структура полученных соединений была доказана комплексом инструментальных методов (^1H , $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ ЯМР, ИК спектроскопия, масс-спектрометрия (ESI)). Таким образом, были получены новые водорастворимые производные пиллар[5]арена с цвиттер-ионными фрагментами, которые потенциально могут проявить себя в качестве новых супрамолекулярных антидотов для миорелаксантов различного времени действия.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 25-73-00190.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ИНЖЕКЦИОННОЕ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ТИРОКСИНА, АСКОРБИНОВОЙ И МОЧЕВОЙ КИСЛОТ НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА

М.А. Ильина, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

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

Marina_ilina16@mail.ru

Тироксин является тиреоидным гормоном, вырабатываемым клетками щитовидной железы. Избыток или недостаток тироксина может привести к патологиям щитовидной железы, а именно к гипертиреозу и гипотиреозу. В ряде случаев, у больных гипотиреозом развивается подагра, поэтому актуальной задачей является совместное определение тироксина и мочевой кислоты (МК) в присутствии аскорбиновой кислоты (АК). В современной аналитической практике вольтамперометрия занимает особое место среди методов определения органических соединений, сочетая высокую чувствительность, экономичность и информативность с простотой выполнения и экспрессностью анализа. Ограниченная скорость переноса электронов и низкая электрохимическая активность органических молекул на немодифицированных электродах обуславливают необходимость использования химически модифицированных электродов. Улучшение аналитических характеристик и автоматизации определения достигают за счет проведения анализа в проточных условиях.

В настоящей работе изучена каталитическая активность частиц золота, иммобилизованных на поверхность планарного электрода (ПЭ) при электроокислении тироксина, а также АК и МК, рассмотрена возможность их совместного определения на предложенном электроде в стационарных и проточных условиях. Установлена каталитическая активность оксо- и гидроксоформ золота по отношению к рассматриваемым органическим соединениям. На вольтамперограммах окисления тироксина, АК и МК регистрируются пики, высота которых зависит от концентрации органических соединений. Регистрируемый ток контролируется кинетикой химической реакции. Предложенный электрод дает возможность селективного определения тироксина, АК и МК при совместном присутствии.

Каталитический отклик модифицированного электрода использовали для детектирования тироксина, АК и МК в условиях последовательного инъекционного анализа. Установлены рабочие условия регистрации сигнала на модифицированном ПЭ в проточных условиях. Разность потенциалов пиков окисления тироксина, АК и МК составила 300-400 мВ, что позволяет проводить селективное амперометрическое детектирование этих соединений. Предложенный метод последовательного инъекционного амперометрического определения на модифицированном ПЭ обладает высокой чувствительностью, селективностью, стабильностью отклика, а также высокой производительностью и простотой эксплуатации.

СИНТЕЗ И СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЕ НОВЫХ МАГНИТОАКТИВНЫХ 4f-КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ 1,3-ДИЗАМЕЩЕННЫХ ИМИНОФЕНОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ (ТИА)КАЛИКС[4]АРЕНОВ

А.А. Иова^{a,b}, Ю.В. Стрельникова^a, А.С. Овсянников^b, А.Т. Губайдуллин^b, И.А. Литвинов^b,
С.Е. Соловьева^{a,b}, И.С. Антипин^{a,b}

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,

ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

aa.iova@mail.ru

Координационные соединения на основе катионов лантанидов вызывают особый интерес благодаря сочетанию различных функциональных свойств, таких как молекулярный магнетизм (SMM) [1] и люминесценция [2]. 4f-комплексы обладают большим потенциалом для их применения в области квантовой спинтроники, разработки новых люминесцентных материалов и катализа [3].

Лиганды «саленового» типа широко используются для синтеза координационных соединений, включая комплексы на основе 4f-металлов, что связано с наличием в их составе двух эндо-ориентированных хелатных салицилиденаминных фрагментов. В качестве молекулярной платформы для получения новых универсальных лигандов «саленового» типа могут выступать (тия)каликс[4]арены [4]. Наличие предорганизованной макроциклической полости и высокая синтетическая доступность (тия)каликс[4]аренов позволяет осуществлять контроль над искажением координационной сферы металла и, таким образом, влиять на физические свойства комплексов, включая магнитные.

В данной работе представлен синтез новых макроциклических лигандов «саленового» типа – 1,3-замещённых по нижнему ободу производных (тия)каликс[4]аренов, содержащих хелатные N,O-донорные заместители. Получены и изучены структуры моноядренных Dy^{III} и Er^{III}-комплексов на их основе. Показано, что комплекс [CA2c-Dy] проявляет свойства молекулярного магнетика в области 2-10 К в отсутствии воздействия внешнего DC магнитного поля [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 22-73-10139.

1. Corpinot M., Bučar D. *Cryst. Growth Des.*, **2019**, 19, 1426–1453.
2. Honer, K., Kalfaoglu E. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, **2017**, 5, 8546–8550.
3. Ostroverkhova O. *Chemical reviews*, **2016**, 116, 13279–13412.
4. Gorbachuk V. V. et al. *Reactive and Functional Polymers*, **2020**, 150, 104546.
5. I. V. Strelnikova, A. A. Iova, A. S. Ovsyannikov *Dalton Trans.*, 2025.

УМНЫЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ КАТИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ НА ОСНОВЕ БИСКАЛИКС[4]АРЕНОВ И ИХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АНАЛОГОВ

З.Э. Исхакова^a, Е.Г. Макаров^a, В.А. Бурилов^a, С.Е. Соловьева^{a,b}, И.С. Антипин^{a,b}

^a Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

^b 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 нескольких активных реакционных центров (арильного каркаса и фенольных гидроксильных групп), открывает возможность легкой их модификации. Введение азидных групп или алкинильных фрагментов на верхний обод каликс[4]аренов позволяет применять данные макроциклы в медь (I) катализируемой реакции азид-алкинового циклоприсоединения с последующим получением широкого ряда соединений, в том числе их мультипроизводных. За счет сохранения свободных гидроксильных групп на нижнем ободе открывается возможность стабилизации различных ионов металлов или органических молекул.

В данной работе продемонстрированы методы получения бискаликс[4]аренов на основе пропаргильных эфиров. Для выявления макроциклического эффекта были синтезированы низкомолекулярные аналоги макроциклов. С полученными соединениями был проведен ряд физико-химических исследований, где было обнаружено, что системы на основе макроциклов способны выступать в качестве умных аналитических сенсоров на различные виды катионных ПАВ. Низкомолекулярные аналоги показали высокую селективность к связыванию катионных ПАВ с длинными алкильными заместителями.

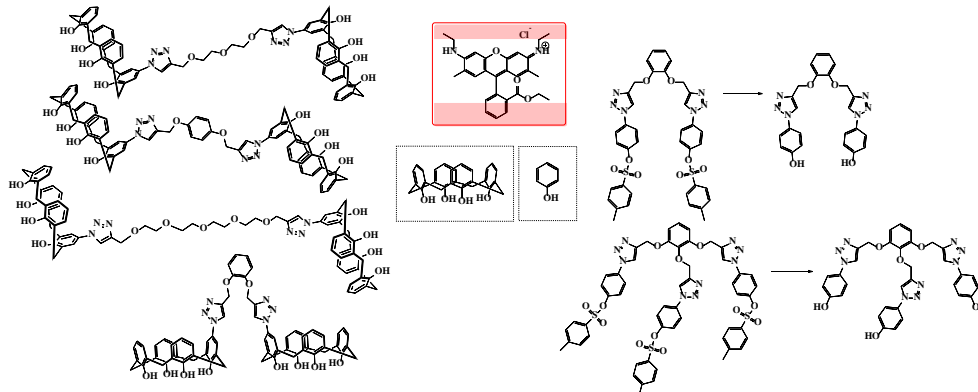


Рисунок 1. Бискаликс[4]арены и их низкомолекулярные аналоги.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-13-00304-П

ПИРИДИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ В СИНТЕЗЕ СОЛЕЙ ДИТИОКИСЛОТ ФОСФОРА НА ОСНОВЕ ДИАЦЕТОНИДОВ МОНОСАХАРИДОВ

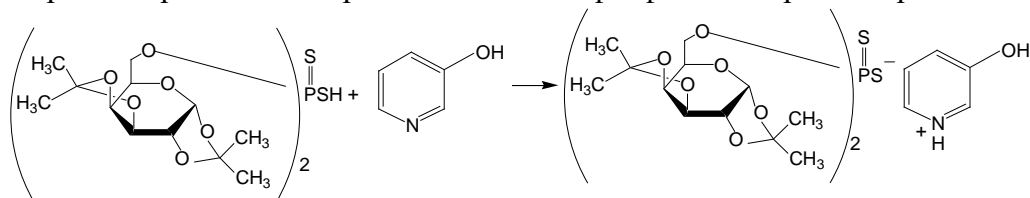
И.И. Калекулин^a, Г.Г. Шуматбаев^b, И.Д. Низамов^a, Е.Н. Константинов^a,
Ю.Ю. Гулякова^a, И.С. Низамов^a

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

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

ikalekulin@bk.ru

Моносахариды, входящие в состав многих биологических молекул, могут быть использованы для создания биологически активных препаратов. Диацетонидная защита четырех гидроксильных групп α -D-аллофуранозы, α -D-глюкофуранозы и α -D-галактопиранозы используется для получения оптически активных дитиокислот фосфора. В данной работе представлены результаты исследования реакций дитиокислот фосфора на основе диацетонидов α -D-аллофуранозы, α -D-глюкофуранозы и α -D-галактопиранозы с пиридиновыми алкалоидами. Дитиофосфорная кислота, полученная из 1,2:3,4-ди-O-изопропилиден- α -D-галактопиранозы, реагирует с 3-гидроксипиридином с образованием дитиофосфата 3-гидроксипиридиния.



3-(Гидроксиметил)пиридин реагирует с дитиофосфоновой кислотой на основе 1,2:5,6-ди-O-изопропилиден- α -D-глюкофуранозы с образованием оптически активного дитиофосфоната 3-(гидроксиметил)пиридиния. Реакция дитиофосфорной кислоты, полученной из 1,2:3,4-ди-O-изопропилиден- α -D-галактопиранозы, с пиридоксином приводит к образованию дитиофосфата пиридоксиния.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 24-23-00513.

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ЭЛЕКТРОПОЛИМЕРИЗОВАННЫХ ФЕНОЛЬНЫХ КРАСИТЕЛЯХ, ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭВГЕНОЛА И *ТРАНС*-АНЕТОЛА

А.Д. Калмыкова, Г.К. Зиятдинова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

alena.kalmykova.pnb.2000@mail.ru

Определение вторичных растительных метаболитов, к числу которых относятся фенольные антиоксиданты, представляет практический интерес. Содержание основных компонентов, формирующих фитохимический профиль растительного сырья, можно использовать как маркер качества продукции на его основе. Для решения этой задачи хорошо зарекомендовали себя вольтамперометрические сенсоры на основе полимерных покрытий различной природы. Показана эффективность применения электрополимеризованных фенольных соединений (природных антиоксидантов и трифенилметановых красителей, содержащих фенольные фрагменты) в составе вольтамперометрических сенсоров для селективного определения широкого круга органических соединений, в том числе природных фенольных антиоксидантов.

Разработаны вольтамперометрические сенсоры на основе стеклоуглеродных электродов с послойно нанесенными многостенными углеродными нанотрубками и электрополимеризованным пирогаллоловым красным или сополимером фенолового красного и *n*-кумаровой кислоты, дающие чувствительный отклик на эвгенол и *транс*-анетол. Установлены условия потенциодинамической электрополимеризации мономеров по вольтамперным характеристикам аналитов на получаемых электродах. Сенсоры охарактеризованы с помощью сканирующей электронной микроскопии и спектроскопии электрохимического импеданса, данные которых подтверждают успешную модификацию электродной поверхности.

Установлены закономерности и параметры электроокисления эвгенола и *транс*-анетола на предложенных электродах и разработаны способы их вольтамперометрического определения в дифференциально-импульсном режиме в среде универсального буферного раствора с pH 2.0. Сенсоры дают линейный отклик в диапазонах 0.75–100 мкМ эвгенола и 0.10–7.5 и 7.5–75 мкМ *транс*-анетола с пределами обнаружения 0.73 и 0.095 мкМ соответственно. Показана селективность определения аналитов в присутствии широкого круга компонентов растительного сырья. Сенсоры успешно апробированы в анализе эфирных масел и валидированы с независимыми методами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СХЕМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ТЕХНОЛОГИЕЙ 3Д ПЕЧАТИ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СКОРОСТИ ЕГО РАСТВОРЕНИЯ

Д.А. Арзьев, М.А. Камалетдинов, Г.М. Габдрахманова

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

maximkam97@gmail.com

С ростом потребности промышленности в композитных деталях растет потребность и в оснастках для их изготовления. Для формирования внутренних контуров изделий необходимы разборные оснастки, но их применение затруднено при больших размерах и сложных формах полостей. Такие оснастки чаще всего изготавливаются из гипса литьем в мастер-модель, однако они гигроскопичны, низкопрочные и тяжелые. Наиболее перспективной технологией является 3D-печать методом послойного наплавления термопластичного материала, которая всё чаще используется для изготовления растворимых оснасток. Для вымываемых оснасток актуален вопрос эффективности удаления их из детали для сокращения времени производственного цикла, что требует увеличения площади контакта растворителя с оснасткой. 3Д печать позволяет создавать оснастки любой формы со сложной системой и формой каналов внутри для эффективного растворения оснастки. Для более простых крупносерийных изделий можно применять автоматическое создание внутренней структуры изделия со сквозными каналами в программном обеспечении для настройки 3Д печати без необходимости разрабатывать сложный дизайн оснастки. Так как для эффективного растворения требуются сквозные каналы, по которым будет протекать растворитель, то необходимо подобрать схему заполнения внутренней структуры с наибольшей площадью поверхности для создания наиболее турбулентного потока при сохранении высокой прочности и размеростабильности. Эксперименты по растворению проточным методом и по оценке прочности на сжатие показали эффективность применения схемы заполнения типа «гироид» с плотностью заполнения 20%. Данная схема заполнения имеет наибольшую площадь поверхности при сохранении низкого расхода материала и высокой скорости 3Д печати.

Статья подготовлена в рамках Передовой инженерной школы “Комплексная авиационная инженерия” (Соглашение 075-15-2025-129).

УГЛЕРОДНОВАЛЕВЫЙ КОМПОЗИТ КАК ОСНОВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ БИОСЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

К.Р. Карагузина, Д.И. Стойков

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

krkaraguzina@kpfu.ru

Разработка высокочувствительных и селективных биосенсорных систем представляет собой одно из наиболее перспективных направлений современной электроаналитической химии, что обусловлено их практической значимостью. Важным преимуществом таких систем является возможность выполнения точных аналитических измерений вне специализированных лабораторий без привлечения высококвалифицированного персонала, что существенно расширяет доступность современных аналитических технологий.

В представленном исследовании нетканый углеродный материал – углеродная вуаль – был успешно применен в качестве платформы для создания ДНК-сенсора. Ключевым преимуществом использованного материала является его высокопористая структура, обеспечивающая значительное увеличение эффективной площади рабочей поверхности электрода. Данное свойство позволило существенно улучшить аналитические характеристики разработанной сенсорной системы.

Разработан ДНК-сенсор на основе композитного угольно-пастового электрода, где в качестве проводящей фазы использована измельченная углеродная вуаль в жидком парафине. Ключевой особенностью является включение дифитольного производного ТМЭДА и нативной ДНК непосредственно в объеме пасты. Сенсор показал высокую чувствительность к доксорубину ($c_{lim}=0.7$ фМ), превосходящую большинство известных аналогов. Данный подход перспективен для создания систем мониторинга лекарственных препаратов в реальном времени для задач персонализированной медицины и фармакокинетических исследований.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-73-10116, <https://rscf.ru/project/25-73-10116/>

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ НЕКОТОРЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДИПЕПТИДОВ

К.Н. Каримуллин ^a, Э.Р. Миргазиева ^a, С.А. Зиганшина ^b, М.А. Зиганшин ^a

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

kkarimullin@yandex.ru

Гели, относящиеся к классу мягких конденсированных сред «soft matter», являются популярными объектами исследований благодаря их высокому потенциалу для применения в различных технологиях. Наряду с физическими гелями активно изучаются супрамолекулярные гели, демонстрирующие биосовместимость, биоразлагаемость, возможность тонкой настройки их свойств и являющиеся экологичной альтернативой традиционным синтетическим полимерам.

Циклические дипептиды, производные 2,5-дикетопиперазинов, являются перспективными низкомолекулярными гелеобразователями способными к самосборке в супрамолекулярные структуры за счет водородных связей и ван-дер-ваальсовых взаимодействий. Гелиевые материалы на их основе обладают уникальными физико-химическими свойствами и могут использоваться в биомедицинских приложениях как средства доставки активных фармацевтических ингредиентов, в оптоэлектронике и катализе. Несмотря на растущее количество работ, посвященных изучению гелеобразования циклических дипептидов, в литературе до сих пор отсутствуют какие-либо закономерности, описывающие эти процессы, а общая методология получения большинства гелей остается неуточненной.

В настоящей работе проведено комплексное исследование гелеобразования ряда циклических дипептидов *цикло*(Phe-Phe), *цикло*(Phe-Leu), *цикло*(Phe-Ala), *цикло*(Leu-Val), *цикло*(Leu-Ala), *цикло*(Val-Ala), в системах с органическими растворителями различных классов в отсутствие и в присутствии воды. Был проведен поиск корреляций между способностью циклических дипептидов к гелеобразованию и физико-химическими параметрами этих соединений, а также используемых сред.

Благодарности: «Работа выполнена за счет предоставленного в 2025 году Фондом науки и технологий Республики Татарстан гранта на осуществление фундаментальных и прикладных научных работ в научных и образовательных организациях, предприятиях и организациях реального сектора экономики Республики Татарстан».

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЗОПОРИСТОГО СИЛИКАГЕЛЯ В РЕАКЦИИ ГИДРИРОВАНИЯ СМЕСИ ГЕКСЕН-1/ГЕКСИН-1

У.П. Картамышева, Е.О. Токранова, Р.В. Шафигулин, А.В. Буланова

*ФГАОУ ВО Самарский Национальный Исследовательский Университет
им. Академика С.П. Королева, Самара, Россия*

ukartamysheva@mail.ru

Селективное гидрирование алкинов до алкенов в их смесях представляет значительный интерес для получения высокочистых олефинов, используемых в качестве мономеров в полимерной промышленности. Ключевым фактором в создании эффективных катализаторов для этого процесса является целенаправленный подбор модифицирующих добавок редкоземельных металлов, позволяющих управлять активностью и селективностью материала.

Селективность в реакции гидрирования образцов Tb-Ag/МС, Се-Ag/МС изучалась в интервале температур 130-160°C через 5, 10 и 20 минут (рис.1).

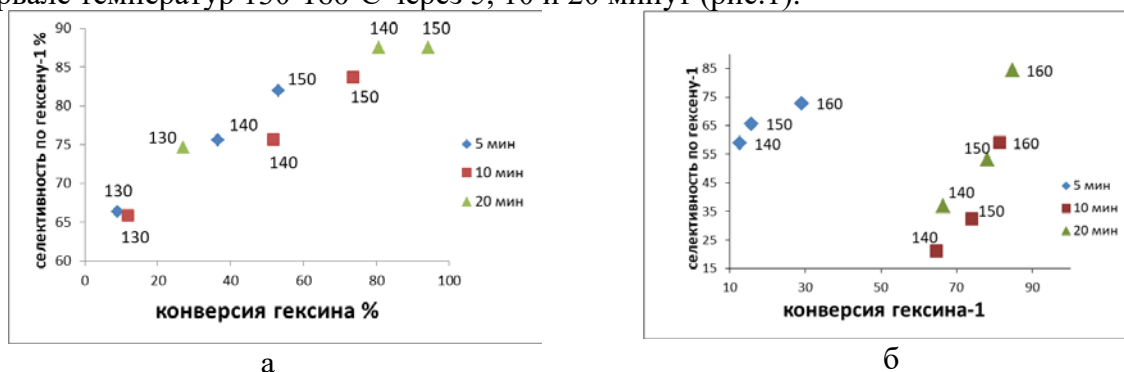


Рисунок 1. Значение селективности по гексену-1 и конверсии гексина-1 при различных температурах на а) Tb-Ag/МС и б) Се-Ag/МС (3 атм, 5, 10, и 20 минут от начала реакции).

Установлено, что с увеличением температуры и времени реакции конверсия гексина-1 и селективность по гексену-1 возрастают. Для обоих катализаторов оптимальным временем гидрирования было выбрано 20 минут. Наибольшая эффективность для Tb-Ag/МС наблюдалась при 150°C, в то время как для Се-Ag/МС оптимальной температурой являлась 160°C.

Сравнительный анализ четырех катализаторов – Dy-Ag/МС [1], La-Ag/МС[1], Tb-Ag/МС и Се-Ag/МС – показал, что природа редкоземельного металла критически влияет на эффективность и селективность процесса. Наилучшие результаты продемонстрировали катализаторы, содержащие тербий и диспрозий, что согласуется с литературными данными: более высокая активность наблюдается у металлов с большим числом электронов на f-подуровне [2, 3].

1. Tokranov, A. A., Tokranova, E. O., Shagifulin, R. V., Pavlova, L. V., Mukhanova, I. M., Platonov, I. A., Bulanova, A. V. (2023). Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, 136, 217-231.
2. Wang, Z., Yu, S. (2016) Catalysis Communications 84. 108-111.
3. Tokranov A.A., Tokranova E.O., Shafigulin R.V. etc. (2024) International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis 33 (1). 49-57.

ПАРАБЕНОВАЯ КИСЛОТА В СИНТЕЗЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ

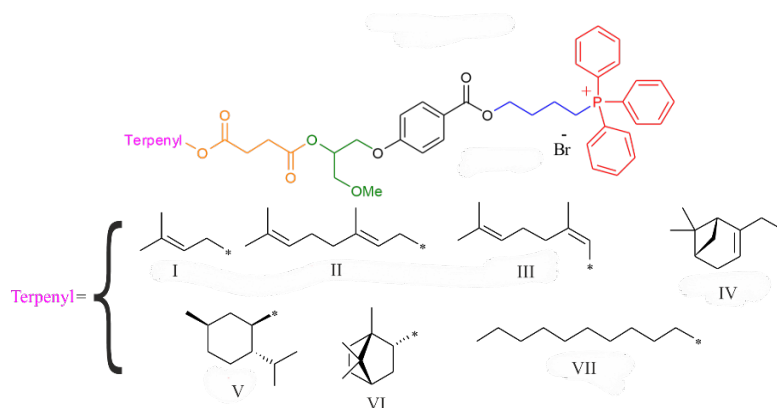
Н.О. Кичук^a, Е.А. Титов^{a,b}, А.В. Немтарёв^{a,b}, В.Ф. Миронов^{a,b}

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

nulitkan@gmail.com

Катион трифенилфосфония выполняет роль эффективного митохондриально-направленного вектора, обеспечивающего накопление фармакологических препаратов внутри митохондрий. Учитывая, что дисфункция митохондрий является характерным признаком опухолевых заболеваний, конъюгация лекарственных средств с трифенилфосфонием представляет собой высокоэффективный подход к созданию противоопухолевых препаратов. В качестве соединительных фрагментов для конъюгации биологически активных терпеноидов с митохондриально-направленным векторным фрагментом были выбраны глицидиловые эфиры на основе парабенной кислоты. Их использование обусловлено уникальными свойствами, которые позволяют упростить стратегию синтеза и повысить биологическую активность целевых соединений. [1-3]. По разработанным и известным методикам были синтезированы соединения I–VII.



Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидии, выделенной КФУ (FZSM-2023-0018) и ФИЦ КазНЦ РАН на выполнение государственного задания.

1. Noroozi-Shad N., Gholizadeh M., Sabet-Sarvestani H., *J. Mol. Struct.* 2022. V. **1257**. P. 132628.
2. Sadikov A.P. et al., *Membrane and Cell Biology*. 2023. V. **40**, N 4. P. 259–272.
3. Zielonka J. et al., *Chem. Rev.* 2017. V. **117**, N 15. P. 10043–10120.

СИНТЕЗ МОНО- И ДИКАТИОННЫХ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ БРОМЗАМЕЩЕННЫХ ЛИПОФИЛЬНЫХ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ

А.А. Киямова, С.Р. Романов, Ю.В. Бахтиярова

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

kiyamova.alisa@mail.ru

Фосфониевые соли представляют интерес как перспективные антимикробные агенты, демонстрируя высокую эффективность против различных видов бактерий, включая полирезистентные штаммы. При этом длина углеродной цепи, природа катионного центра и распределение заряда могут существенно влиять на биологическую активность соединений.

Были синтезированы производные 3-(дифенилфосфино)пропионовой кислоты (схема 1).

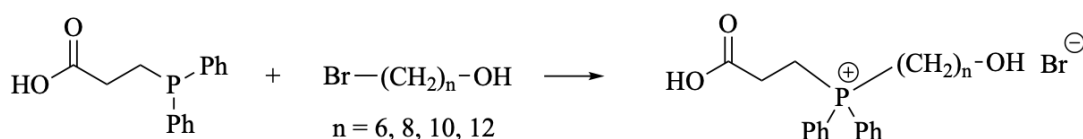


Схема 1

В результате были получены маслянистые продукты. На следующем этапе были синтезированы дифосфониевые соли на основе бис(дифенилфосфино)алканов различной длины (схема 2).

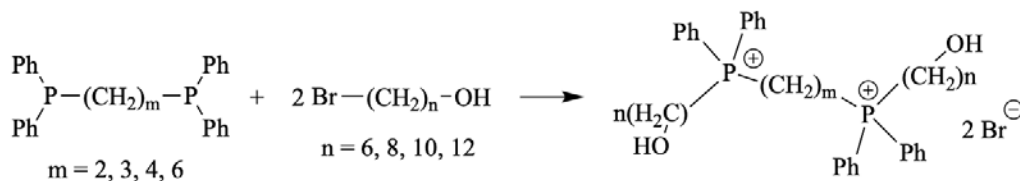


Схема 2

Полученные соединения были охарактеризованы комплексом физических методов исследования ИК, ^1H , ^{13}C и ^{31}P спектроскопии. Установлено, что фосфониевые соли проявляют широкий спектр антимикробной активности. Наибольшей эффективностью выделяются производные с октильными боковыми цепями.

Работа выполнена при поддержке РНФ 25-26-00250

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ИНЖЕКЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТИЛКСАНТИНОВ НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ КОМПОЗИТОМ НА ОСНОВЕ ЧАСТИЦ ИРИДИЯ И ВИСМУТА

Д.А. Коряковцева, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

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

koryakovtzeva_darya@mail.ru

Метилированные производные ксантина, к которым относят кофеин (КФ), теофиллин (ТФ) и теобромин (ТБ), входят в состав продуктов растительного происхождения, лекарственных средств и энергетических напитков. Биологическое действие метилксантинов довольно сходно. Они оказывают возбуждающее влияние на центральную нервную систему, уменьшают тонус мышц и оказывают диуретический эффект.

В связи с растущим количеством объектов, содержащих метилксантины необходимы новые и перспективные аналитические методы их определения, обеспечивающие точные и надежные результаты. Электрохимические методы широко используются как альтернатива современным хроматографическим методам анализа.

Для расширения диапазона определяемых концентраций и повышения точности определения применяют вольтамперометрию с химически модифицированными электродами (ХМЭ). Для автоматизации, повышения производительности анализа и снижения объемов потребляемых растворов применяется комбинация амперометрического детектирования с проточными методами, например, последовательно инжекционным анализом (ПослИА).

В данной работе была изучена электрокаталитическая активность электроосажденных на планарный электрод (ПЭ) частиц иридия (Ir) и висмута (Bi), а также их композитов при окислении КФ, ТФ и ТБ. По сравнению с немодифицированным ПЭ на электродах с электроосажденными частицами металлов (Ir–ПЭ, Bi–ПЭ) наблюдается увеличение тока окисления органических соединений в 1,8 и 1,6 раза соответственно, а при использовании композитного электрода Bi–Ir–ПЭ – в 2,3 раза.

Композитный электрод был использован для разработки способа амперометрического определения рассматриваемых метилксантинов в условиях ПослИА с микрофлюидной ячейкой. Для каждого органического соединения установлены оптимальные условия регистрации аналитического сигнала на ХМЭ в проточно-инжекционной системе – объем вводимой пробы, скорость ввода пробы и накладываемый потенциал. Малый рабочий объем микрофлюидной ячейки приводит к уменьшению объема вводимой пробы и сокращению количества используемого носителя.

При непрерывном использовании ХМЭ в условиях ПослИА электрокаталитический отклик имеет хорошую воспроизводимость. Рассчитанные значения S_r для отклика ХМЭ не превышает 5 % (при $n=6$, $R=0,95$). Удалось добиться снижения нижней границы определяемых содержаний метилксантинов на уровне 1×10^{-9} М. При использовании ПослИА с микрофлюидной ячейкой теоретическая производительность составляет до 360 определений/ч (при времени отклика ХМЭ 10 с).

МЕТИЛВИОЛОГЕН-МЕДИАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ПАЛЛАДИЯ В ОБЪЕМЕ РАСТВОРА В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИ(N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА) И УГЛЕРОДНОГО НОСИТЕЛЯ

Е.Д. Кузнецова^а, Р.Р. Фазлеева^б, Г.Р. Насретдинова^б, В.Г. Евтюгин^а, В.В. Янилкин^б

^а Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

^б Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

kate140703@yandex.ru

В настоящее время активно продолжают развиваться методы получения наночастиц металлов (НЧ-М) в объеме раствора. Подобные металлические частицы обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые позволяют использовать их в различных областях науки, таких как катализ, медицина, электроника, оптика, биосенсорика и других.

Электрохимические методы получения НЧ-М достаточно редко применяются для получения НЧ-М в объеме раствора, что связано с процессом осаждения металла на поверхности электрода.

Одним из эффективных способов, решающим данную проблему, является метод медиаторного электросинтеза. В этом методе процесс электрохимического восстановления иона металла переводится с поверхности электрода в объем раствора при помощи медиаторов. На катоде осуществляется восстановление медиатора, его восстановленная форма диффундирует в объем раствора, где происходит передача электрона от медиатора к иону металла или его комплексу, что практически исключает процесс осаждения металла на поверхности электрода.

В данном сообщении показаны эффективные метилвиологен-медиаторные электросинтезы каталитически активных наноконкомпозитов НЧ-Pd на углеродном носителе, графите, в объеме раствора в отсутствие и в присутствии стабилизатора поли(N-винилпирролидона) (ПВП) в водной, водно-органической (H₂O-ДМСО) и органической (ДМСО) средах.

Все исследования были проведены с применением методов циклической вольтамперометрии (ЦВА), микроэлектролиза, препаративного электролиза, просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии, УФ-видимой спектроскопии и динамического светорассеяния (ДСР). Каталитическая активность полученного наноконкомпозита была изучена в реакции восстановления *n*-нитрофенола борогидридом натрия.

ИММОБИЛИЗАЦИЯ БРОМЕЛИНА 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

Бромелин – это протеолитический фермент, производимый растениями семейства *Bromeliaceae*. Бромелин широко используется в биомедицине: он способен предотвращать тромбоз и разрушать холестериновые бляшки, в хирургии его применяют для удаления некротических тканей, фермент улучшает переваривание белков. Существуют исследования, которые подтверждают противоопухолевое действие бромелина [1]. Помимо биомедицины фермент нашёл применение в пищевой, косметической, текстильной и кожевенной отраслях промышленности [2].

В данном исследовании проводилась иммобилизация бромелина на матрице хитозана, модифицированного поли-*N*-винилпирролидоном в соотношении 1 мг фермента на 10 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 наблюдалось повышение удельной активности бромелина при иммобилизации. Активность фермента, иммобилизованного на ХТЗ-ВП 4 и ХТЗ-ВП 5 составила 127% и 170% от исходного значения соответственно. В связи этим можно сделать вывод о том, что названные полусинтетические полимеры являются перспективными матрицами для иммобилизации бромелина.

1. Maurer H. R. Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use // Cellular and Molecular Life Sciences. – 2001. – V. 58. – P. 1234-1245.
2. Matraszek-Gawron R., Chwil M. Bromelain–antibacterial activity and application in dermatology and cosmetology //Biologically active compounds of plant origin in medicine. – Lublin, 2020. – P. 68

СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННОГО СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННОГО ПОЛИЭФИРА: СИНТЕЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДОВ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

И.В. Кузнецов, В.А. Прытков, Т.Л. Хамидуллин, А.М. Димиев, М.П. Кутырева

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

ilyakuznetsov03@mail.ru

Внедрение принципов зелёной химии является одним из многообещающих направлений развития технологий синтеза серебросодержащих композитных наноматериалов для применения в биомедицине и оптических методах анализа. С целью синтеза нетоксичных и биосовместимых металлосодержащих наноконпозитов могут быть использованы функционализированные биodeградируемые дендритоподобные сверхразветвленные полиэфиры (СРП), обладающие 3D архитектурой, высокой стабилизирующей активностью по отношению к ионам благородных металлов и восстановительной активностью по отношению к ионам серебра в мягких условиях. На основе сверхразветвленного полиэфираполиамина G2-EDA, содержащего терминальные фрагменты 3[(2-аминоэтил)амино]пропионата (содержание аминогрупп $14.7 \pm 0.2 \text{ \%}_{\text{масс}}$) был проведен опe rot синтез серебросодержащих наноконпозитов в стандартных условиях в водной среде. Методами УФ-Вид спектроскопии и анализа траекторий наночастиц оценены возможности контроля размера, морфологии и скорости образования частиц наноконпозитов в диапазоне температур 25 – 50 °C. Определены оптимальные условия образования наноконпозитов Ag@G2-EDA при мольных соотношениях $v_{\text{Ag}^+}/v_{\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2}$ от 1:5 до 4:1: 1:5 и 1:4 (25 °C, ~7 мин.), 1:3 и 1:2 (25 °C, 1,5 ч.), 1:1 – 4:1 (рис. 1в). Все синтезированные наноконпозиты обладают выраженным ППР, что позволяет использовать их для разработки SERS активных материалов. Для образца Ag@G2-EDA_{4:1} коэффициент усиления сигнала КР в модельной системе с красителем родамин 6Ж на подложке с плёнкой наноконпозита составил 2.8×10^4 . Также установлена антибактериальная активность наноконпозитов и влияние на неё мольного отношения реагентов и температуры. Наибольшей активностью обладали образцы 4:1 и 2:1 синтезированные при 45 °C и 40 °C, а также 4:1 при 35 °C. Синтезированные наноконпозиты проявляют как оптическую (ППР, ГКР), так и антибактериальную активность, которые возрастают при увеличении металлической нагрузки серебра в наноконпозите, что позволяет судить о возможности успешного применения в тераностике и при создании сенсоров для различных биомаркеров.

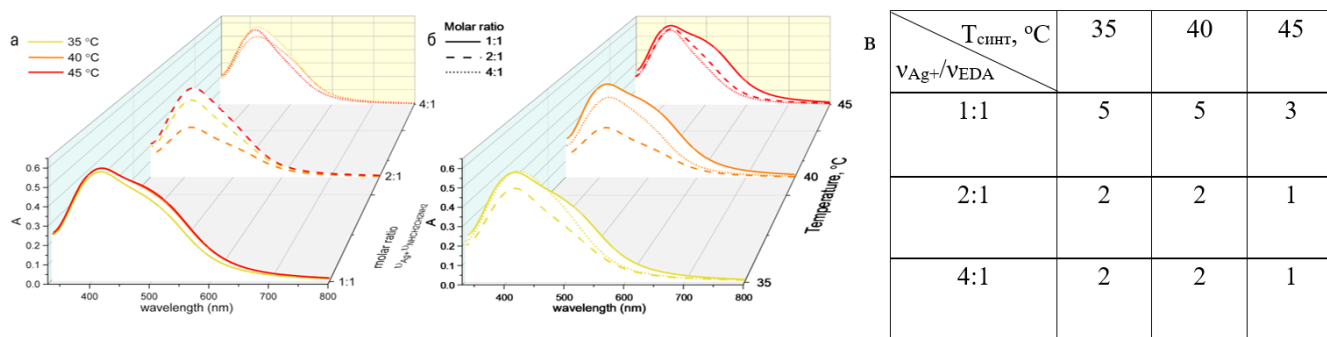


Рисунок 1. Электронные спектры поглощения образцов AgNPs-1:1 – 4:1 при варьировании температуры (а) и мольного соотношения (б), и оптимальное время синтеза данных наноконпозитов в интервале температур от 35 до 45 °C (в).

ПРИРОДА ДИСПЕРСИИ ПРОВОДИМОСТИ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ФАЗАХ ИОННЫХ ПЛАСТИЧНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Кушнир Д. С.

*Казанский Федеральный Университет, Институт Физики,
Кафедра Теоретической Физики, Казань, Россия*

d.kushnir02@ya.ru

Пластичные кристаллы (ПК) представляют собой твердотельные материалы, которые обладают дальнедействующей кристаллической решеткой с локальным ориентационным или вращательным беспорядком по отношению к молекулярным или ионным частицам. Как известно, многие пластичные кристаллы обладают значительными преимуществами перед обычными материалами, включая пластичность, негорючесть и относительно высокую ионную проводимость. Это делает их перспективными кандидатами для применения в качестве твердотельных электролитов. Понимание процессов ионной динамики и ионной проводимости в ПК будет способствовать решению таких важных задач, как оптимизация и разработка нового поколения твердотельных электролитов с улучшенными проводящими характеристиками, создание аккумуляторов с более длительным сроком службы.

Цель работы состоит в разработке модели ионной динамики в органических ионных пластических кристаллах (ОИПК) и выводе в её рамках аналитического выражения для частотной зависимости динамической проводимости. Предлагаемая модель применяется для описания спектров проводимости ОИПК [P1,2,2,4][PF6] [1], полученных методом широкополосной диэлектрической спектроскопии. Дополнительно учитываются экспериментальные данные по ОИПК [P12][TFSI] [2], также полученные методами широкополосной диэлектрической спектроскопии, что позволяет оценить универсальность подхода и сопоставить динамические особенности двух ионных систем.

1. Popov I., et al. Collective Ion Dynamics in Ionic Plastic Crystals: The Origin of Conductivity Suppression // The Journal of Physical Chemistry C. – 2023. – V. 127. – №. 32. – P. 15918-15927.
2. Ahmed, Md. Dipu, et al. The ion-ion correlations in organic ionic plastic crystal // Energy Materials. — 2025. — Т. 5, № 7. — DOI: 10.20517/energymater.2024.209.

IN SILICO ИССЛЕДОВАНИЕ И СИНТЕЗ НОВОГО ПРОИЗВОДНОГО ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ И N-МЕТИЛПИПЕРАЗИНА

Г.Е. Лазаренко ^{a,b}, А.С. Григоренко ^a, А.Л. Ермолинская ^a, Ж.В. Игнатович ^a,
С.Н. Шахаб ^{a,b}, Е.В. Королева ^a

^a ГНУ Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

^b УО «МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ», Минск, Республика Беларусь

gabi.laz@mail.ru

В данной работе с использованием мультитаргетного подхода выполнен дизайн нового водорастворимого производного янтарной кислоты с фрагментом N-метилпиперазина, содержащего два фармакофора из различных лекарственных средств с анальгетической и противоопухолевой активностью. В таких гибридных соединениях за счет появления дополнительных взаимодействий с активными центрами различных рецепторов возникает усиление либо изменение спектра биологической активности. Проведено квантово-химическое моделирование полуэмпирическим методом AM1 в программном пакете Gaussian 09W. Изучены электрические свойства молекулы. Ширина запрещенной зоны (E_g) составила 0.284 эВ, что свидетельствует о высокой антиоксидантной активности, так как $E_g < 7$ эВ [1]. Значение полной энергии системы равно 0.054 Хартри. Исследуемая молекула не проникает через гематоэнцефалический барьер, что свидетельствует о возможном применении для терапии без риска токсичного влияния на головной мозг. Соединение является субстратом для цитохромов CYP1A2, CYP2C19 И CYP3A4, не метаболизируется цитохромами CYP2C9, CYP2D6 и CYP2B6, принадлежащих к суперсемейству P450. Также субстанция не выводится почками через транспортер OAT2, что повышает уровень ее реабсорбции [2].

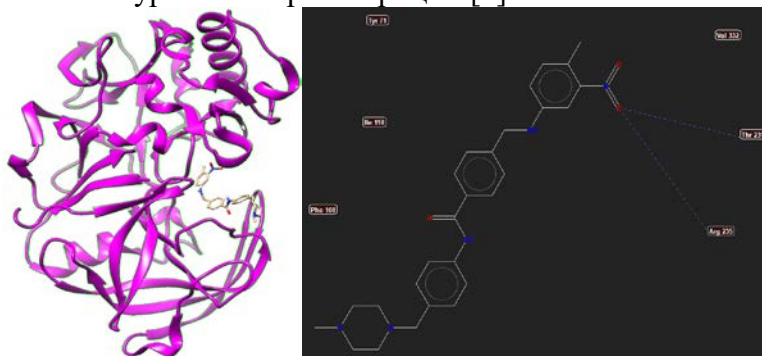


Рисунок 1. Комплекс белок-лиганд производного янтарной кислоты с фрагментом N-метилпиперазина и межмолекулярные взаимодействия.

По результатам проведенного докинга, комплекс соединения с белком (ID:7B1P) показал значение Score -8.3, а общая энергия комплекса равна -124.535 ккал/моль (рис.). Разработан и реализован 6-стадийный синтез 4-(((4-метил-3-нитрофенил)амино)метил)-N-(4-((4-метилпиперазин-1-ил)метил)фенил)бензамид гидрохлорида, наработан его экспериментальный образец и передан на испытания антиноцицептивной эффективности в экспериментах *in vivo* в Институте физиологии НАН Беларуси.

Работы выполнены при поддержке БРФФИ (договор № X25B-007 от 06.02.2025 г.)

1. Characterization and density functional theory study of the antioxidant activity of quercetin and its sugar-containing analogues / W. Cai [et al.] // European Food Research and Technology. 2014. Vol. 238. P. 121-128.
2. Kaviani S., Shahab S., Sheikhi M. Adsorption of alprazolam drug on the B12N12 and Al12N12 nano-cages for biological applications: A DFT study // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. 2021. Vol. 126. Article number: 114473. DOI: 10.1016/j.physe.2020.114473

КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НАНОНИТЕЙ ОКСИДОВ ВАНАДИЯ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Д.Н. Ларионов^а, А.С. Шарлаев^б

^а Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

^б Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

larionovdenis02@yandex.ru

Современные требования к литий-ионным аккумуляторам (ЛИА) стимулируют поиск новых катодных материалов с высокой удельной ёмкостью и циклической стабильностью. Одним из перспективных направлений является использование наноразмерных оксидов ванадия, в частности пентаоксида ванадия (V_2O_5), обладающего теоретической удельной ёмкостью до 300 мА·ч/г. Однако его применение ограничено быстрой деградацией ёмкости в процессе циклирования.

Важным аспектом исследований являлось изучение влияния морфологии материала на электрохимические характеристики. Сравнение нанонитей V_2O_5 с порошковым аналогом показало значительное преимущество наноструктурированной формы: начальная удельная ёмкость составила 230 мА·ч/г против 167 мА·ч/г, а деградация ёмкости после циклирования была на 22% ниже, что подтверждает перспективность использования нанонитей в качестве катодных материалов.

В данной работе исследованы три подхода к модификации нанонитей V_2O_5 , синтезированных методом электроспиннинга:

1. Легирование никелем (5 ат.%) не привело к улучшению электрохимических характеристик. Начальная удельная ёмкость и скорость её деградации остались на уровне чистого V_2O_5 .

2. Использование смеси фаз оксидов ванадия (V_2O_5 , VO_2 , V_4O_9 , V_6O_{13}) позволило сохранить высокую начальную ёмкость (227.9 мА·ч/г) и улучшить циклическую стабильность: после 100 циклов сохраняется 83.1% ёмкости.

3. Применение нанонитей диоксида ванадия (VO_2) показало эффект «активации»: после 100 циклов ёмкость возросла до 150% от минимального значения, демонстрируя потенциал для долгосрочной стабильности.

Полученные результаты демонстрируют перспективность композитных материалов на основе смеси фаз оксидов ванадия. Нанонити с оптимальным фазовым составом сочетают высокую удельную ёмкость с улучшенной циклической стабильностью, что открывает возможности для их практического применения в литий-ионных аккумуляторах.

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Д.Н. Липатов^{a,b}, К.М. Сайдашев^{a,b}, М.Ш. Адыгамов^{a,b}, Т.Р. Гимадиев^{a,b}, Н.Ю. Серов^{a,b}

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

^b Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр
Российской академии наук», Казань, Россия

denis.lipatov163@gmail.com

Развитие автоматизированных лабораторий (self-driving laboratories) является важным направлением современной химии и биохимии, обеспечивая повышение производительности, воспроизводимости и безопасности экспериментов [1]. Коммерческие платформы (Tesp, Hamilton, Opentrons) отличаются высокой стоимостью, закрытым исходным кодом и ограниченным доступом к низкоуровневому управлению, что исключает глубокую кастомизацию под специфические задачи [2].

Цель работы – разработка модульной, масштабируемой и автономной роботизированной системы для химических экспериментов с возможностью перепрофилирования под широкий спектр научно-технических приложений.

В настоящее время разрабатывается полностью доступная платформа на базе ESP32 и одноплатного компьютера Raspberry Pi с трёхосевой портальной системой позиционирования, роборукой для перемещения объектов в рабочем поле, а также различными устройствами — вортексами, нагревателями с термодатчиком, дозаторами и насосами. Система отличается относительно низкой стоимостью сборки и возможностью ее использования в решении химических и биохимических задач.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН.

1. MacLeod B. P. et al. Self-driving laboratory for accelerated discovery of thin-film materials // Science Advances. – 2020. – Vol. 6, № 20. – P. eaaz8867.
2. Stach E. et al. Autonomous experimentation systems for materials development: A community perspective // Matter. – 2021. – Vol. 4, № 9. – P. 2702–2726.

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ТИРОЗИНАЗНЫЕ БИОСЕНСОРЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РАЗЛИЧНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРИСТОЛОХИЕВОЙ КИСЛОТЫ I

Н.Ю. Лопатко^a, Р.М. Бейлинсон^a, К.А. Королькова^a, Э.П. Медянцева^a, С.А. Еремин^b

^a Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

^b Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

nlopatko82@gmail.com

Для определения аристолохиевой кислоты I (АК I) были разработаны амперометрические биосенсоры на основе печатных электродов, модифицированных многостенными углеродными нанотрубками (МУНТ), восстановленным оксидом графена (ВОГ), нанокомпозитом ВОГ/НЧ Ag и с ферментом тирозиназа в составе биочувствительной части биосенсора. Аристолохиевая кислота содержится в растениях родов *Aristolochia* и *Asarum*, которые применяются в народной медицине, в частности, в китайской фитотерапии, при этом оно является канцерогенным и нефротоксичным, поэтому поиск простых, селективных и чувствительных методик определения данного токсиканта является актуальной задачей.

При изучении действия АК I на фермент-субстратную систему тирозиназа-фенол наблюдается ингибирование ферментативной реакции (уменьшение аналитического сигнала). Диапазон определяемых концентраций составил 1×10^{-10} - 1×10^{-8} М с $R^2 = 0.9664$ и $c_n = 7 \times 10^{-11}$ М для немодифицированного биосенсора. Модификация рабочего электрода позволила улучшить аналитические характеристики разработанного сенсора: ВОГ - 1×10^{-11} - 1×10^{-6} М, $R^2 = 0.9859$ и $c_n = 5 \times 10^{-12}$ М; МУНТ - 1×10^{-11} - 1×10^{-6} М, $R^2 = 0.9828$ и $c_n = 2 \times 10^{-12}$ М; ВОГ/ НЧ Ag - 1×10^{-11} - 1×10^{-6} М, $R^2 = 0.9972$ и $c_n = 2 \times 10^{-12}$ М.

При изучение кинетических параметров биосенсоров было установлено, что при взаимодействии фенола и тирозиназы в присутствии АК I наблюдается двухпараметрически рассогласованное (бесконкурентное) ингибирование в случае немодифицированного электрода и двухпараметрически согласованное (смешанное) ингибирование – в случае модифицированного электрода.

Разработанные сенсоры были апробированы для определения АК I в различных растительных объектах.

БИОСИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ *FUSARIUM OXYSPORUM*

Н.Ю. Лопатко, Р.М. Бейлинсон, Е.В. Перескокова, Э.П. Медянцева

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

nlopatko82@gmail.com

Наночастицы золота широко используются в медицинских и немедицинских приложениях как идеальный материал из-за их уникальных отличительных особенностей: инертности, биосовместимости и особенно из-за низкой токсичности. Наиболее распространенным способом получения наночастиц является химическое восстановление солей золота. В связи с быстрым развитием нанотехнологий и расширением применения данного материала поиск альтернативных путей синтеза наночастиц золота является предметом многих исследований на протяжении последних лет. Одним из направлений альтернативного синтеза наночастиц золота является биосинтез – применение различных биологических агентов, восстанавливающих ионы золота в наноразмерах. Одним из таких агентов является *Fusarium oxysporum* - вид несовершенных грибов. Известно, что данный гриб выделяет вещества, ответственные за образование наночастиц золота. Именно он был использован для биосинтеза.

Нами были подобраны условия проведения синтеза: соотношение реагентов, pH, оптимальное время реакции. В качестве источника ионов золота использовали тетрахлороаурат (III) водорода. Для стабилизации полученных наночастиц использовали гиперразветвленный полиэфирополиол Boltorn H20 и хитозан.

Для характеристики полученных наночастиц золота использовали УФ-спектроскопию: в оптическом спектре поглощения раствора НЧ Au в хитозане наблюдается плазменная полоса поглощения с максимумом, характерным для поглощения сферических НЧ Au при $\lambda = 540$ нм. Полученные НЧ Au также были исследованы с помощью анализатора размеров, движения и концентрации наночастиц. В результате анализа были получены следующие данные: средний размер наночастиц – 155 нм, размер наночастиц с большей концентрацией – 131 нм. Общая концентрация НЧ Au в растворе составила 0.5×10^9 частиц/мл с индексом полидисперсности 0.15.

Полученные путем биосинтеза наночастицы золота были использованы в качестве модификатора поверхности рабочего электрода в составе амперометрического тирозиназного биосенсора для определения 5-гидроксииндолуксусной кислоты.

СИНТЕЗ, СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ 2-(2-ОКСОИНДОЛИН-3-ИЛИДЕН)ОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛО[3,2-*a*]ПИРИМИДИНА

Т.А. Лукаш^a, А.С. Агарков^b, Э.Р. Габитова^b, М.Г. Маилян^a, Л.В. Французова^b,
О.А. Лодочникова^b, А.Д. Волошина^b, С.Е. Соловьева^b, И.С. Антипин^a

^a Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Казанский (Приволжский) федеральный университет"

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,
ФИЦ Казанский научный центр РАН

TALukash@stud.kpfu.ru

Молекулы с тиазолопиримидиновым каркасом обладают разнообразными биологическими свойствами, включая антибактериальную, антипаркинсоническую и противораковую активность [1, 2]. Другим перспективным структурным элементом являются производные индол-2,3-диона, которые также демонстрируют биологическое действие [3]. Объединение фрагментов тиазоло[3,2-*a*]пиримидина и индол-2,3-диона в одной молекуле может способствовать усилению или проявлению новых биологических эффектов в ранее неисследованных веществах.

Данная работа посвящена синтезу и структурному анализу 2-(2-оксоиндолин-3-илиден)тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов, изучению их супрамолекулярной организации и оценке биологической активности синтезированных производных (Рис. 1).

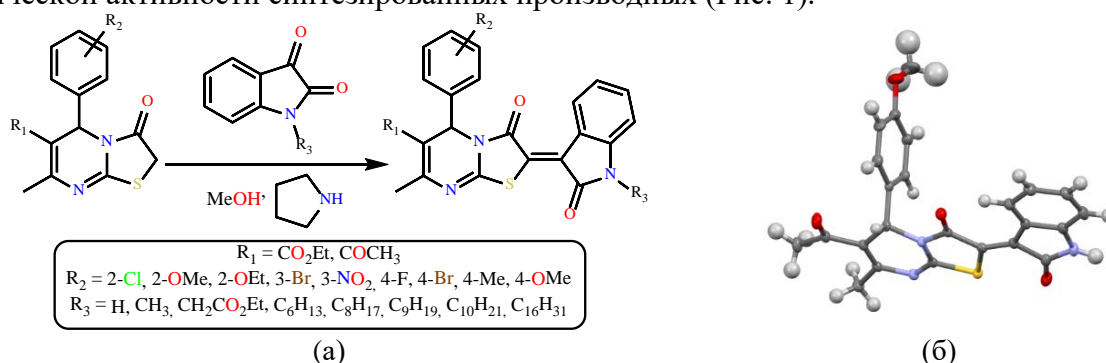


Рисунок 1. Схема получения 2-(2-оксоиндолин-3-илиден)тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов (а);
Геометрия полученных соединений в кристаллической фазе (б).

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФИЦ КазНЦ РАН для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

1. Izmet'sev, Alexei N., et al. New Journal of Chemistry 43.2 (2019): 1038-1052.
2. Agarkov, A. S., et al. "Synthesis, chemical properties, and application of 2-substituted thiazolo [3, 2-*a*] pyrimidine derivatives." Russian Journal of Organic Chemistry 59.3 (2023): 337-364.
3. Rainoldi, Giulia. "A Journey in the Organocatalysed and Multicomponent Synthesis of 3, 3-Disubstituted and Spiro-Oxindoles." (2018).

НОВЫЕ КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛО[3,2-*a*]ПИРИМИДИНА: СИНТЕЗ, СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЕ

М.Г. Маилян^a, Э.Р. Габитова^{a,b}, А.С. Агарков^{a,b}, А.А. Кожихов^b, Е.Н. Хрущева^a, Л.В. Французова^b, О.А. Лодочникова^b, С.Е. Соловьева^b, И.С. Антипин^a

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова, ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

e-mail: mailyan.2002@inbox.ru

Производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидина, демонстрирующие широкий спектр фармакологической активности (противоопухолевую, антиоксидантную и др.) [1], представляют собой многообещающий класс лигандов благодаря наличию координационно-способных гетероатомов. Несмотря на то, что их синтез и строение детально охарактеризованы [2-4], их потенциал в координационной химии остается нераскрытым. Целенаправленное введение карбоксильной группы служит ключевой стратегией для управления свойствами лигандов и создания новых центров координации, что позволяет перейти к дизайну функциональных металлокомплексов.

В данной работе представлены разработанные методики синтеза, успешное получение и полная структурная характеристика первых координационных соединений на основе карбоксильных производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина (схема 1) [5].



Схема 1. Синтетический маршрут для получения координационных соединений на основе карбоксильных производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФИЦ КазНЦ РАН для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

1. M. El-Shahat, et al. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, **2021**, 21(1), 118-131.
2. A.S. Agarkov, et al. *International Journal of Molecular Sciences*, **2023**, 24(3), 2084.
3. A.S. Agarkov, et al. *Molecules*, **2023**, 27(22), 7747.
4. A.S. Agarkov, et al. *Doklady Chemistry*, **2022**, 505(2), 177-183.
5. A.A. Kozhikhov, A.S. Agarkov, M. Mailyan, et al. *Journal of Structural Chemistry*, **2025**, 66(5), 911-920.

БИСАМФИФИЛЬНЫЕ ТЕРПЕНОИДЫ НА ОСНОВЕ (1R,2S,5R)-МЕНТОЛА И (1S)-БОРНЕОЛА: СИНТЕЗ, МЕМБРАНОТРОПНАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

С.М. Макарова, А.А. Ахмедов, Р.Р. Гамиров, Ю.В. Панина, У.А. Бажина, И.И. Стойков

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

sofanmakaran345@gmail.com

Клеточные мембраны микроорганизмов рассматриваются как одна из наиболее уязвимых структур для воздействия антимикробных препаратов [1]. Мембраны бактерий и грибов обычно обладают значительно более выраженным отрицательным зарядом, чем мембраны клеток млекопитающих. Это различие даёт возможность целенаправленно создавать катионные молекулы, способные выборочно взаимодействовать с клетками микроорганизмов. Изучение того, как такие соединения нарушают целостность мембран, позволяет разрабатывать новые подходы к борьбе с патогенными организмами и решать проблему устойчивости к современным лекарствам. Среди потенциальных кандидатов особенно выделяются катионные амфифилы, демонстрирующие высокое сродство к липидным бислоям и, соответственно, значительный антимикробный потенциал [2].

В последние годы растёт интерес к использованию природных и частично модифицированных соединений как основы для создания новых антимикробных препаратов. Среди них терпеноиды занимают особое место благодаря своему структурному разнообразию и широкому спектру биологической активности. Химическая модификация терпеноидов, например введение четвертичных аммониевых групп, открывает возможности для усиления их антимикробного действия и получения перспективных терапевтических агентов.

В данной работе были получены меротерпеноиды на основе (1R,2S,5R)-ментола и S-борнеола. С использованием метода динамического светорассеяния изучены их свойства самосборки в водных растворах, а турбидиметрическое титрование позволило оценить способность этих соединений взаимодействовать с модельной фосфолипидной мембраной. Минимальные ингибирующие концентрации в отношении патогенных и оппортунистических бактериальных и грибковых штаммов определяли методом резазуринового теста.

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

СТЕРИЧЕСКАЯ КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ ПРОИЗВОДНОГО ЦИКЛОПЕНТАХИНОЛИНА И ХРОМАНА С АКТИВНЫМ ЦЕНТРОМ 5- ЛИПОКСИГЕНАЗЫ

Л.С. Максимов, В.Р. Хайруллина, Ю.З. Мартынова

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

leomaxcer@ya.ru

Соединение 8-фтор-1Н,2Н,3Н,3аН,4Н,5Н,9bН-циклопента[с]хинолин-4-ил]метил}-2,5,7,8-тетраметил-3,4-дигидро-2Н-1-бензопиран-6-ол (Qin_Chrom) гипотетически может существовать в виде шестнадцати стереоизомеров. Экспериментально из них с приемлемыми выходами могут быть получены только шесть, которые и представлены на рисунке 1. Структуры этих стереоизомеров предоставлены к.х.н., с.н.с. Института нефтехимии и катализа УФИЦ РАН Савченко Р.Г.

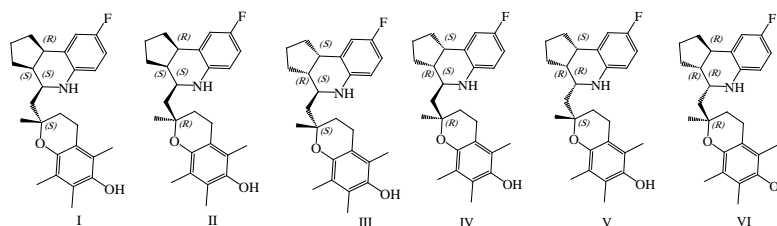


Рисунок 1. Синтетически доступные стереоизомеры 8-фтор-1Н,2Н,3Н,3аН,4Н,5Н,9bН-циклопента[с]хинолин-4-ил]метил}-2,5,7,8-тетраметил-3,4-дигидро-2Н-1-бензопиран-6-ола.

Это соединение представляет интерес в качестве ингибитора радикально-цепных процессов в условиях *in vitro*. За реализацию свободно-радикальных процессов в живых организмах ответственны разные белки. Одним из них является 5-липоксигеназа (5-ЛОГ), содержащая негемовое железо в активном центре. Поскольку биохимические превращения, включая окислительные реакции, протекают преимущественно в активных центрах белков, то в исследовании важно оценить стерическое соответствие молекулы Qin_Chrom с активным центром 5-липоксигеназы, что и было целью настоящего исследования.

Для молекулярного моделирования выбрали белок с PDB ID 3o8y (цепь А) [1]. Методом молекулярного докинга с использованием программы AutoDock 4.2 оценивали энергию связывания E_{bind} , показатель эффективности ингибирования LE, а также константу ингибирования K_{inh} для шести синтетически доступных стереоизомеров соединения Qin_Chrom. Ориентацию лигандов в активном центре 5-ЛОГ, а также энергию E_{bind} определяли в трехмерном боксе размером 22 Å. Результаты расчетов представлены в таблице 1. В соответствии с расчетными данными E_{bind} все синтетически доступные стереоизомеры соединения Qin_Chrom могут рассматриваться как потенциальные ингибиторы 5-ЛОГ, так как численные значения $E_{\text{bind}} \leq -6$ ккал/моль и в разной степени превышают аналогичный показатель для арахидоновой кислоты. По значению K_{inh} все стереоизомеры Qin_Chrom значительно уступают арахидоновой кислоте, что также свидетельствует об их потенциальной эффективности. По показателю эффективности связывания с активным центром белка, выраженным параметром LE, за исключением стереоизомера Qin_Chrom-II, также теоретически могут быть эффективными ингибиторами 5-ЛОГ, так как для них параметр $|LE| \geq 0.3$. Определены потенциально биоактивные конформации теоретически активных лигандов в активном центре 5-ЛОГ и факторы стабилизации их положения в данном белке.

1. <https://www.rcsb.org> (последняя дата обращения: 24.10.2025)

ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В СОСТАВЕ ДНК-СЕНСОРОВ ДЛЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ДНК-ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

А.Н. Маланина, А.В. Порфирьева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

malanast@mail.ru

Нековалентные взаимодействия контролируют множество важнейших природных процессов природы несмотря на то, что они во много раз слабее ковалентных связей. В частности, конформация белков и ДНК зависит от водородных связей и стэкинга. Специфические ДНК-взаимодействия также проявляются при нековалентных взаимодействиях нуклеиновых кислот с различными низкомолекулярными объектами, включая полиароматические углеводороды, лекарства и пищевые добавки. Изучение молекулярных взаимодействий и механизмов действия различных лекарств является ключевым элементом в разработке новых потенциальных лекарственных агентов.

Наличие отрицательно заряженных фосфатных групп в остове нативной ДНК позволяет рассматривать ее в качестве полианиона и включать в состав полиэлектролитных комплексов (ПЭК). Любое изменение структуры ДНК в таком случае будет приводить к изменению характеристик всего комплекса, что позволяет улавливать даже слабые взаимодействия. В рамках данной работы предложены ДНК-сенсоры для вольтамперометрической оценки различных специфических взаимодействий, в частности для дискриминации термического и окислительного повреждения ДНК и определения интеркалятора доксорубина. В качестве полиионов помимо нативной ДНК использовали полиэтиленимин и электрополимеризованные производные фенотиазина. Структурные формулы новых производных фенотиазина, используемых в данной работе, представлены на рисунке.

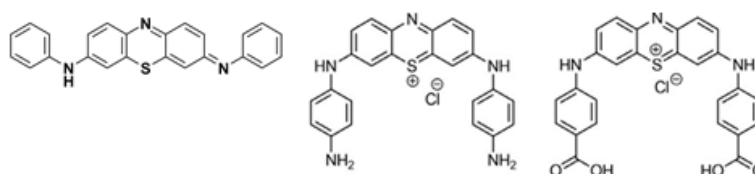


Рисунок 1. Структурные формулы используемых производных фенотиазина

Было показано влияние структурных особенностей и средней молекулярной массы ДНК и состава ПЭК на чувствительность сенсора к различным типам повреждений и доксорубину соответственно.

ФОСФИН-КАТАЛИЗИРУЕМОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ ИМИДОВ И ГИДАНТОИНОВ К ЭЛЕКТРОНОДЕФИЦИТНЫМ АЛКИНАМ

М.А. Мамонтов, А.В. Ильин

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

mamontovmihail01@mail.ru

Сообщается о высокоэффективном α - и вицинальном бисприсоединении циклических имидов и производных гидантоина к метилпропиолату с высокими выходами, а также β -присоединении данных имидов и гидантоинов к α -имидакрилатам и α -гидантоиноакрилатам в условиях катализа третичными фосфинами.

Такой метод синтеза представляет собой простой подход к получению биологически активных α -имида- и α -гидантоиноакрилатов, а также вицинальных бисимида и бисгидантоинов в мягких условиях с высокой атомной экономией и селективностью (Схема 1). В случае использования хирально чистых производных гидантоина, полученных из оптически активных α -аминокислот, в реакциях бис- и β -присоединения обнаружен эффект возникновения диастереомерного избытка.

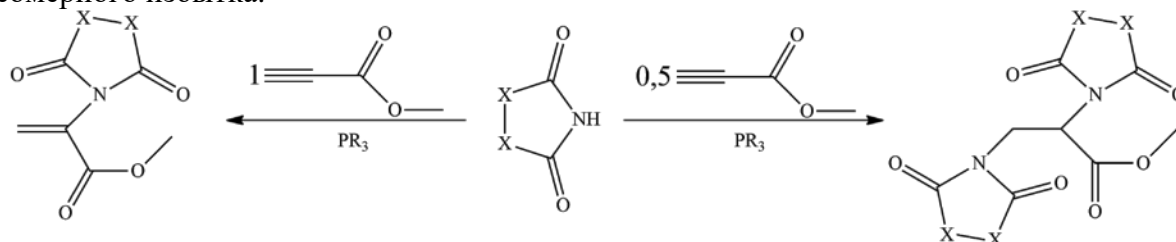


Схема 1.

Кроме того, были получены *цис*- α -гидантоино- и α -имидацинаматы с высокой регио- и стереоселективностью при α -инверсном присоединении к этилфенилпропиолату. Стереоселективность присоединения была подтверждена результатами квантовохимических расчетов (Схема 2).

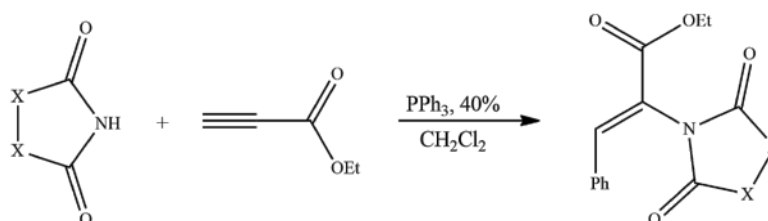


Схема 2.

АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ 3Д ПЕЧАТИ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ ИЗ АМОРФНОГО ПОЛИЛАКТИДА В ПОЛИМЕРНОЙ ГИПСОВОЙ КОМПОЗИЦИИ

М.А. Камалетдинов, Е.А. Маричева, О.Л. Хамидуллин

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

maricheva_ekaterina@mail.ru

Гипсовые полимерный композиции находят широкой применение в травматологии для создания внешних протезов для фиксации поврежденных конечностей. Такие композиции должны сочетать в себе высокую пластичность при формовании протеза при низкой температуре, чтобы не повреждать кожных покров и высокую жесткость при затвердевании. Сложная форма таких изделий, создаваемая под каждый конкретный случай, обязывает применение 3Д печати методом послойного наплавления, гарантируя соблюдение высокой точности геометрии протеза. Для создания подобных композиций с помощью 3Д печати требуется применение аморфных и легкоплавких термопластов, с температурой размягчения ниже 70 °С.

Поэтому актуально применение полилактида. Данный термопласт является аморфно-кристаллическим, имея особенности в виде активной кристаллизации при медленном нагреве и охлаждении. Аморфность термопласта важна для его быстрого и полного размягчения при температуре стеклования, в случае полилактида данная температура лежит в диапазоне 60-65 °С. Поэтому создается методика 3Д печати с быстрым охлаждением слоев для предотвращения кристаллизации полилактида.

В исследовании разработан режим 3Д печати с применением эффективного охлаждения. Данный режим предусматривает обдув слоев с 100% мощностью штатного вентилятора 3Д принтера ANYCUBIC Kobra 3, высокую скорость укладки слоев до 200 мм/с, снижение температуры экструзии до 190 °С и основания печати до комнатной температуры и повышенная скорость подачи материала до 400 мм/с с интервалами для экструзии материала небольшими порциями по 0,1 мм величины подачи. Применение данных параметров позволяет ускорить охлаждения полилактида, предотвращая образования в нем кристаллической фазы. Для дополнительного охлаждения и недопуска появления эффекта коробления требуется при данным режиме 3Д печати укладывать сначала внутренние слои, затем внешние. Стоит отметить, что из-за отключения подогрева основания печати, появляется риск отклеивания изделия, что требует нанесения дополнительного адгезионного слоя.

Публикация получена в рамках Передовой инженерной школы «Комплексная авиационная инженерия» (Соглашение 075-15-2025-129).

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ВИОЛОГЕН КАВИТАНДА С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМ ПОРФИРИНОМ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАКА

А.А. Масленников^a, А.Ю. Зиганшина^{a,b}, И.С. Антипин^{a,b}

^a Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова, Казань, Россия;

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

andrey.maslennikov.02@mail.ru

Высокая смертность, рецидивирование, инвазивность и метастазирование делают рак серьезной проблемой здравоохранения. Фотодинамическая терапия (ФДТ) представляет собой перспективный, минимально инвазивный подход к лечению рака. В отличие от традиционных методов, ФДТ обладает высокой селективностью и не оказывает значительного токсического воздействия на нормальные ткани. Основной механизм действия ФДТ связан с генерацией синглетного кислорода и других активных форм кислорода (АФК). ФДТ, в отличие от химиотерапии и лучевой терапии, способна стимулировать иммунный ответ, вызывая иммуногенную гибель клеток (ИГК) и, как следствие, активацию противоопухолевого иммунитета. Эти характеристики делают ФДТ привлекательным и перспективным методом лечения злокачественных новообразований[1].

В рамках настоящего исследования был разработан новый наноразмерный композитный материал, ориентированный на применение в противораковой терапии. Структурно нанокомпозит представляет собой полимерный носитель, инкапсулирующий порфирин (см. Рис. 1). Было продемонстрировано, что инкапсуляция порфирина приводит к существенному улучшению его фотофизических характеристик и биосовместимости по сравнению с неинкапсулированным аналогом, обладающим крайне низкой растворимостью в водной среде. Отмечено значительное высвобождение порфирина из нанокомпозита под воздействием глутатиона, концентрация которого в опухолевых клетках многократно превышает таковую в нормальных тканях.

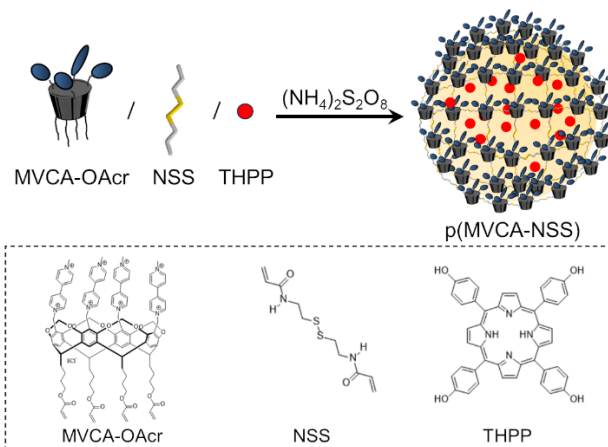


Рисунок 1. Строение виологен резорцинарен-кавитанда и образование полимерных структур на его основе с инкапсулированным порфирином в микроэмульсионной среде.

МУКОАДГЕЗИВНАЯ БИОРАЗЛАГАЕМАЯ ПЛЕНКА ДЛЯ НЕОТЛОЖНОЙ ТЕРАПИИ ОЖОГОВ ПОЛОСТИ РТА ПОСЛЕ ПРОЦЕДУРЫ ОТБЕЛИВАНИЯ ЗУБОВ

М. Масуми, А.Н. Фетисова, М. Жулидех, С. Сабетгадам

Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

mohsenmasoumi@yandex.com

Основными причинами химических ожогов полости рта, полученных в результате процедур домашнего отбеливания зубов, являются превышение безопасных концентраций отбеливающих агентов, таких как пероксид водорода или пероксид карбамида, и использование некорректных капп. Отсутствие эффективных локальных средств экстренной терапии нередко является причиной затяжного воспаления слизистой оболочки, болевого синдрома, эрозии эпителия, замедленной регенерации, а в ряде случаев приводит к рискам развития вторичной инфекции и некроза участков слизистой. **Цель исследования** – разработать технологию получения мукоадгезивной биоразлагаемой пленки на основе пектина для локальной экстренной терапии повреждений слизистой оболочки полости рта, в частности после процедур домашнего отбеливания зубов. В качестве материала основы выбран низкоэтерифицированный пектин – природный полисахарид, обладающий доказанной биосовместимостью, мукоадгезивными и пленкообразующими свойствами, и способностью к ионному Ca^{2+} -сшиванию. Основные этапы **лабораторного протокола** получения опытных образцов методом solvent casting: готовили 3,5% пленкообразующий раствор пектина в воде (постоянное механическое перемешивание при 80°C в течение 20 минут), раствор охлаждали до комнатной температуры, добавляли 0,05% раствор хлоргексидина; для сшивки использовали разработанную нами **авторскую методику** с применением карбоната кальция и гидрокарбоната натрия, которая позволяет регулировать не только физико-механические свойства, но и физиологически значимый pH опытных образцов – 6,8. Образцы высушивали в чашках Петри в контролируемом потоке воздуха при температуре (23±2°C) до постоянной массы. Толщина слоя около 80-120 мкм. **Заключение.** С использованием модифицированного solvent casting метода получены стабильные мукоадгезивные биоматрицы на основе низкоэтерифицированного пектина, которые будут использованы в качестве носителей фармакологически активных ингредиентов, применяемых для экстренной терапии ожогов полости рта после процедуры отбеливания зубов.

МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО - ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ - МАКРОЦИКЛ» ПО ДАННЫМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

И.В. Матвейчев, Ю.Г. Кураева

Самарский Университет, Самара, Россия

matveichevi@yandex.ru

Изучение межмолекулярных взаимодействий является фундаментальной задачей химии, которая объясняет поведение веществ в растворах, механизмы растворимости и селективного взаимодействия молекул. В работе объектами исследования являлись ионная жидкость 1-бутил-3-метилимидазолий бромид (БМИБ) и макроциклические соединения гептакис(2,3,6-три-О-метил)- β -циклодекстрин (Me - β -ЦД) и гептакис(2,6-ди-О-метил)- β -циклодекстрин ($Me_{2,6}$ - β -ЦД). Методом обращенной газовой хроматографии определены термодинамические характеристики сорбции летучих органических соединений системами «БМИБ - Me - β -ЦД» и «БМИБ - $Me_{2,6}$ - β -ЦД», а также определены коэффициенты активности при бесконечном разбавлении. Для оценки взаимодействий органических соединений в смешанных системах «ионная жидкость - макроцикл» определены параметры Флори-Хаггинса.

Для определения параметров растворимости Хансена был использован метод расчёта по процедуре Voelkel-Janasa [1]. Для этого органические соединения были разделены на три группы: *n*-алканы, ароматические соединения и спирты. Для них построены линейные зависимости отражающие различные типы межмолекулярных взаимодействий. Значения компонентов общей растворимости вычислены по наклону полученных прямых. Таким образом, полученные данные позволяют заранее предсказать взаимодействия в системах «ионная жидкость-циклодекстрин», что имеет важное практическое значение, в частности, для создания универсальных изомерселективных сорбентов для разделительных технологий.

1. Voelkel A., Janas J. Solubility parameters of broad and narrow distributed oxyethylates of fatty alcohols // Journal of Chromatography A. 1993. № 1 (645). С. 141–151.

NBS-ИНДУЦИРУЕМАЯ СКЕЛЕТНАЯ ПЕРЕГРУППИРОВКА КАК КЛЮЧЕВАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА АРИЛМЕТИЛИДЕНОВЫХ И ОКСОИНДОЛИДЕНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИМИДАЗО[2,1-В]ТИАЗОЛА

Д.О. Мингажетдинова^a, А.С. Агарков^a, Е.А. Чудакова^b,
И.А. Литвинов^a, С.Е. Соловьева^{a,b}, И.С. Антипин^{a,b}

^a Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

^b Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

doming01@mail.ru

Стратегия модификации гетероциклических каркасов в сложных молекулах представляет собой передовую область синтетической химии, имеющую огромное значение для создания лекарственных препаратов [1]. В отличие от модификации периферийных функциональных групп без изменения основного скелета молекулы ремоделинг («Remodelling molecular framework») благодаря высокоселективным реакциям позволяет на поздних стадиях избирательно проводить замену гетероциклической платформы с высокими выходами [2-4].

В данной работе было продемонстрировано превращение 2-арилметиленовых и 2-оксоиндолидиневых производных тиазоло[3,2-*a*]пиримидина в присутствии N-бромсукцинимиды, генерирующего *in situ* молекулярный бром, и воды в производные имидазо[2,1-*b*]тиазола (Рисунок 1б). Данная реакция сопровождается появлением нового асимметрического атома углерода и как следствие переходом из планарного 2D-пиримидина в 3D-дигидроимидазол, что в дальнейшем может быть использовано для хирального распознавания. Показано, что данная перегруппировка протекает в мягких условиях и с высокими выходами (Рисунок 1а,в).

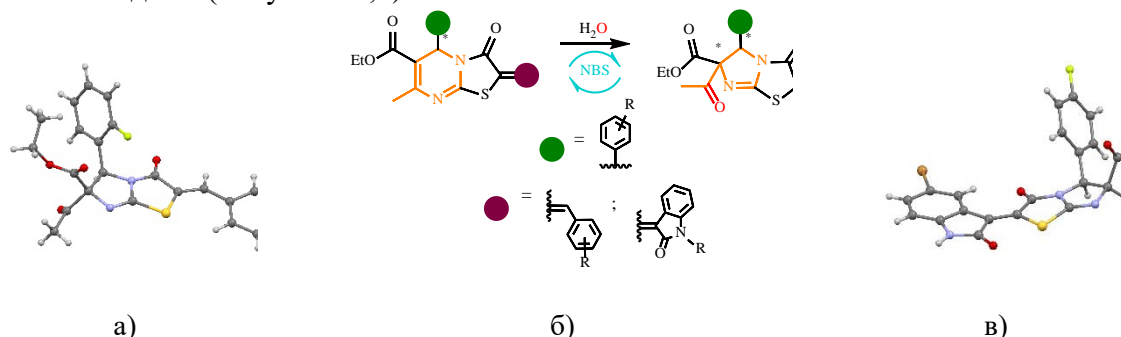


Рисунок 1. а), в) Геометрия производных имидазо[2,1-*b*]тиазола в кристалле; б) схема реакции сужения тиазоло[3,2-*a*]пиримидина в системе NBS-вода

1. X. Tao, H. Han, J. Jeong, D. Kim, S. Hong *J. Am. Chem. Soc.*, 2025, **147**, 21143.
2. R. Sharma, M. Arisawa, S. Takizawa, M. S. H. Salem *Org. Chem. Front.*, 2025, **12**, 1633.
3. T. Yuan, L. Shi *Org. Chem. Front.*, 2024, **11**, 7318.
4. E.-Q. Li, C. W. Lindsley, J. Chang, B. Yu *J. Med. Chem.*, 2024, **67**, 13509.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ С-Н АМИНИРОВАНИЕ ФЕНОЛОВ ПРОИЗВОДНЫМИ ФЕНОТИАЗИНА

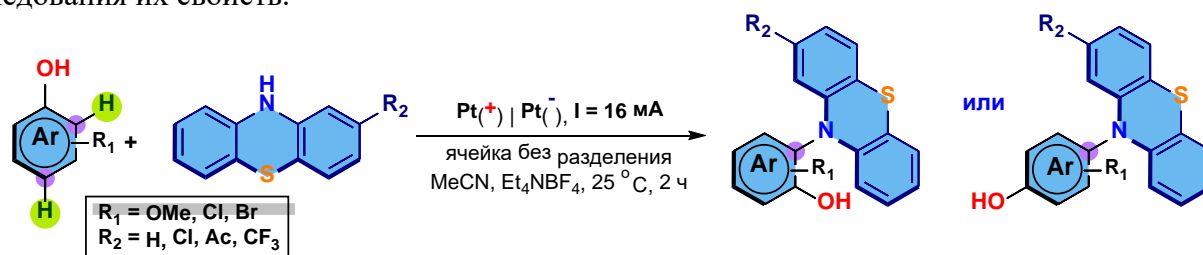
Р.Р. Мингазов^{a,b}, А.И. Кононов^a, С.О. Стрекалова^a, М.А. Хворова^{a,b}, Ю.Г. Будникова^a

^a ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

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

radelmingazov330@gmail.com

Уникальная электронная структура фенотиазина, проявляющаяся в его способности к образованию стабильных катион-радикалов, предопределяет широкое применение его производных в различных областях. В материаловедении N-арилфенотиазины служат ключевыми компонентами органических светодиодов (OLED), фотокаталитических систем и полупроводниковых материалов [1]. В медицине этот класс соединений продолжает привлекать внимание благодаря разнообразию фармакологических свойств. Кроме того, производные фенотиазина способны выступать в качестве лигандов в координационной химии, образуя металлокомплексы с интересными каталитическими и фотофизическими свойствами. Всё вышесказанное обуславливает высокую востребованность разработки эффективных методов синтеза новых производных фенотиазина, в том числе N-арилфенотиазинов, и всестороннего исследования их свойств.



В данной работе был разработан электрохимический подход к прямому С-Н/Н-Н сочетанию производных фенотиазина с практически значимыми фенолами (гваякол, парацетамол, кетон малины, эвгенол и т.д.). Предложенный метод позволяет получать целевые N-арилфенотиазины с высокими выходами (до 97%) в мягких условиях, без использования металлокомплексов, стехиометрических окислителей и других добавок.

Работа выполнена за счет средств гранта РНФ № 25-73-00405

1. Kononov A.I., Strekalova S.O., Budnikova Yu.H. *Eur. J. Org. Chem.* **2025**, 28(21), e202401472.

ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ЦИКЛО(GLY-LEU) И ЦИКЛО(LEU-GLY) И ИХ СВОЙСТВА

Э.Р. Миргазиева, М.А. Зиганшин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

mirgazieva02@mail.ru

В настоящее время в литературе активно изучаются вещества, способные в результате самосборки и самоорганизации формировать биосовместимые материалы для применения в медицине, пищевой промышленности и различных технологиях. Олигопептиды, в частности, линейные дипептиды, являются перспективным материалом для этих целей. В качестве одного из методов получения различных наноструктур на основе дипептидов используется термическая обработка, в ходе которой могут протекать побочные процессы, в том числе – химическая реакция с образованием циклических дипептидов, обладающих иными свойствами, которые также находят широкое применение при решении ряда технологических задач. Таким образом, для эффективного применения дипептидов необходима информация о критических температурах начала твердофазных реакций, в том числе, для разработки новых методов синтеза циклических дипептидов.

С этой целью в настоящей работе впервые были изучены реакции циклизации дипептидов глицил-L-лейцин и L-лейцил-глицин в твердой фазе при нагревании. Были определены критические температуры начала реакций. С использованием методов изоконверсионной кинетики был проведен расчет кинетических параметров данных реакций, определены кинетические модели, описывающие эти реакции. Структуры продуктов твердофазных реакций были охарактеризованы комплексом физических и физико-химических методов, в том числе, ЯМР- и ИК- спектроскопии, ГХ-масс-спектрометрии, ВЭЖХ-МС. Оптические свойства дипептидов были изучены с помощью методов кругового дихроизма, люминесцентной микроскопии и спектроскопии. Методом атомно-силовой микроскопии была изучена способность к самосборке полученных в настоящей работе циклических дипептидов из различных органических растворителей.

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

ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАГНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Ю.С. Монжос, П.С. Мышкевич, И.А. Змачинская

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

honor20072003@gmail.com

Болезни сердечно сосудистой системы являются основной причиной смертей во всем мире, а именно ишемическая болезнь сердца, на долю которой приходится около 13% [1]. Коронарное стентирование стало наиболее распространённым и эффективным методом лечения ишемической болезни сердца.

Сердечно-сосудистые стенты изготавливаются с использованием двух классов материалов: металлов и полимеров. По сравнению с металлами полимеры являются менее эффективными и менее жесткими, следовательно, такие импланты требуют более тщательного наблюдения специалистов.

Традиционные металлические импланты на основе нержавеющей стали, сплава Co-Cr и сплава Ni-Ti являются широко используемыми материалами для реконструкции коронарных артерий из-за их высоких механических свойств и превосходной коррозионной стойкости [2]. Однако, имплантированные стенты из таких материалов приводят к реакции организма на инородное тело, а в долгосрочной перспективе и к тромбозу. Таких процессов можно избежать за счет применения сплавов, способных абсорбироваться и внедряться в ткани. Одним из таких материалов является магний и сплавы на его основе. Более того они демонстрируют превосходную защиту от отложения тромбоцитов и низкую тромбогенность.

Однако у данного материала имеется значительный недостаток – скорость коррозии. В большинстве случаев, сплавы магния сталкиваются с проблемой краткосрочной поддержки менее 6 месяцев, что приводит к полному выходу имплантата из строя до полного заживления тканей.

Одним из перспективных в данной области исследований является процесс термодиффузионного алюмоцинкования сплавов магния. Многокомпонентное насыщение рассматривается, т.к. слой, состоящий только из алюминидов не способен в полной мере защитить сплав магния как от локальной ускоренной биodeградации, так и от гальванической коррозии. Термодиффузионное алитирование магния впервые было разработано в 2000 году [3]. Затем данный процесс был улучшен в 2002 году с использованием порошковой смеси, содержащей 70% Al и 30% Zn и температурой обработки 430 °C [3]. Установлено, что такое покрытие примерно в 20 раз повышает коррозионную стойкость материала [3]. Помимо этого, было обнаружено что с увеличением содержания Zn в смеси увеличивается толщина термодиффузионного слоя увеличивается. Разница толщины слоя между содержанием 10 и 30% Zn в смеси составила более 200 мкм [3].

Перспективные магниевые сплавы обладают благоприятными биологическими свойствами, но их высокая скорость коррозии ограничивает срок службы имплантатов. Разработка таких методов, как термодиффузионное алюмоцинкование, дает надежду на создание более устойчивых покрытий. Неоспоримым преимуществом покрытий, состоящих из Al и Zn, является увеличение коррозионной стойкости и толщины термодиффузионного слоя. Такая технология для производства стентов может оказать значительное влияние на снижение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и улучшение качества жизни пациентов.

1. Десять основных причин смертности [Электронный ресурс]. –2025.– Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes> – Дата доступа: 10.11.2025.
2. Папилов, И.И. Материалы медицинских стентов / И.И.Папилов, В.А. Шкуропатенко, В.С. Шокуров, А.И. Пикапов; под ред. Т.В. Ситнянская. – Харьков: Харьковский физико-технический институт, 2010. – 40 с.
3. Strategy of galvanic corrosion mitigation for Mg alloys [Электронный ресурс]. –2025.– Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/materials/articles> – Дата доступа: 15.11.2025.

СИНТЕЗ И ПРОТИВОВИРУСНАЯ АКТИВНОСТЬ ГИДРОКСИМЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ

С.В. Мосунова^a, А.И. Яруллин^b, А.Н. Седов^a, Р.Р. Давлетшин^b

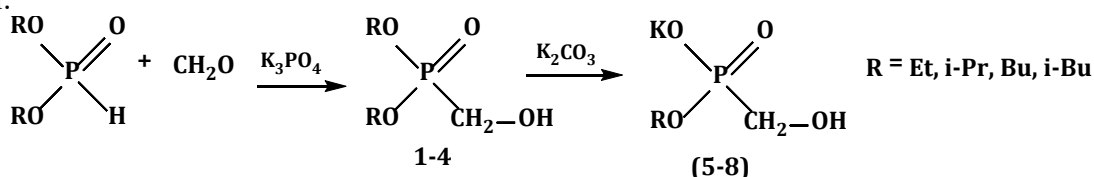
^a Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

^b ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», Казань, Россия

89080459283@mail.ru

Целью данного исследования был синтез ряда производных гидроксиметилфосфоновой кислоты (ГМФ) – диалкилгидроксиметилфосфонатов, ее монокалийевых солей с последующей оценкой их противовирусной активности *in vitro*.

Синтез целевых соединений осуществлен по реакции Абрамова с последующим щелочным гидролизом:



Противовирусную активность исследовали в отношении вирусов крупного рогатого скота - герпесвируса типа 1 и парагриппа типа 3. Ключевые соединения продемонстрировали значительное снижение инфекционного титра вирусов (табл.1.).

Таблица 1. Индексы нейтрализации

Соединения	Герпесвирус типа 1			Парагрипп типа 3		
	Титр вируса, log ₁₀ ТЦИД ₅₀ /мл		ИН, log ₁₀	Титр вируса, log ₁₀ ТЦИД ₅₀ /мл		ИН, log ₁₀
	до	после		до	после	
1 (Et)	6.83 ± 0.04	2.27 ± 0.34	4.56	5.84 ± 0.02	1.82 ± 0.32	4.02
2 (i-Pr)	6.83 ± 0.04	3.00 ± 0.35	3.83	5.84 ± 0.02	2.02 ± 0.28	3.82
ГМФ	6.83 ± 0.04	2.41 ± 0.04	4.42	5.84 ± 0.02	1.56 ± 0.18	4.28
5 (Et)	6.83 ± 0.04	4.2 ± 0.27	2.63	5.84 ± 0.02	2.18 ± 0.18	3.66
6 (i-Pr)	6.83 ± 0.04	5.32 ± 0.38	1.51	5.84 ± 0.02	4.60 ± 0.20	1.24
7 (Bu)	6.83 ± 0.04	3.74 ± 0.32	3.09	5.84 ± 0.02	3.01 ± 0.34	2.83
8 (i-Bu)	6.83 ± 0.04	4.87 ± 0.23	1.96	5.84 ± 0.02	3.34 ± 0.27	2.5

Наибольший индекс селективности (ИС) выявлен у гидроксиметилфосфоновой кислоты – 17 для вируса герпеса типа 1 и 13 для вируса парагриппа типа 3.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-23-00328, <https://rscf.ru/project/24-23-00328/>

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА НА НАНОЧАСТИЦЫ ЗОЛОТА В ДЕНДРИМЕРАХ НА ПЛАТФОРМЕ КАЛИКСАРЕНОВ

А.Ф. Муртазина, Д.В. Брусницын, А.Н. Рамазанова, Э.П. Медянцева,
В.А. Бурилов, Е.Г. Макаров, А.М. Димиев

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

20ida02@mail.ru

Большое число публикаций посвящено применению дендримеров в качестве модификаторов поверхности электродов в сенсорах и при синтезе наночастиц металлов в качестве стабилизаторов коллоидного раствора.

В свою очередь углеродные материалы, в частности углеродные нанотрубки, восстановленный оксид графена, активно используются в сенсорах для повышения электропроводимости подложки.

В рамках работы нами разработаны композитные электроды, модифицированные углеродным материалом (окислительно-модифицированный кокс) и наночастицами золота, стабилизированные дендримерами на платформе каликс[4]аренов с этиленгликолиевыми фрагментами. Композитные материалы исследованы динамическим рассеянием света, спектроскопией электрохимического импеданса и дифференциальной импульсной вольтамперометрией. По данным динамического рассеяния света дендримеры на платформе каликс[4]аренов с 8 этиленгликолиевыми фрагментами являются более подходящим стабилизатором для получения наночастиц золота, так как такие наночастицы в дендримерах обладают меньшим индексом полидисперсности и гидродинамическим размером, чем наночастицы в дендримерах на платформе каликс[4]аренов с меньшим числом этиленгликолиевых фрагментов. В ходе электрохимических исследований материалов варьировали амплитуду и pH буферного раствора. Проведенные исследования показали, что наиболее подходящими для модификации поверхности электродов являются композитные электроды, модифицированные окислительно-модифицированным коксом и наночастицами золота, стабилизированные дендримерами на платформе каликс[4]аренов с 8 этиленгликолиевыми фрагментами.

Разработанные композитные материалы могут быть использованы для создания амперометрических иммуносенсоров при определении лекарственных соединений, в частности антибиотиков и антидепрессантов.

МЕТОД ФЛЕТЧЕРА-РИВСА В АТОМНОЙ СИСТЕМЕ (001) Ni С МНОГОЧАСТИЧНЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ

А.И. Мусин ^{a,b}, В.Н. Самойлов ^c

^a *Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия*

^b *Вятский государственный университет, Кировская область, Киров, Россия*

^c *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

ai.musin@physics.msu.ru

Нами была создана молекулярно-динамическая модель монокристалла (001) Ni, которую в дальнейшем планируется использовать для задач ионного распыления. Написанная программа на языке Fortran генерирует кристалл необходимых размеров и выполняет релаксацию атомов с целью достижения минимума потенциальной энергии системы.

Взаимодействие атомов Ni описывалось современным многочастичным ЕАМ-потенциалом Чжоу-Джонсона-Уодли [1]. При $r > 6$ Å парная часть этого потенциала $\phi(r)$ обрезалась, на интервале от 5.5 до 6.0 Å функция $\phi(r)$ домножалась на сглаживающую функцию для сохранения непрерывности $\phi(r)$ и ее производной. На расстояниях $r < 0.5$ Å потенциал $\phi(r)$ заменялся универсальным потенциалом Зиглера-Бирсака-Литтмарка. На интервале от 0.5 до 1.5 Å происходила сшивка двух частей составного потенциала с помощью экспоненциально-кубического сплайна.

Для релаксации использовался метод сопряженных градиентов Флетчера-Ривса [2]. Для решения задачи линейного поиска, которая возникает при каждой итерации метода, нами был разработан комбинированный метод на основе метода аппроксимации параболой и метода золотого сечения.

Вычисленная энергия связи атома на поверхности релаксированного блока ~ 5.2 эВ близка к значению 5.55 эВ, которое было получено в [3] без учета многочастичных взаимодействий, с помощью парного потенциала Морзе.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова [4].

1. X.W. Zhou, R.A. Johnson, H.N.G. Wadley. *Phys. Rev. B*. 2004. V. 69, no. 14. 144113.
2. R. Fletcher, C.M. Reeves. *The Computer Journal*. 1964. V. 7, no. 2. P. 149-154.
3. D.P. Jackson. *Radiation Effects*. 1973. V. 18, no. 3-4. P. 185-189.
4. V.I. Voevodin et al. *Supercomputing Frontiers and Innovations*. 2019. V.6, no. 2. P. 4-11.

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ РЗЭ НА ОСНОВЕ ФОСФАБЕТАИНОВ

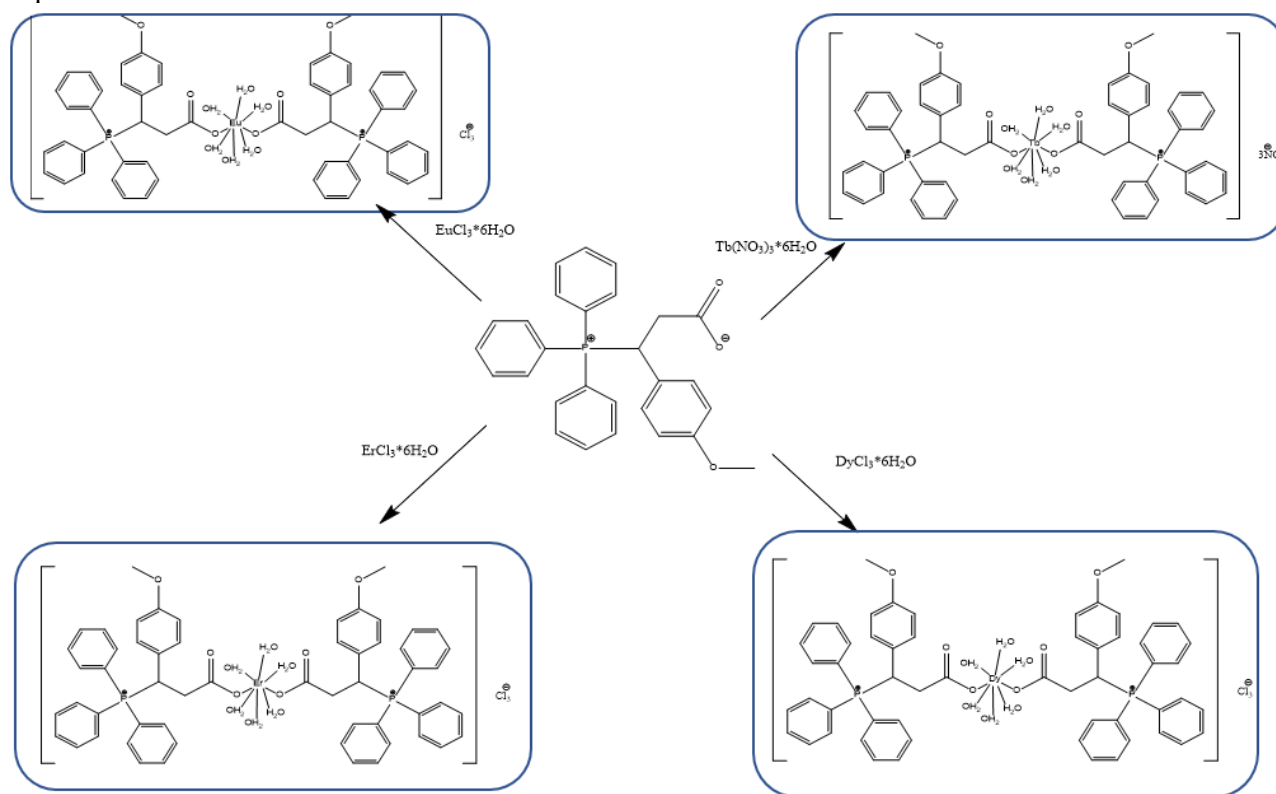
М.А. Мухомедзянов, С.Р. Романов, Ю.В. Бахтиярова, И.В. Галкина

Химический институт им. А.М. Бутлерова Казанского (Приволжского) федерального университета, Казань, Россия

MAMukhomedzyanov@stud.kpfu.ru

Люминесценция лантаноидов проложила путь для многих из этих изобретений — от освещения и дисплеев до медицинских достижений и телекоммуникаций. [1]. Поиск новых комплексов РЗЭ (III) с органическими лигандами, обладающих высоким квантовым выходом люминесценции, а также создание эффективных OLED на их основе, является перспективным направлением исследования.

В связи с этим, разработка новых методов синтеза таких соединений является актуальной задачей. Разработан удобный и эффективный подход к синтезу комплексных солей на основе фосфабетаинов.



1. Gabriella Tessitore, Gabrielle A. Mandl, Steven L. Maurizio, Mannu Kaur and John A. Capobianco *RSC Adv.*, 2023, **13**, 17787-17811.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ И КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

П.С. Мышкевич, А.В. Дылевский

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

p.myshkevich@mail.ru

Цинковые покрытия широко применяются для антикоррозионной защиты стальных конструкций. Введение дополнительных легирующих компонентов в термодиффузионные цинковые слои позволяет существенно улучшить механические свойства и коррозионную стойкость за счёт твердо-растворного упрочнения, образования диффузионно-защитных фаз и модификации структуры покрытия.

Введение в термодиффузионные цинковые покрытия легирующих добавок Al, Cu, Ni и Co обеспечивает заметное повышение коррозионной стойкости и улучшение механических параметров покрытий, в частности их износостойкости и сопротивления эксплуатационным нагрузкам. Влияние Cr и Ti также положительно сказывается на защитных свойствах, однако по величине эффекта они уступают алюминию и меди. Добавление никеля в термодиффузионные цинковые покрытия, как правило, обеспечивает повышение коррозионной стойкости, микротвердости, износостойкости и декоративных характеристик. Никель может находиться в покрытии в виде твердого раствора в цинке, в составе интерметаллических соединений (например, NiZn_3 , NiZn_4 , $\text{Ni}_5\text{Zn}_{21}$) либо как отдельные фазовые включения.

Введение кобальта в цинковое покрытие способствует формированию более гладкой и глянцевой поверхности. Этот эффект обусловлен уменьшением среднего размера кристаллитов и выравниванием морфологии покрытия за счёт адсорбции ионов кобальта на растущих зернах цинка, что сдерживает неравномерный рост кристаллитов и способствует более однородному осаждению. Присадка кобальта также усиливает пассивирующие свойства покрытия и повышает его стойкость к образованию белой ржавчины, улучшая равномерность распределения слоя по поверхности изделия.

Оптимизация состава насыщающей смеси и режимов химико-термической обработки представляет собой многофакторную задачу, требующую учёта технологических, физико-химических и эксплуатационных параметров.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЛЕГИРОВАНИЯ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА ОДНОРОДНОСТЬ СТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ СОРТОВОГО ПРОКАТА В БУХТАХ

П.С. Мышкевич, В.Г. Дашкевич, А.В. Дылевский, В.И. Лепеш

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

p.myshkevich@mail.ru

Однородность структуры и технологическая стабильность сортового проката, поставляемого в бухтах, являются критически важными факторами, определяющими его пригодность для дальнейшей обработки (волочение, ковка, штамповка) и эксплуатационные характеристики готовых изделий.

Состав легирования оказывает значительное влияние на фазовый состав, кинетику фазовых превращений и тенденцию к сегрегации элементов в стали. Оптимизация легирования, подразумевающая точный подбор и контроль содержания легирующих элементов (Mn, Cr, Si, V, Nb, Ti), позволяет целенаправленно формировать структуру, устойчивую к распаду аустенита и обладающую высокой изотропностью механических свойств. В частности, микролегирование элементами, образующими дисперсные карбиды и нитриды, способствует измельчению зерна и повышению прочности без существенного снижения пластичности.

Влияние термомеханических режимов горячей прокатки, таких как температура нагрева заготовки, степень деформации, скорость охлаждения после прокатки и температура смотки в бухту, на однородность структуры реализуется через контроль степени рекристаллизации аустенита, формирования текстуры и дисперсности карбидных фаз.

Таким образом, достижение однородной структуры и высокой технологической стабильности сортового проката в бухтах требует комплексного подхода, включающего оптимизацию состава легирования стали и тщательный контроль параметров термомеханических режимов горячей прокатки. Исследования, направленные на выявление оптимальных комбинаций состава легирования и режимов ТМО, являются актуальными для повышения качества и конкурентоспособности сортового проката.

Работа выполнена в рамках договора ГНТП № ТМ 1.65 от 20.06.2025 г.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Е.Д. Назаретова, З.А. Рехман, Е.Р. Шуман, А.А. Пенкина

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

ekaterina.nazaretova@mail.ru

Среди металлических наноразмерных материалов наночастицы серебра обладают самой выраженной антибактериальной активностью. Наноразмерная форма серебра подразумевает большую площадь поверхности для взаимодействия с бактериями, при этом наночастицы прикрепляются к клеточной мембране и проникают внутрь бактерии [1]. В медицине используются наночастицы серебра с различными физико-химическими характеристиками. Наиболее важными свойствами наночастиц серебра, влияющими на антимикробную активность, является морфология, размер и поверхностный заряд [2].

Целью данной работы является синтез наночастиц серебра, стабилизированных стеариновой кислотой, а также исследование размера и поверхностного заряда полученных частиц.

Синтез наночастиц серебра проводили методом химического восстановления в среде изопропилового спирта. В качестве прекурсора был использован нитрат серебра, а в качестве восстановителя – боргидрид натрия. Стеариновая кислота выступала в роли стабилизатора. К охлажденному до 15 °С раствору нитрата серебра концентрацией 4,4 мМ приливали раствор стеариновой кислоты концентрацией 0,06 М, затем при перемешивании 750 об/мин медленно по каплям приливали раствор 7,5 мМ боргидрида натрия. Растворы смешивали в соотношении 1 : 1 : 1. Полученный образец исследовали методами динамического рассеивания света и акустической электронной спектроскопии при помощи универсального анализатора размера частиц BENANO 180 Zeta Pro. В результате измерений было установлено, что средний гидродинамический радиус частиц составляет 29 нм, а дзета-потенциал частиц составляет -1,02 мВ.

1. Abbas R. et al. Silver nanoparticles: Synthesis, structure, properties and applications //Nanomaterials. – 2024. – Т. 14. – №. 17. – С. 1425.
2. Pathania A. R. et al. An overview of synthesis and applications of silver nano-particles //Materials Today: Proceedings. – 2023.

ГЕТЕРОСТРУКТУРА g-C₃N₄/BP/Co₂P КАК ФОТОКАТАЛИЗАТОР ДЛЯ РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА

М.М. Никитин^a, Айдар М. Кучкаев^{a,b}, Айрат М. Кучкаев^{a,b}, А.В. Сухов^{a,b},
Е.А. Козлова^c, О.Г. Синяшин^b, Д.Г. Яхваров^{a,b}

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ «КазНЦ РАН», Казань, Россия

^c ФИЦ Институт катализа им. Г.К. Борескова Российской Академии Наук,
Новосибирск, Россия

mikhail.nikitin.2004@mail.ru

В последние десятилетия интенсивно развиваются фотокаталитические системы получения водорода — экологически чистой альтернативы ископаемым энергоносителям. Графитоподобный нитрид углерода (g-C₃N₄) представляет особый интерес для создания фотокатализаторов, активных в видимом свете, благодаря простому синтезу, высокой стабильности и оптимальной ширине запрещенной зоны 2.7 эВ. Однако быстрая рекомбинация фотогенерируемых носителей заряда в чистом g-C₃N₄ приводит к низкой каталитической эффективности. Ее повышения удается достичь путем пространственного разделения зарядов при создании композитов с материалами, имеющими различную зонную структуру, такими как малослойный черный фосфор (МЧФ) [1]. Дополнительное декорирование МЧФ наночастицами фосфидов переходных металлов формирует новые активные центры для каталитических превращений.

В рамках исследования разработан метод синтеза трехкомпонентного нанокompозита g-C₃N₄/МЧФ/Co₂P, где МЧФ модифицирован наночастицами фосфида кобальта. Проведенная комплексная характеристика материала современными физико-химическими методами подтвердила его структуру. Испытания фотокаталитической активности в реакции выделения водорода при излучении 400 нм выявили, что эффективность полученного нанокompозита g-C₃N₄/МЧФ/Co₂P, в 25 раз превышает показатели чистого g-C₃N₄ [2].

1. Kuchkaev A.M., Lavate S., Kuchkaev A.M., Sukhov A. V., Srivastava R., Yakhvarov D.G. // Energy Technology. 2021. V. 9. P. 2100581.
2. Kuchkaev A.M., Zhurenok A.V., Kuchkaev A.M., Sukhov A.V., Kashansky V.S., Nikitin M.M., ... & Yakhvarov D. G. // Kinetics and Catalysis. 2024. V. 65. №. 5. P. 579.

СИНТЕЗ НОВЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ФРАГМЕНТЫ 2(5H)-ФУРАНОНА И ФТОРХИНОЛОНА

Ю.В. Новикова, Я.А. Якимова, Л.З. Латыпова, А.Р. Курбангалиева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

yuliya.jily.novikova@gmail.com

Одной из важнейших проблем здравоохранения во всем мире является проблема распространения и эволюции резистентности микробов к противомикробным препаратам. В рамках поиска новых антибактериальных средств перспективным подходом является химическая модификация существующих антибиотиков. На сегодняшний день фторхинолоны относятся к одним из наиболее эффективных классов антимикробных препаратов [1]. Несмотря на множество известных производных фторхинолонового ряда, соединения, сочетающие фрагменты фторхинолона и ненасыщенного γ -лактона, остаются малоизученными. 2(5H)-Фураноны обладают высокой реакционной способностью и демонстрируют широкий спектр биологического действия, что делает их привлекательными объектами в создании новых потенциальных терапевтических агентов. Данная работа посвящена разработке методов синтеза гетероциклических систем на основе фторхинолона и 2(5H)-фуранона.

Исходными соединениями в синтезе целевых гетероциклов явились 5-алкокси-2(5H)-фураноны, которые получали в условиях кислотного катализа из коммерчески доступного 5-гидрокси-3,4-дихлор-2(5H)-фуранона и спиртов различного строения. На следующем этапе в 4 положение лактонного цикла были введены фрагменты ципрофлоксацина и норфлоксацина. Реакции 5-алкокси-3,4-дихлорфуранонов с фторхинолонами проводили в ДМФА при температуре 80 °C в присутствии гидрокарбоната натрия. В результате получена серия новых гетероциклических систем, несущих фрагменты фторхинолона и 2(5H)-фуранона. Строение всех синтезированных соединений доказано методами спектроскопии ИК, одномерной и двумерной спектроскопии ЯМР, состав подтвержден методом масс-спектрометрии высокого разрешения.

1. Rodrigues C.F., Silva F. The rise, fall, and rethink of (fluoro)quinolones: A quick rundown // Pathogens. – 2025. – V. 14, № 6. – Article № 525.

АМФИФИЛЬНЫЕ ДЕНДРИМЕРЫ НА ПЛАТФОРМЕ КАЛИКС[4]АРЕНА С РАЗЛИЧНОЙ ПЕРИФИРИЕЙ: СИНТЕЗ, АГРЕГАЦИЯ, СОРБЦИЯ И КАТАЛИЗ РЕАКЦИЙ КРОСС-СОЧЕТАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ

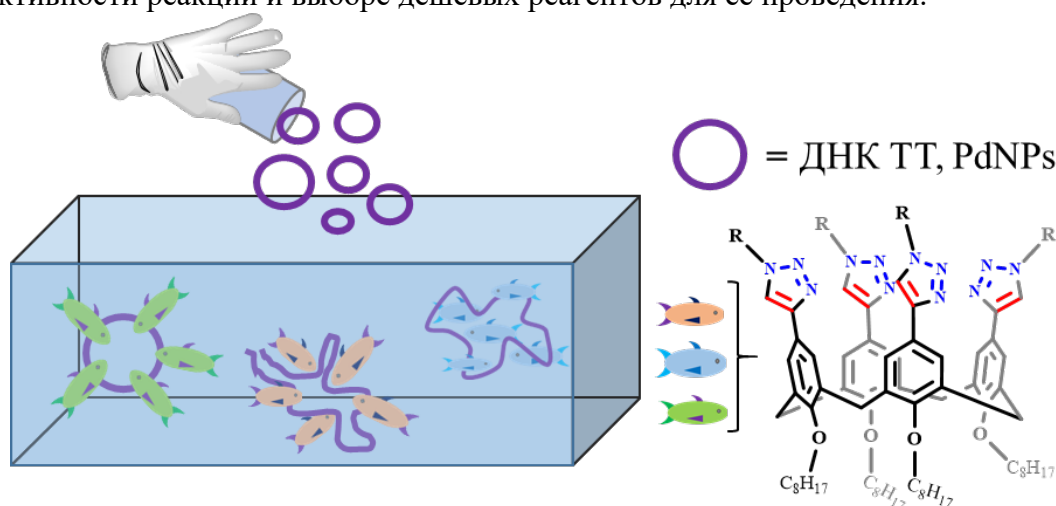
Е.А. Очереднюк, Э.Д. Султанова, В.А. Бурилов, И.С. Антипин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", Казань, Россия

ocherednuk@gmail.com

Дендримеры широко используются для синтеза гибридных органо-неорганических систем, которые могут быть использованы как для катализа, так и для производства функциональных оптических материалов, в том числе с сенсорными функциями. В последнее десятилетие большое внимание привлекают амфифильные дендримеры – широкий ряд дендримеров асимметричной структуры. Такие структуры обладают способностью к самосборке с образованием различных наноструктур, включая как обычные мицеллы, так и липосомоподобные дендримерсомы. Уникальная химия каликс[4]аренов сделала их удобной платформой для использования как в качестве ядра дендримера, так и в качестве дендронов.

Получение разветвлённых структур с использованием реакции азид-алкинового циклоприсоединения упрощает и ускоряет синтез целевых дендримеров различных генераций за счёт селективности реакции и выборе дешёвых реагентов для её проведения.



Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 22-13-00304-П

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БРОМУКСУСНЫХ КИСЛОТ С ТИОМОЧЕВИНОЙ

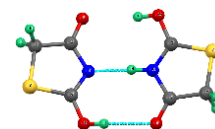
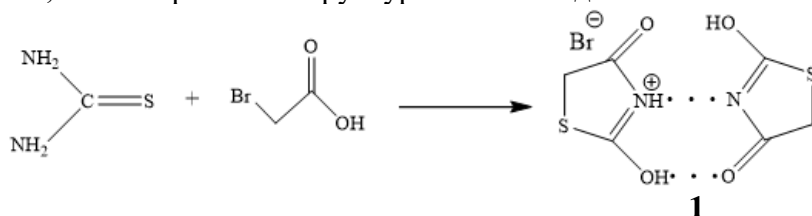
Х. Пак, С.Р. Романов, И.В. Галкина, Ю.В. Бахтиярова

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

gheejin7@mail.ru

Алкилирование тиомочевин галогенуксусными кислотами изучается более 150 лет [1]. В разных работах в различных условиях авторы синтезировали, выделяли и описывали разные продукты реакции. В качестве продуктов реакции в зависимости от условий (температура и растворитель) могут быть получены следующие соединения: изотиуреный соль, 2,4-тиазолидиндион, и 2-иминотиазолидин-4-он.

Нами было обнаружено, что если проводить реакцию между тиомочевинной и бромуксусной кислотой в воде или спирте, при нагревании и без, то преимущественно образуется устойчивой сложное соединение **1**, которое представляет собой солевую структуру из двух циклов, связанных двумя водородными связями. Ранее подобное соединение в литературе не описывалось. Структура соединения была подтверждена спектральными методами: ИК, ЯМР ^1H и ^{13}C , а также рентгеноструктурными исследованиями.

Рисунок 1. Молекулярная структура соли **1**

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

1. Андреева В.В., Смирнова Д.А., Рамш С.М. Алкилирование тиомочевин галогенуксусными кислотами. Часть 1. Алкилирование тиомочевин монохлоруксусной кислотой: что известно и что не известно после 150 лет изучения реакции (мини-обзор) // Химия и Химическая технология. Органический синтез и биотехнология. Известия СПбГТИ(ТУ). — 2024. — № 70(96). — С. 42–52.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЭМУЛЬСИИ ВИТАМИНА D₃ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛЮБИЛИЗАТОРОВ ТВИНА 80 И КОКАМИДОПРОПИЛБЕТАИНА

А.А. Пенкина, Е.Д. Назаретова, З.А. Рехман, А.В. Самоволов

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

penkina.arina@list.ru

Витамин D₃, являющийся одновременно и витамином, и прогормоном, оказывает большое влияние на состояние кожи и волос, благодаря своим противовоспалительным и иммуномодулирующим свойствам, а также регулированию дифференцировки и пролиферации кератиноцитов [1]. Витамин D₃ в наноразмерной эмульсионной форме лучше преодолевает кожный роговой барьер и воздействует непосредственно на волосные фолликулы [2].

Целью работы является синтез наноэмульсии витамина D₃ при помощи солубилизаторов Твина 80 и Кокаמידопропилбетаина.

Синтез наноэмульсии витамина D₃ проводили с предварительной подготовкой водной и масляной фазы. Готовили 20% раствор кокаמידопропилбетаина в воде, нагревали до 60 °С при постоянном перемешивании 1000 об/мин. Отдельно готовили смесь 1% витамина D₃ и 15 % твина 80, также нагревали до 60 °С для улучшения смешиваемости фаз. Затем при данной температуре и перемешивании 1000 об/мин медленно по каплям добавляли масляную фазу в водную на протяжении 30 мин. Далее образец обрабатывали ультразвуком при 22 кГц на протяжении 10 мин. Полученную наноэмульсию витамина D₃ исследовали методом динамического рассеивания света на универсальном анализаторе размера частиц BENANO 180 Zeta Pro. В результате исследования было обнаружено, что средний гидродинамический радиус капель дисперсной фазы составляет 96 нм.

1. Saini K., Mysore V. Role of vitamin D in hair loss: A short review //Journal of cosmetic dermatology. – 2021. – Т. 20. – №. 11. – С. 3407-3414.
2. Ashaolu T. J. Nanoemulsions for health, food, and cosmetics: a review //Environmental Chemistry Letters. – 2021. – Т. 19. – №. 4. – С. 3381-3395.

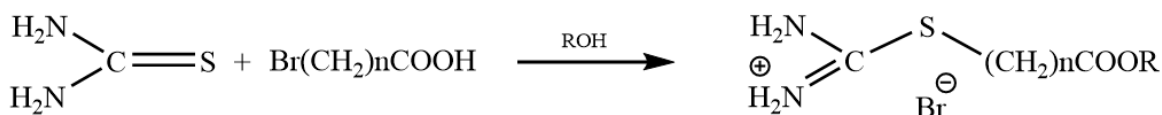
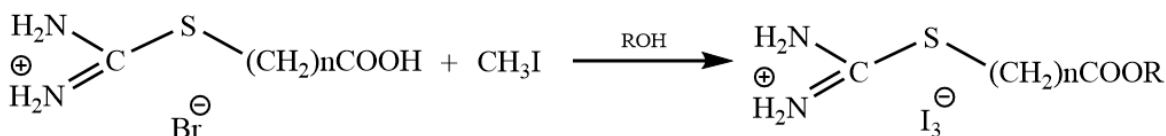
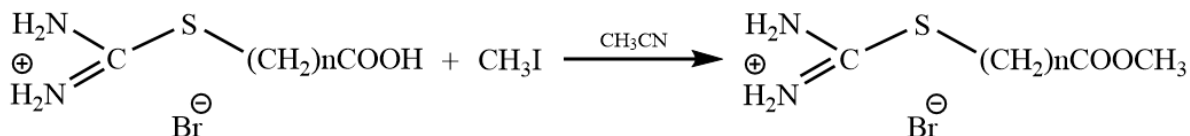
СИНТЕЗ ИЗОТИУРОНИЕВЫХ СОЛЕЙ СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНОЭФИРНУЮ ГРУППУ

А.Н. Пиляева, Х. Пак, С.Р. Романов, И.В. Галкина, Ю.В. Бахтиярова

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

a.pilyaevaa04@mail.ru

Сложные эфиры изотиурониевых солей могут быть получены несколькими способами:



На процесс протекания реакций и образования конечного сложного эфира влияет выбор растворителя. Если реакцию алкилирования изотиурониевых солей проводить в спиртовой среде, то конечный продукт содержит в качестве сложноэфирной группы, радикал от спирта, а не от галоидного алкила.

Разработанные методики позволяют целенаправленно синтезировать широкий спектр функционализированных изотиурониевых солей, варьируя лишь природу растворителя, что открывает перспективы для их дальнейшего изучения в качестве биологически активных соединений или лигандов в координационной химии.

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

СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ ГЕТЕРО- И МАКРОЦИКЛЫ НА ОСНОВЕ 2(5*H*)-ФУРАНОНА: СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ

Э.С. Раббаниева^а, Г.Р. Тимербаева^а, Д.П. Герасимова^б, А.М. Хабибрахманова^а,
М.А. Чембулатова^а, О.А. Лодочникова^б, А.Р. Курбангалиева^а

^а Казанский федеральный университет, Казань, Россия

^б Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН,
Казань, Россия

EnSRabbanieva@kpfu.ru

Серосодержащие гетероциклические соединения широко представлены в фармакологически активных веществах, функциональных материалах и лигандах для координационной химии. Целью данного исследования явилась разработка методов получения на основе 3,4-дихлор-2(5*H*)-фуранона новых хиральных конденсированных би- и трициклических соединений и оксатиамакроциклов, а также использование их в реакциях окисления до соответствующих сульфинильных производных.

В роли исходных соединений выступили 5-замещенные-2(5*H*)-фураноны, которые получали в реакциях мукохлорной кислоты с *l*-ментолом или *l*-борнеолом. На основе выделенных 5(*S*)-стереоизомеров продуктов и дитиолов получены хиральные *бис*-тиоэфиры, несущие два лактонных цикла. Последние были вовлечены в реакции с дитиолами в ДМФА в присутствии гидроксида калия. В результате выделены новые оптически активные конденсированные би- и трициклы, содержащие фрагменты γ -лактона и сернистого гетероцикла. При действии на дитиопроизводные лактона *m*-хлорнадбензойной кислоты получены оптически активные моносульфоксиды.

Синтезированы новые *бис*-эфиры фуранонового ряда на основе пропан-1,3-диола и диэтиленгликоля. В реакциях *бис*-эфиров с дитиолами в условиях высокого разбавления в ДМФА в присутствии карбоната цезия получены новые макроциклические соединения состава 1+1, которые выделены в стереоизомерно чистом виде. Далее индивидуальные *dl*- и *мезо*-диастереомеры оксатиамакроциклов окислены *m*-хлорнадбензойной кислотой до целевых моно- и дисульфоксидов.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (№ 24-73-00261, <https://rscf.ru/project/24-73-00261/>).

IN SILICO МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ИММОБИЛИЗАЦИИ ЦИСТЕИНОВЫХ ПРОТЕАЗ НА ИОНООБМЕННЫХ ВОЛОКНАХ ФИБАН

Ю.А. Редько^a, М.Г. Холявка^a, Г.В. Медяк^b, М.С. Кондратьев^a, А.А. Швецов^a,
А.А. Шункевич^b, А.П. Поликарпов^b, В.Г. Артюхов^a

^a ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

^b ИФОХ НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

redkoju@yandex.ru

Микробные биопленки, формирующиеся на поверхности кожных повреждений, способствуют как инфицированию ран, так и замедлению процессов их заживления. Устойчивость микроорганизмов, входящих в состав биоплёнок, к различным противомикробным препаратам является одной из причин низкой эффективности лечения. Показано, что цистеиновые протеазы обладают антибактериальной активностью, способны к деструкции микробных биопленок *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*. Однако процессы термической агрегации и автолиза молекул протеаз могут оказывать значительное влияние на их биологическую активность, что уменьшает потенциальные возможности их практического использования. Решить названную проблему возможно путём иммобилизации протеаз на нерастворимых носителях, таких как ионообменные волокна.

Целью работы являлось *in silico* моделирование механизмов иммобилизации протеолитических ферментов на матрице ионообменных волокон ФИБАН. В качестве объектов исследования были выбраны протеолитические ферменты – фицин (КФ 3.4.22.3), бромелин (КФ 3.4.22.32) и папаин (КФ 3.4.22.2) (Sigma), носителями для иммобилизации – ионообменные волокнистые материалы ФИБАН К-1, К-4, Х-1, АК-22, А-1, А-5, А-6, разработанные ИФОХ НАН Беларуси.

Для изучения молекулярных механизмов взаимодействия цистеиновых протеаз с матрицей волокон ФИБАН мы применяли метод молекулярного докинга. Установлено, что образование комплексов молекул ферментов с ионообменными волокнами осуществляется с участием аминокислотных остатков, входящих в состав активного центра: Cys25 и His162 для фицина, Cys26 и His158 для бромелина, Cys25 и His159 для папаина, что оказывает существенное влияние на функциональную активность протеаз.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДИОКСИДА ТИТАНА

И.А. Рябичкова^a, К.К. Волик^b, Е.М. Баян^a

^a *Химический факультет, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

^b *Научно-исследовательский институт интеллектуальных материалов,
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

riabichkova@sfnedu.ru

Материалы диоксида титана (TiO_2) нашли широкое применение в различных областях, таких как оптика, микроэлектроника, фотокатализ за счет своих уникальных физико-химических свойств. TiO_2 существует в нескольких полиморфных модификациях, наиболее распространенными являются анатаз, рутил и брукит. Их кристаллохимические различия влияют на функциональные свойства материала, поэтому важно подбирать условия синтеза, обеспечивающие нужный фазовый состав.

С целью оптимизации способа получения пленок в данной работе изучено влияние температуры синтеза на фазовый состав пленочных материалов TiO_2 , получаемых окислительным пиролизом. При этом варьировалась температура термообработки пленок на стеклянных подложках (200, 400 или 600 °C).

Фазовый анализ проводили методом рентгеновской дифракции осуществлялось на дифрактометре ARL X'TRA с использованием медной рентгеновской трубки (длина волны излучения 1.5406 Å). При 200 °C пленки не содержат кристаллических фаз. Фазовый состав материалов, синтезированных при 400 или 600 °C, представлен смесью анатаза и рутила. Видно, что в материале, подвергшемся термической обработке при 400 °C, степень кристалличности очень мала. Таким образом, данная температура мала для формирования кристаллической структуры пленки в полной мере. При повышении температуры до 600 °C интенсивность рефлексов на дифрактограмме увеличивается, степень кристалличности также возрастает, доля аморфной фазы уменьшается. Также установлено, что при повышении температуры увеличивается доля рутила. Для пленочного материала, прокаленного при 600 °C были рассчитаны размеры частиц с использованием уравнения Шеррера. Расчет проводили по наиболее интенсивным трем пикам рутила. Установили, что средние размеры кристаллитов равны 26 ± 4 нм.

Таким образом, при температуре 600 °C были сформированы пленочные материалы диоксида титана, состоящие из нанокристаллитов анатаза и рутила.

СИНТЕЗ НОВЫХ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ СОЛЕЙ АММОНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ БЕНЗИЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ У АТОМА АЗОТА

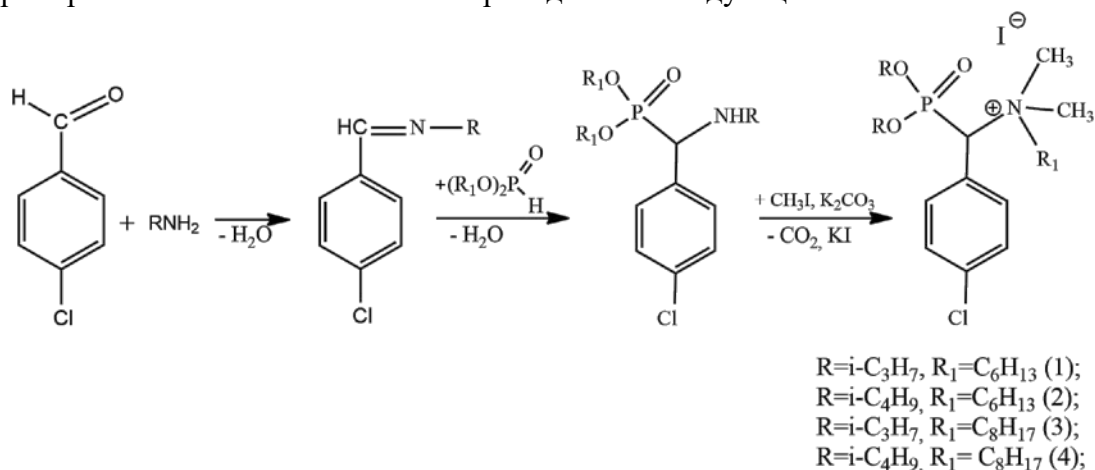
А.М. Сагирова, Р.Р. Давлетшин, Н.В. Давлетшина

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

s.adilya284@gmail.com

В настоящее время четвертичные аммониевые соединения (ЧАС) активно используются в качестве эффективных противомикробных средств. Однако, адаптация микроорганизмов к существующим ЧАС, делает необходимым разработку новых соединений с улучшенными терапевтическими и экологическими свойствами.

На основе реакции Пудовика нами разработана методика синтеза новых фосфорилированных ЧАС **1-4**. Синтезы проводили по следующей схеме:



Синтез О,О'-диалкил-*N,N*-диметиламинометилфосфонатов проводили при 70 °С в течение 5 часов, затем при их взаимодействии с избытком метилиодида в присутствии карбоната калия были получены фосфорилированные ЧАС **1-4**. Реакцию проводили при комнатной температуре в течение двух дней. Продукты синтеза выделены и охарактеризованы физическими методами исследования: ЯМР и ИК спектроскопией, а также масс-спектрометрией.

Согласно предварительным данным все полученные соединения практически не активны в отношении грамотрицательных микроорганизмов *E.coli* и *Ps. aeruginosa*.

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

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ АГГРЕГАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕТАИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ, СОДЕРЖАЩИХ ГЕРАНИОЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

В.А. Сазонова, 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

lerasazonova548@gmail.com

Последнее время все большую популярность набирают цвиттерионные поверхностно-активные вещества (ПАВ), в частности бетаиновые структуры. Бетаиновые амфифилы демонстрируют значительную биологическую активность в отношении бактерий и грибов [1]. Цвиттерионные соединения, благодаря своей избирательной ионизации, сохраняют свою структуру и физические свойства в широком диапазоне pH.

ПАВ на растительной основе более чем на 80% поглощают свободные радикалы и проявляют потенциальную антиоксидантную активность. Такой же хорошей антиоксидантной активностью обладают некоторые природные соединения, например терпены и терпеноиды. Функционализированные терпеноиды обладают широким спектром свойств, таких как низкая токсичность, биоразлагаемость, биосовместимость и природная доступность [2].

Идея объединения терпеновых фрагментов с бетаиновой структурой открывает новые возможности для разработки функциональных молекул с улучшенными свойствами. Такие гибридные структуры могут сочетать в себе высокую биологическую активность терпенов и, а также неплохую водорастворимость за счёт наличия бетаинового фрагмента.

В данной работе была разработана оригинальная методика получения бетаинов, содержащих терпеновый фрагмент. Состав и строение полученных соединений были подтверждены методами спектроскопии ЯМР ¹H и ИК-спектроскопией. Методом динамического рассеяния света была оценена способность полученных соединений образовывать самоассоциаты путём самосборки в водных растворах. Методом турбидиметрии было изучено взаимодействие полученных веществ с модельной фосфолипидной мембраной при физиологическом pH 7.4.

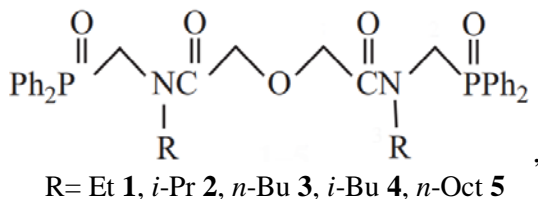
1. S. M. Singh, K. Parihar, R. Kumar, D. S. Bhagat, S. S. Sonone, G. K. Singh, V. Nagar, G. Awasth, C. S. Yadav *Biointerface Res. Appl. Chem.* 2022. V. 13. I. 2. Art. Num. 114.
2. S. P. Prabha, C. Karthik, S. H. Chandrika *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 2019. V. 17. P. 736–742.

ПОЛЯРНОСТЬ ДИАМИДОВ ДИГЛИКОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ В РАСТВОРЕ

Г.Р. Салимова^a, А.А. Кузнецова^a, Н.А. Бондаренко^b, Я.А. Верещагина^a^a Химический институт имени А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия^b Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

salimowa2004@mail.ru

Амиды дигликолевой кислоты – уникальные комплексообразователи, широко применяемые для разделения и извлечения d- и f-элементов. Введение в молекулу фосфорильных групп направлено на увеличение экстракционной емкости [1].



Экспериментально определены полярности бис(*N*-алкил-*N*-дифенилфосфинилметил)амидов **1-5** и модельного соединения *N,N,N',N'*-тетрабутилдиамида **6** дигликолевой кислоты в растворе диоксана (для **1**) и бензола (для **2-6**) с использованием второго метода Дебая (табл. 1). Дипольные моменты были рассчитаны по формуле Дебая, ориентационные поляризации – по формуле Гуггенгейма–Смита.

Таблица 1. Коэффициенты расчетных уравнений, ориентационные поляризации и экспериментальные дипольные моменты соединений **1-6**

	α	γ	$P_{ор}, \text{см}^3$	$\mu, \text{Д}$
1	8.637	0.403	836.831	6.41
2	6.840	0.230	802.202	6.27
3	5.246	0.198	642.486	5.62
4	6.774	0.234	828.210	6.37
5	4.812	0.187	683.508	5.79
6	6.570	-0.099	447.833	4.69

Экспериментальные значения дипольных моментов **1-5** согласуются с известными данными для соединений четырехкоординированного фосфора, содержащих фосфорильные, карбонильные и эфирные группы. Значительный вклад в дипольный момент соединений вносят именно фосфорильные группы, значение дипольного момента соединения **6** существенно ниже.

1. Артюшин О. И. Бис(*N*-алкил-*N*-дифенилфосфинилметил)амиды дигликолевой кислоты: синтез и данные спектроскопии ЯМР ¹H, ¹³C, ³¹P / О.И. Артюшин, Е.В. Шарова, К.В. Царькова, А.С. Перегудов, Н.А. Бондаренко – Журн. общ. химии. - 2024. – Т. 94, № 7 - С. 823–835.

ВЛИЯНИЕ МЕЖСЛОЙНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА СПИНОВЫЕ ВОЛНЫ

А.И. Самигуллина, И.Ф. Шарафуллин

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

angelasamig2002@gmail.com

Современные исследования в спинтронике и магнотронике направлены не только на наблюдение спиновой динамики, но и на её активное управление, особенно в низкоразмерных системах, где доминирующую роль играют интерфейсные эффекты. Тонкоплёночные магнитные гетероструктуры создают уникальные условия для инженерного конструирования спиновой динамики. В таких системах даже незначительные изменения способны существенно модифицировать магнитные спектры, что открывает возможности для разработки функциональных материалов.

В настоящей работе с использованием квантово-статистических методов исследуется влияние межслойного взаимодействия и постоянного внешнего магнитного поля на структуры, проявляющие гелимагнетикоподобное поведение. В качестве модели рассматривается двухслойная пленка, состоящая из магнитного слоя со спинами ($S = 1/2$) и сегнетоэлектрического слоя, описываемого изинговскими переменными поляризации. В ходе исследования были найдены виз закона дисперсии с помощью двухвременных функций Грина с использованием расщепления Боголюбова–Тябликова. Получены спектры спиновых волн и намагниченности в магнитной пленке, симметрия которой – простая кубическая решетка.

При слабом межслойном взаимодействии спектры спиновых волн сохраняли линейный характер, однако с его увеличением волны приобретали закрученную структуру, в спектре возникали дополнительные минимумы, а ширина запрещённой зоны расширялась.

Результаты показывают, что межслойное взаимодействие позволяет эффективно управлять спиновой динамикой в тонкоплёночных гетероструктурах

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

1. F. Sharafullina, D. I. Abdrakhmanov, A. I. Samigullina, A. R. Latypova Effects of the Interlayer Interactions in Frustrated Magnetoelectric Thin Films, Physics of Metals and Metallography, 125, 1894 (2024).

PROBLEMS OF OBSERVATION OF LIQUID ^{129}Xe NMR AT LOW TEMPERATURES

K.O. Sannikov, A.V. Klochkov

Institute of Physics, Kazan Federal University, Kazan, Russia

p8376272@gmail.com

The study of new nanostructured and nanoporous materials require various control and characterization methods. Nuclear magnetic resonance (NMR) porosimetry using inert gases such as Xe and ^3He at low temperatures presents a promising alternative to classical porosimetry techniques. Xenon and ^3He are inert gases, so their use is non-destructive to samples and their surfaces, and these elements are absent in the samples prior to experiment. Among the stable isotopes of xenon, ^{129}Xe is particularly suitable for NMR due to its relatively high natural abundance (26.4%) and a nuclear spin of $I = 1/2$ [1].

While numerous studies have focused on hyperpolarized xenon in various media, investigations using xenon with natural abundance composition and natural polarization in the liquid state near triple point remain limited. The practical implementation of such experiments is challenged by the intrinsic low sensitivity arising from natural abundance of ^{129}Xe and its small gyromagnetic ratio (11.78 MHz/T), especially when employing resistive magnets (up to 1 T). To achieve maximum sensitivity, a low-temperature high-Q NMR probe with the ability to change and adjust the frequency was developed and assembled. Furthermore, the complex phase behavior of Xe presents additional experimental difficulties, maintaining a stable liquid phase during condensation into the NMR cell is non-trivial. To ensure proper condensation and control of the xenon phase transition, heaters were added to the NMR probe: one is wound on the condensation capillary, the other is installed under the experimental cell. Several thermometers (PT1000) are also added to monitor the temperature gradient along the NMR probe. Additional corresponding radio frequency noise is eliminated.

This work reports the problems encountered during the planning and conducting experiments and preliminary results of ^{129}Xe NMR studies in porous media (inverse opal with cavities of about 200 nm was chosen as test sample) in its liquid and solid phases.

This work was financially supported by the subsidy of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation to Kazan Federal University (FZSM-2023-0012).

1. Boventi, M., Mauri, M., Simonutti, R.: Appl. Sci. 12, 3152 (2022)

НОВЫЕ ТРИФЕНИЛФОСФИНИЕВЫЕ КОНЬЮГАТЫ 1,2,3-ТРИАЗОЛОВЫХ АНАЛОГОВ НУКЛЕОЗИДОВ НА ОСНОВЕ N-АЦЕТИЛГЛЮКОЗАМИНА. СИНТЕЗ И ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ

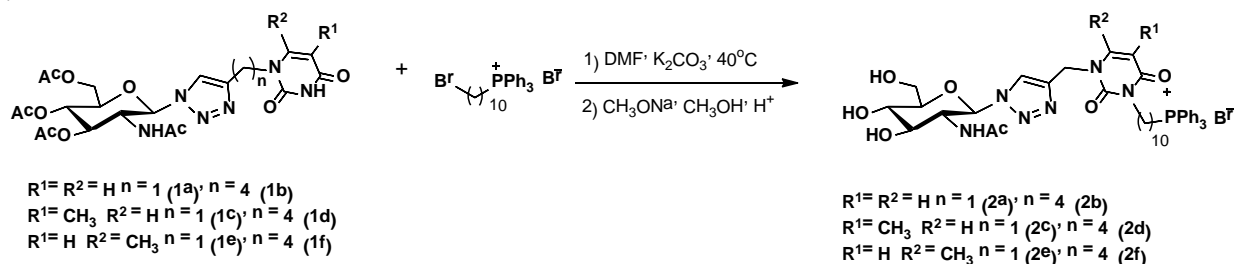
Л.Р. Сафаргалиева^{a,b}, Б.Ф. Гарифуллин^{a,b}, Р.Ф. Азнагулов^b, А.Д. Волошина^b, А.П. Любина^b, М.Г. Беленок^b, О.В. Андреева^b, Л.Ф. Сайфина^b, В.Э. Семенов^b, В.Е. Катаев^b

^a ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

safargalieva.leysan@yandex.ru

Липофильные катионы, такие как катион трифенилфосфония (ТФФ), хорошо известны своей способностью накапливаться в митохондриях раковых клеток [1]. Эту особенность часто используют для усиления цитотоксичности биологически активных соединений путем их конъюгирования с ТФФ катионом. В рамках данного подхода реакцией полученных нами ранее 1,2,3-триазоловых аналогов нуклеозидов на основе N-ацетил-D-глюкозамина [2] с 10-бромдецилтрифенилфосфоний бромидом синтезирована серия неизвестных ранее конъюгатов **2a-f**.



В отличие от исходных аналогов нуклеозидов, их трифенилфосфониевые конъюгаты показали высокую цитотоксичность в отношении раковых клеток MCF-7 ($IC_{50}=1.9-23.7$ мкМ) и РС-3 ($IC_{50}=2.6-19.1$ мкМ).

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Создание научной платформы для направленного молекулярного дизайна и получения биологически активных веществ с целью разработки средств диагностики и лечения заболеваний человека и животных», № темы FMEG-2022-0001, № госрегистрации в ЦИТус: 122011800131-8.

1. Abhishek Pawar et al. Curr Drug Deliv. **2023**; 20(9), 1217–1223.
2. Bulat F. Garifullin et al. Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids, **2021**, 42(9), 743–765.

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГМА-КОМПЛЕКСОВ НИКЕЛЯ В РЕАКЦИИ ГОМОГЕННОЙ ДИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА

М.С. Сафонов^a, А.С. Иванов^{a,b}, М.М. Никитин^a, А.В. Сухов^{a,b}, Д.Г. Яхваров^{a,b}

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

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

maksimka.safonov@gmail.com

Бутен-1 относится к числу наиболее востребованных линейных α -олефинов благодаря широкому применению в производстве полимерных материалов, смазок, пластификаторов и продуктов тонкой органической химии. Из-за столь разностороннего использования мировой спрос на бутен-1, включая российский рынок, стабильно растёт. Одним из основных промышленных методов его получения является гомогенная олигомеризация этилена с участием каталитических систем на основе металлорганических и координационных соединений [1].

При этом существующие промышленные каталитические системы димеризации этилена обладают существенными недостатками: образование побочных продуктов (полимера), высокая чувствительность к примесям в исходных реагентах, следовые количества адсорбированной на стенках реактора влаги и кислорода. Образование полимера в данном случае нежелательно из-за необходимости останавливать производство для удаления полимера из основных технологических узлов. В связи с этим создание новых эффективных и более устойчивых катализаторов для гомогенной димеризации этилена является актуальной задачей промышленной химии.

В данной работе представлены методы синтеза новых комплексов никеля (II) с N,N-лигандами, а также их структурное описание, выполненное с использованием современных физико-химических методов. Полученные комплексы были испытаны в реакции димеризации этилена при разных температурах и давлениях. Каталитические свойства полученных соединений превосходят промышленные аналоги, при этом комплексы сохраняют каталитическую активность даже при температуре 0 °С, что является большой редкостью. Так, минимальная температура активации промышленных катализаторов на десятки градусов выше.

1. Kong F. et al. Ethylene dimerization and oligomerization using bis(phosphino)boryl supported Ni complexes // J. Am. Chem. Soc. 2022. Vol. 145. №. 1. P. 179-193.

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА, АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ И ФИТОТОКСИЧНОСТЬ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ α -ГИДРОКСИФОСФОНАТОВ

А.Н. Седов^a, Р.Р. Давлетшин^a, П.А. Курынцева^b, Н.В. Давлетшина^a,
С.В. Мосунова^a, К.А. Ившин^c

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

^b Институт экологии, биотехнологии и природопользования КФУ, Казань, Россия

^c Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова

ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

sedandrey1998@gmail.com

Среди различных фосфонатов α -гидроксифосфонаты представляют особый интерес благодаря биологической активности, включая гербицидное, противоопухолевое, антибактериальное и противогрибковое действие, что делает их привлекательными для применения в фармацевтической химии [1, 2].

В настоящем исследовании по реакции Абрамова получена широкая серия новых α -гидроксифосфонатов. В качестве карбонильных компонент использовали параформальдегид, п-нитробензальдегид, п-нитроацетофенон, альфа-бромбензальдегид, коричный альдегид, п-бромбензальдегид, п-хлорбензальдегид. Реакцию проводили в мягких условиях без растворителя, в присутствии катализатора фосфата калия, выход продуктов реакции составил 80-95%. Структура соединений была подтверждена комбинацией физических методов.

Все соединения продемонстрировали слабую антибактериальную активность в отношении штаммов *E. Coli* и *Ps. aeruginosa*, и от умеренной до очень высокой в отношении *B. Cereus* и *S. Aureus*. Для соединений на основе α -бромкоричного альдегида установлена высокая противогрибковая активность в отношении *Candida spp.* Установлено, что данные соединения не проявляют или проявляют слабые фитотоксические свойства.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-23-00328, <https://rscf.ru/project/24-23-00328/>

1. Park J., Pandya V.R., Ezekiel S.J., Berghuis A.M.J., *Front. Chem.*, **2021**, 8, 1233.
2. Kaboudin B., Daliri P., Faghieh S., Esfandiari H., *Front. Chem.*, **2022**, 10, 890696.

ДИПОЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ 1,2,5-ТРИЗАМЕЩЕННЫХ-3H-ПИРРОЛ-3-СЕЛОНОВ В РАСТВОРЕ

Д.Д. Семкина^a, А.А. Кузнецова^a, П.А. Волков^b, Я.А. Верещагина^a

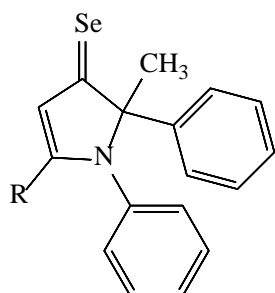
^a Химический институт имени А.М. Бутлерова КФУ, Казань, Россия

^b Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского СО РАН, Иркутск, Россия

semkina.daria.dm@gmail.com

Проблема стабильности связи C=Se относится к числу фундаментальных вопросов в химии селенорганических соединений. Единственным изученным классом соединений с относительно стабильной связью C=Se являются производные 1,3-диазакарбенов (имидазолов и пиримидинов). Имидазолселены обладают уникальными оптоэлектронными и биологическими свойствами, являются мощными антиоксидантами, проявляют глутатионпероксидазную активность. Были синтезированы новые стабильные 1,2,5-тризамещенные-3H-пиррол-3-селоны, вызывающие особый интерес благодаря наличию пиррольного центра, который считается ключевым структурным элементом многих биомолекул (хлорофилл, гемоглобин, витамин B12, алкалоиды) [1].

Впервые определены дипольные моменты соединений **1-3** в бензоле с помощью второго метода Дебая (табл. 1).



R = фенил **1**, фурил **2**,
тиенил **3**

Таблица 1. Параметры уравнений для определения экспериментального дипольного момента

Соединение	α	γ	$P_{ор.}$	μ , Д
1	10.158	0.708	690.540	5.82
2	14.769	0.811	998.741	7.00
3	14.352	1.016	992.051	6.98

Соединения **1-3** обладают рекордно высокой полярностью, что связано с переносом заряда через систему сопряжения. Замена фенильного заместителя на тиенильный или фурильный приводит к увеличению дипольного момента молекулы. Такая тенденция может быть объяснена тем, что наличие гетероатомов в заместителях в соединениях **2**, **3** и асимметрия этих заместителей, по сравнению с фенильной группой в **1**, способствуют более значительному перераспределению электронной плотности.

1. P. Volkov, K. Khrapova, A. Telezhkin, E. Vyi, A. Trofimov, I. Bidusenko, A. Albanov, A. Belogolova, B. Trofimov. Org. Biomol. Chem., 2025, 23, 4702-4709.

MEMBRANE EXTRACTION OF RARE EARTH METALS WITH SALTS ALKOXYPHOSPHORYLMETHANE(DIOCTYLALKYLAMMONIUM)

T.T. Senchenko, N.V. Davletshina, A.M. Khakimzyanova, E.A. Ermakova,
D.R. Dolgova, R.R. Davletshin

A.M. Butlerov Institute of Chemistry, Kazan Federal University, Kazan, Russia

ttsenchenko@kpfu.ru

The membrane separation technology for rare earth elements (REE) is currently considered a sustainable and easy-to-operate process for extracting valuable metals [1]. This work presents the results of a study on the membrane transport properties of lipophilic salts of alkoxyphosphorylmethane (dioctylalkylammonium) - phosphorylated betaines, with the structures $^-\text{OP}(\text{O})(\text{OC}_6\text{H}_{13})\text{CH}_2\text{N}^+(\text{C}_8\text{H}_{17})_2\text{C}_2\text{H}_5$ – **HexEt**, $^-\text{OP}(\text{O})(\text{OC}_6\text{H}_{13})\text{CH}_2\text{N}^+(\text{C}_8\text{H}_{17})_2\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ – **HexBn** and the control compound trioctylphosphine oxide (TOPO), concerning REE ions (Table 1).

Table 1. Transmembrane flows J_i and ε values

M^{n+}	Flow $J_i \cdot 10^5 \text{ mol}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$					
	HexBn	$\varepsilon_{\text{HexBn}}$	HexEt	$\varepsilon_{\text{HexEt}}$	ТОФО	$\varepsilon_{\text{ТОФО}}$
Na	2.4 ± 0.2	1.2	16.9 ± 3.0	8.5	7.8 ± 2.9	3.9
K	2.5 ± 0.4	2.1	6.3 ± 0.1	5.2	5.1 ± 0.2	4.2
Mg	4.8 ± 0.4	4.8	30.1 ± 3.0	30.1	0.1 ± 0.1	0.1
Ca	8.1 ± 0.4	4.8	27.6 ± 0.1	16.2	1.1 ± 0.04	0.6
Nd	11.45 ± 0.4	9.5	75.1 ± 1.3	62.6	7.8 ± 0.9	6.5
Sm	12.6 ± 3.5	9.7	71.9 ± 0.3	55.3	6.2 ± 1.0	4.8
Gd	14.6 ± 1.2	11.2	106.5 ± 5.6	81.9	6.1 ± 0.9	4.7

According to the obtained data, the HexEt carrier shows high values of the flux enhancement coefficient (ε) for Nd, Sm, and Gd ions, which are more than six times greater than those for the HexBn carrier ($\varepsilon = J_i / J_0$). Both carriers surpass the industrial TOPO in effectiveness. It was shown that for HexBn, the membrane maintains stability for up to four cycles of use.

This work was supported by the Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises (FASIE), Contract No. 19705FY/2025 (internal No. 0110911).

1. Bashiri A. et al., *Membranes*, **2022**, 12, 80-103

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ *L*-ДОФЫ НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА, РУТЕНИЯ И БИНАРНОЙ СИСТЕМЫ ЗОЛОТО-РУТЕНИЙ

С.И. Скороходова, Д.Ю. Хайруллина, Ю.А. Лексина, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

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

sonyayey@gmail.com

L-Дофа (леводопа) представляет собой природный изомер аминокислоты 3,4-дигидроксифенилаланина. *L*-Дофа является фармакологически активным веществом и широко применяется в клинической практике в качестве предшественника дофамина. Для оценки эффективности лечения болезни Паркинсона, коррекции дозировки, мониторинга побочных эффектов и индивидуального подбора терапии необходимо регулярно и точно определять концентрацию *L*-дофы. В последнее время электрохимические методы анализа являются перспективными, поскольку отличаются высокой чувствительностью и селективностью определения.

В настоящей работе определена возможность использования стеклоуглеродного электрода (СУЭ), модифицированного частицами золота (Au-СУЭ), рутения (Ru-СУЭ) и бинарной системы золото-рутений (Au/Ru-СУЭ), и для вольтамперометрического определения *L*-дофы.

В нейтральной среде на немодифицированном СУЭ окисление *L*-дофы происходит необратимо при E_p 0.90 В. Установлено, что при окислении *L*-дофы наибольшей каталитической активностью обладает электрод Au/Ru-СУЭ, на котором наблюдается смещение пика окисления *L*-дофы в катодную область на 600 мВ и увеличение его высоты в 4 раза по сравнению с немодифицированным СУЭ. Линейная зависимость тока пика от концентрации *L*-дофы наблюдается в интервале $5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-3}$ М.

Разработан способ вольтамперометрического определения *L*-дофы на электроде Au/Ru-СУЭ. Правильность методики определена методом введено-найдено. Предложенный способ вольтамперометрического определения *L*-дофы апробирован при анализе некоторых лекарственных средств.

ВОЛЬАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИРОЗИНА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ САМООРГАНИЗУЮЩИМИСЯ МОНОСЛОЯМИ ЦИСТЕИНА И ЧАСТИЦАМИ ПАЛЛАДИЯ

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 – аминокислота, которая в организме человека регулирует выработку нейромедиаторов и гормонов, участвует в синтезе белковых молекул, липидном и углеводном обмене. Нарушение уровня тирозина в организме человека ведет к различным патологиям. 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, модифицированном самоорганизующимися монослоями (СОМС) цистеина и частицами Pd. Для формирования СОМС проводили электрохимическое осаждение цистеина на активированную поверхность стеклоуглеродного электрода, а затем выдерживали полученный электрод в растворе PdCl_2 . На модифицированном электроде в растворе тирозина на вольтамперограмме наблюдается четко выраженный пик при потенциале близком к окислению модификатора, ток которого линейно зависит от его концентрации и контролируется адсорбцией. Линейный сдвиг потенциала пика окисления с увеличением значения pH в сторону отрицательных значений указывает на участие протонов в окислении тирозина. Наклон данной зависимости показал, что число переносимых протонов и электронов равны.

Разработан способ вольтамперометрического определения тирозина на электроде, модифицированном цистеином и частицами Pd. Градуировочная зависимость сигнала от концентрации тирозина в логарифмических координатах линейна в интервале концентраций $1 \times 10^{-8} \div 5 \times 10^{-3}$ М. Каталитический отклик данного электрода отличается высокой стабильностью и воспроизводимостью. Установлена возможность селективного определения тирозина на предложенном электроде в присутствии *l*-дофы и аскорбиновой кислоты. Разность потенциалов пиков окисления аскорбиновой кислоты, *l*-дофы и тирозина составляет 0.22 В и 0.46 В соответственно, что дает возможность совместного определения рассматриваемых соединений.

РОЛЬ КООРДИНАЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИМОДАЛЬНЫХ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ОКСАЛАТ МАРГАНЦА(II) И $[\text{Ru}(\text{dipy})_3]^{2+}$

Д.И. Смекалов^a, О.Д. Бочкова^{a,b}, А.П. Бебякина^a, А.Р. Мустафина^b

^a Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

^b Институт Органической и Физической Химии им. А.И. Арбузова, Казанский Научный Центр, Российская Академия Наук, Казань, Россия

Современные тенденции в разработке новых потенциальных T₁-контрастных агентов заключаются в поиске нанокompозитов, содержащих соединения марганца, обладающих высокими значениями релаксивности, биосовместимостью, необходимым временем циркуляции в организме, отсутствием выхода значительных количеств свободных ионов марганца(II) в окружающую среду.

Сочетание T₁-активных соединений марганца(II) с обладающим люминесцентными свойствами комплексом Ru(II) с дипиридином в матрице наночастицы кремнезема позволяет получить новый бифункциональный наноматериал. Выбор архитектуры наночастицы пал на ядро-оболочка, которая позволяет разделить в пространстве оба активных компонента, минимизируя негативное влияние марганца(II) на люминесцентную активность комплекса рутения(II). Локализация марганца(II) в области поверхности наночастицы позволяет добиться большей T₁-релаксивности ввиду повышения лабильности молекул воды во внутренней координационной сфере иона. Однако получение наночастиц кремнезема, содержащих соединения марганца(II), осложнено окислением соединений марганца(II) до соединений марганца(III) и (IV) в процессе синтеза в щелочной среде. С целью стабилизации марганца в степени окисления +2, включение Mn(II) происходило в присутствии оксалат-иона.

Таким образом, нами были получены бифункциональные наночастицы кремнезема с архитектурой типа ядро-оболочка и с различной морфологией поверхности. Сочетание T₁-активного оксалата марганца(II) с обладающим люминесцентными свойствами комплексом Ru(II) с дипиридином позволило как определить селективность наночастиц к различным клеточным линиям, так и снизить выход обоих компонентов, тем самым минимизировать их токсическое воздействие.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда поддержки молодых ученых имени Геннадия Комиссарова.

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ФОСФОНИЕВЫЕ И АРСОНИЕВЫЕ СОЛИ НА ОСНОВЕ 2-ГИДРОКСИ-1,4 НАФТОКИНОНА: СИНТЕЗ И ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

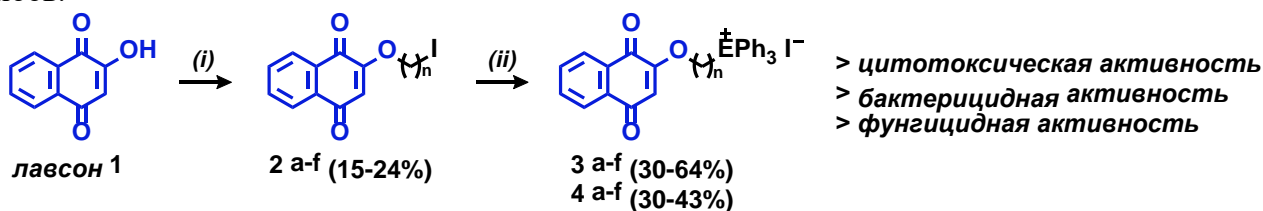
А.М. Смыслова^{a,b}, А.В. Немтарев^{a,b}, В.Ф. Миронов^b

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

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

5-ht2ab@mail.ru

В настоящее время одним из актуальных направлений разработки противораковых препаратов является поиск митохондриально-направленных прооксидантных агентов [1]. Повышение уровня АФК является одним из предполагаемых механизмов цитотоксического действия хинонов [2], вследствие чего интересным направлением исследования представляется конъюгация хинонов с митохондриальными векторами. В данной работе представлен синтез ряда производных 2-гидрокси-1,4-нафтохинона **1** (лавсона), содержащих трифенилфосфониевый **3** или трифениларсониевый **4** векторный фрагмент [1]. Соединения **3a-f** и **4a-f** проявили цитотоксичность в отношении ряда опухолевых клеточных линий на уровне препарата сравнения, а также бактерицидную активность в отношении как грам-положительных, так и грам-отрицательных бактерий, и фунгицидную активность в отношении дрожжеподобных грибов.



> цитотоксическая активность
> бактерицидная активность
> фунгицидная активность

(i) $I(CH_2)_nI$, Ag_2O , CH_3CN , $81^\circ C$, 14 ч;

(ii) PPh_3 (**3**), атМ⁺ Аг, CH_3CN , $120^\circ C$, 7 ч. или $AsPh_3$ (**4**), атМ⁺ Аг, CH_3CN , $120^\circ C$, 30 ч;
 $n = 3$ (**a**), 4 (**b**), 5 (**c**), 6 (**d**), 8 (**e**), 10 (**f**).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидий, выделенных КФУ (FZSM-2023-0018) и ФИЦ КазНЦ РАН на выполнение государственного задания.

1. M. Huang et al. // *Cancer Prev. Res. (Phila.)*, 2021, **14**, 285-306.
2. E. Angulo-Elizari et al. // *Eur. J. Med. Chem.*, 2024, **268**, 116249.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВЁРНУТОГО КЛАССА: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА УРОКАХ ХИМИИ

И.М. Соколова

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

IMSokolova@stud.kpfu.ru

В настоящее время по требованиям Федерального образовательного стандарта (ФГОС) урок химии должен основываться на системно-деятельностном подходе, который предполагает активную деятельность обучающихся на уроке, их вовлечённость в образовательный процесс [3]. Для достижения данной цели учитель может использовать различные современные педагогические технологии. Одной из таких технологий является технология «перевёрнутого класса», предполагающая самостоятельное изучение нового материала обучающимися самостоятельно дома и выполнение практических заданий непосредственно на уроке в качестве закрепления усвоенных знаний [5]. Основными преимуществами данной технологии являются активизация познавательных универсальных учебных действий у обучающихся в процессе самостоятельного изучения материала и его проработки, а также их активная вовлечённость при выполнении практической части урока [3,4,5]. Немаловажным достоинством данной технологии можно считать индивидуальный подход в обучении в виду того, что у ученика есть возможность изучать материал в своём темпе, а также вернуться и пройти повторно его при возникновении определённых сложностей. Ещё одним преимуществом «перевёрнутого класса» является большое количество практики, так как что вся урочная деятельность в данной технологии построена на отработке умений и навыков непосредственно в классе [3]. Из основных недостатков можно выделить необходимость использования средств ИКТ, а также отсутствие коммуникации и диалога учителя и ученика в процессе усвоения нового материала. Это обуславливает невозможность задать волнующий вопрос учителю при возникновении каких-либо сложностей в усвоении материала [1,2]. Безусловно, «перевёрнутый класс» предполагает значительное увеличение объема работы учителя в процессе подготовки урока, подборе необходимого материала и его выгрузке на цифровую платформу, что занимает немалое количество времени [1]. Таким образом, при грамотном использовании данной технологии учителем, можно решить множество образовательных задач и достичь нужных результатов при обучении детей химии [1,2].

1. Гришукова С.В., Жерлицына Ю.В., Гатальский А.С. Выявление одарённых учащихся в общеобразовательных организациях с использованием технологии смешанного обучения «перевёрнутый класс» // VIII Международная научная конференция по междисциплинарным исследованиям: межвуз. сб. науч. тр. – Екатеринбург: Изд-во: ООО «Институт цифровой экономики и права», 2024. – С. 233-239.
2. Гурская А.И. Особенности применения технологии «Flipped Learning» при изучении вопросов неорганической химии в курсе химии 11 класса // Наука – образованию, производству, экономике: сб. науч. тр. – Витебск: Изд-во Витебского государственного университета им. П.М. Машерова, 2025. – С. 476-479.
3. Родичева И.Ю. Образовательная модель «Перевёрнутый класс» как инновационная модель смешанного обучения // Педагогическая наука и современное образование [Электронный ресурс]. - URL.: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=77275256> (дата обращения: 11.11.2025).
4. Ушакова Р.Б. Возможности педагогической технологии «перевёрнутый класс» на уроках иностранного языка: РКИ // Язык и культура: взгляд молодых: сб. науч. тр. – Москва: Изд-во Государственного института русского языка им. А.С. Пушкина, 2023. – С. 759-764.

КОНТРОЛЬ НАД "САМОСБОРКОЙ" НОВЫХ 3D МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПОЛИТРИАЗОЛИЛАМИНОВ.

В.А. Соловьева ^a, И.Д. Шутилов ^{a,b}, А.С. Овсянников ^{a,b}, Л.В. Французова ^b, Д.П. Герасимова ^b,
И.А. Литвинов ^b, С.Е. Соловьева ^b, И.С. Антипин ^a

^a *Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия*

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

svika8300@gmail.com

Производные 1*H*-1,2,3-триазолов, получаемые в ходе реакции медь-катализируемого [3+2]-азид-алкинового циклоприсоединения (CuAAC), благодаря наличию двух донорных N-атомов, являются привлекательными лигандами для получения новых материалов с контролируемыми функциональными свойствами, при их взаимодействии с катионами 3*d*-металлов [1]. Свойства 3*d*-комплексов можно настраивать путём варьирования геометрии расположения и количества связывающих 1,4-дизамещённых-1*H*-1,2,3-триазолильных фрагментов в структуре пространственно предорганизованного хелатного лиганда, а также за счёт рационального выбора природы молекулярной платформы.

Целью данной работы является синтез и установление структуры новых политопных лигандов, содержащих два или три 1,4-дизамещённых 1*H*-1,2,3-триазолильных фрагмента (*бис*- или *трис*-производные, соответственно) на молекулярной платформе ди-/триэтиламина, содержащие -Ph, а-Py, b-Py, пиразолильные и бензотриазолильные ароматические заместителями в C⁴-положении триазолильного кольца. В результате взаимодействия полученных лигандов с катионами 3*d*-металлов были синтезированы новые 0*D*-3*D* координационные полимеры, структура которых установлена с помощью монокристаллического РСА. На основе анализа полученных данных выявлены закономерности образования 0*D*-3*D* координационных соединений в зависимости от типа используемой молекулярной платформы, природы терминальных заместителей и природы катиона 3*d*-элемента.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 22-73-10139-П).

1. C. Moraes, P. de Souza *Inorg. Chim. Acta.* 2019. **489**. 93-99.

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПЕНОМАТЕРИАЛОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

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

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

nstarcev020@gmail.com

В современных высокотехнологичных отраслях, таких как авиастроение, автомобилестроение и производство композитных конструкций, особое внимание уделяется снижению массы изделий при сохранении их прочностных и эксплуатационных характеристик.

В данном исследовании бензоксазин был синтезирован безрастворным методом [1]. Методами ДСК и ТМА установлено, что оптимальные характеристики достигаются при использовании терморасширяющихся микросфер DU638 для эпокси-бензоксазиновых композиций и DU180 для эпоксидных пенопластов.

Разработан одноступенчатый режим получения пенопластов, исключаящий перегрев материала благодаря поглощению тепла в процессе расширения микросфер. Подбор состава проводился с целью согласования температурных режимов вспенивания микросфер и отверждения полимерной матрицы. Получены пеноматериалы с плотностью от 80 до 300 кг/м³ и содержанием микросфер до 40%.

Механические испытания показали, что предел прочности при сжатии варьируется от 0,6 до 6,5 МПа, а модуль упругости от 20 до 245 МПа в зависимости от кратности и концентрации микросфер. Установлено, что при содержании микросфер 25–30% материал демонстрирует высокую прочность и устойчивость к деформациям. Для анализа взаимосвязи структуры и свойств использована модель Гибсона–Эшби, которая подтвердила, что экспериментальные данные соответствуют теоретическим прогнозам.

Пену на основе эпоксibenзоксазинового связующего с антипиреном можно отнести к классу горючести V-0, процесс происходит без каплепадения и с образованием большого коксового остатка, сохраняя внутреннюю структуру материала.

1. Антипин И. С. и др. Безрастворный синтез бензоксазиновых мономеров различного строения и полимеры на их основе // Вестник Технологического Университета. – 2023. – Т. 26. – №. 9. – С. 17-25.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЯ, УСИЛЕННОГО СВЕРХТОНКИМИ АЛМАЗНЫМИ ПЛЕНКАМИ (ДИАМАНОМ): АВ ИНИЦИУ ИССЛЕДОВАНИЕ

Х.С. Степанова^{a,d}, К.В. Ларионов^{b,c}, П.Б. Сорокин^{b,c}

^a *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

^b *Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия*

^c *ФГБНУ Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов, Троицк, Россия*

^d *Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия*

khrris_peace@yahoo.com

В настоящей работе исследовались механические свойства нанокompозита, полученного путем армирования алюминиевой матрицы алмазными нанолентами (рис. 1). Рассмотрен случай равномерного распределения нанолент в матрице Al в предположении, что такая конфигурация приведет к максимальному повышению механических характеристик.

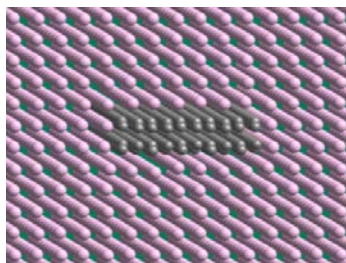


Рисунок 1. Атомная структура композита: атомы алюминия и углерода показаны розовым и серым цветами, соответственно.

Нами была изучена стабильность алмазных нанолент и получены для них значения констант упругости в зависимости от их обратных ширин методом функционала плотности (DFT). После алмазные ленты без атомов Н/Ф были помещены в металлическую матрицу, были изучены стабильность полученного композита, оценены энергии связей и упругие константы тонких алмазных пленок в зависимости от их обратных ширин, а также оценено критическое значение сдвигового напряжения углеродной наноструктуры внутри матрицы. Полученные результаты в сочетании с повышенной жесткостью узких нанолент позволяют предположить, что наноленты алмаза можно рассматривать как перспективные наполнители для композитов с металлической матрицей. Также была проверена гипотеза о существовании структуры алмаза без атомов Н/Ф и вне металлической матрицы. Моделирование показало, что в таком случае структура алмаза переходит в двухслойную графеновую ленту или нанотрубку.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА И ПОЛИКАПРОЛАКТОНА С ХИТОЗАНОМ И ФТАЛИЛСУЛЬФАТИАЗОЛОМ

А.Б. Сунаргулов, Э.Р. Бакирова, Е.И. Кулиш

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

artur.sunargulov.ufa@mail.ru

Современные раневые покрытия должны соответствовать целому ряду требований [1]. В качестве основы для таких материалов могут быть использованы биоразлагаемые и биосовместимые синтетические полиэфиры – полилактид (ПЛ) и поликапролактон (ПКЛ) [2]. Для того, чтобы материал хорошо впитывал раневой экссудат необходимо добавлять сорбирующие агенты, например, хитозан (ХТЗ). Для предотвращения развития раневых инфекций покрытие должно содержать антибактериальные компоненты, в данном исследовании использовался антибиотик сульфаниламидного ряда – фталилсульфатиазол (ФТЛ). Целью данной работы является изучение сорбционных характеристик материалов на основе ПКЛ-ПЛ с ХТЗ и ФТЛ.

Покрытия были получены расплавной технологией на лабораторном пластографе с последующим прессованием на гидравлическом прессе. Опыты по сорбции воды пленками композиций проводили при 100% влажности в термостатируемых условиях ($T=37^{\circ}\text{C}$). Относительное количество воды m , поглощаемое пленочным образцом полимера к моменту времени t , определяли весовым методом, выдерживая пленочные образцы в эксикаторе в парах воды в течение определенного времени.

В ходе исследования установлено, что чем больше ХТЗ находится в композиции ПКЛ-ПЛ-ХТЗ, тем больше композиции сорбируют влагу. Введение ФТЛ до 5.0% практически не сказывается на сорбционной способности изучаемых материалов. Во всех случаях значения равновесной сорбции отклоняются в сторону больших значений.

1. Зорян, Е. В. Современные подходы к лечению хронических ран : учебник / Е. В. Зорян, Н. А. Юшковская. — Москва : Медицина, 2020. — 300 с.
2. Bakirova, E. R. Study of Properties of Polymer Film Materials Based on Polycaprolactone–Chitosan–Ceftriaxone Blends / E. R. Bakirova, A. B. Sunargulov, R. Y. Lazdin [et al.] // Polymer Science. Series A. — 2025. — Vol. 66. — P. 650–654. — DOI: 10.1134/S0965545X25600279.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИПОЛЬНЫХ ХРОМОФОРОВ С КАРБАЗОЛЬНЫМ ДОНОРОМ И ФРАГМЕНТОМ ХИНОКСАЛИНОНА В СОСТАВЕ π -СОПРЯЖЕННОГО МОСТИКА ИЛИ В МАКРОАКЦЕПТОРЕ

А.А. Тазин^{a,b}, Д.Н. Петров^{a,b}, С.М. Шарипова^a, А.А. Валиева^a, А.А. Калинин^a

^a Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

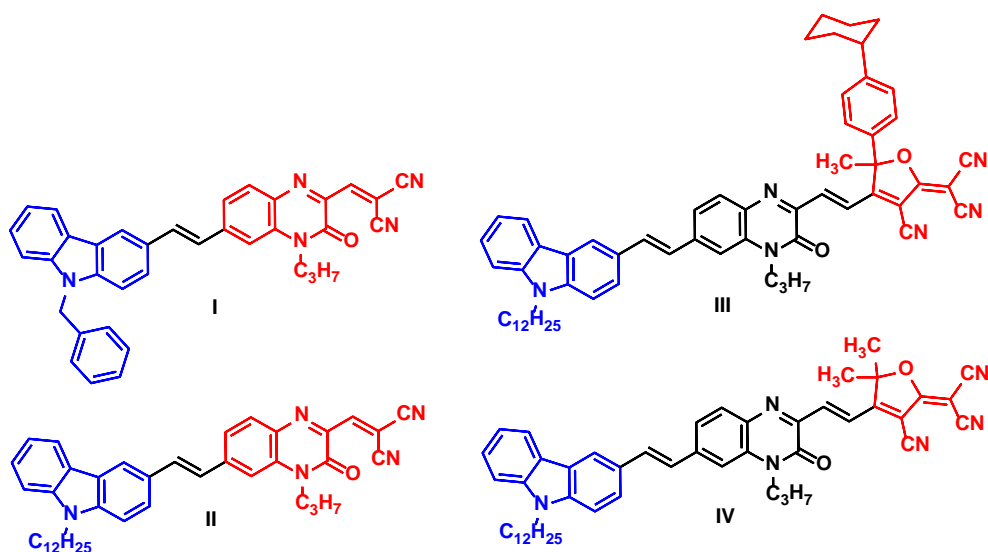
^b Казанский федеральный университет, Казань, Россия

tazinaleksander@yandex.ru

Одним из основных направлений исследований в области материаловедения является создание органических материалов с квадратичной нелинейной восприимчивостью. Подобные материалы могут быть использованы для нужд оптической связи, сверхбыстрой обработки информации, а также компонентов фотоэлектрических систем. Нелинейные свойства данных материалов обусловлены термостойкими, фотохимически стабильными и с большим значением первой гиперполяризуемости дипольными хромофорами, вводимыми в полимерный материал. Дизайн новых D- π -A систем является важной задачей для разработок в этой области.

Красители на основе карбазола являются перспективными кандидатами на данную роль. Карбазольная единица зарекомендовала себя в качестве эффективного электронодонорного строительного блока, допускающего множество аспектов химической функционализации.

В настоящей работе был проведен синтез хромофоров на основе карбазола и хиноксалин-2-она с двумя типами каркасов: D- π -A₁A₂ (I и II) и D- π -A₁- π -A₂ (III и IV).



В работе обсуждается синтез, УФ спектральные особенности данных хромофоров, а также влияние их структуры на величину и долговременную стабильность нелинейного отклика для полимерных материалов, допированных этими хромофорами.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 25-23-00140).

КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ СЕРЫ, ОБРАМЛЁННЫЕ АЗОТ- И СЕРОСОДЕРЖАЩИМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ПИЛЛАР[5]АРЕНА: ОТ СИНТЕЗА К БИМЕДИЦИНСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ

И.В. Танаева, Е.А. Ефремова, Д.Н. Шурпик, О.А. Мостовая, И.И. Стойков

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Tanaeva-Inna@yandex.ru

На сегодняшний день одним из перспективных направлений в нанохимии и нанотехнологиях являются квантовые точки (КТ) серы – нульмерные материалы, обладающие перестраиваемой флуоресценцией (ФЛ) и высокими значениями квантового выхода. Обладая низкой токсичностью по сравнению с традиционными КТ, содержащими тяжёлые металлы, рассматриваемые наноструктуры выгодно выделяются и обладают преимуществом, которое позволит внедрить их в область биомедицинского применения. Нанокристаллы серы уже активно используются в различных областях науки и техники [1]. Однако актуальной задачей является распознавание биологически активных молекул, которая может быть решена введением в структуру КТ серы парациклофанов, способных к взаимодействию «гость-хозяин».

В ходе данной работы были синтезированы новые макроциклические стабилизаторы для КТ серы – деказамещённые пиллар[5]арены (П[5]А), содержащие тиоэфирные фрагменты, амидные- и аминокгруппы. Структуры всех полученных соединений были подтверждены с помощью спектроскопии ЯМР ^1H и $^{13}\text{C}\{\text{H}\}$, ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии и данных элементного анализа. Также был проведён синтез КТ серы в присутствии выбранных макроциклов. При этом некоторые из полученных П[5]А позволили отказаться от традиционно используемого в синтезе КТ серы гидроксида натрия, способствующего растворению серы и формированию наноструктур [1], сократив тем самым количество реагентов. Полученные наноматериалы имеют сферическую форму и средние размеры до 10 нм, что подтверждают данные просвечивающей электронной микроскопии и динамического рассеяния света, а также обладают яркой ФЛ голубого цвета, зафиксированной методом ФЛ-спектроскопии. Методами ФЛ- и УФ-спектроскопии было изучено взаимодействие синтезированных наносистем с рядом противоопухолевых препаратов: тегафуром, флоксуридином, 5-фторурацилом, дакарбазином и ломустинном. Таким образом, была установлена возможность связывания 5-фторурацила за счёт взаимодействия «гость-хозяин», к которому способны П[5]А, находящиеся в структуре КТ серы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №25-73-00190

1. Pal, A. Emergence of sulfur quantum dots: Unfolding their synthesis, properties, and applications / A. Pal, F. Arshad, M. P. Sk // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2020. – V. 285. – P. 102274.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ МЕДИАТОРА НА МОРФОЛОГИЮ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ПАЛЛАДИ ПРИ МЕДИАТОРНОМ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗЕ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

А.А. Тартова^а, Р.Р. Фазлеева^б, Г.Р. Насретдинова^б, В.Г. Евтюгин^а, В.В. Янилкин^б

^аКазанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

^бИнститут органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

atartova@inbox.ru

В современном мире активно развиваются технологии синтеза наночастиц металлов (НЧ-М), привлекающих внимание исследователей своими уникальными физико-химическими свойствами и широким потенциалом применения в таких областях как катализ, медицина, электроника и других.

Одним из возможных способов получения НЧ-М является метод электрохимического синтеза. Однако его классический вариант, как правило, основывается на получении НЧ-М на поверхности электрода и не достаточно действенный для получения НЧ-М в объеме раствора.

Эффективной альтернативой классическому способу электрохимического восстановления может служить метод медиаторного электросинтеза, разработанный группой В.В. Янилкина. В данном случае на катоде восстанавливается не сам ион металла, а медиатор. Его восстановленная форма диффундирует в раствор и непосредственно в его объеме восстанавливает ионы металла или его комплекс, что исключает или минимизирует осаждение НЧ-М на электроде.

В данной работе показано, что субстраты $[\text{Co}(\text{bipy})_3](\text{ClO}_4)_3$, $[\text{Co}(\text{sep})_3]\text{Cl}_3$ и дибромид диквата при потенциале их восстановления по первой ступени при комнатной температуре являются эффективными медиаторами для электрохимического восстановления ионов Pd^{2+} до Pd^0 в объеме раствора в водной среде.

Продуктами электросинтезов являются, стабилизированные полимером поли(N-винилпирролидоном) (ПВП) каталитически активные НЧ-Pd, средний размер которых находится в диапазоне 5-9 нм.

Все исследования были проведены с применением методов циклической вольтамперометрии (ЦВА), микроэлектролиза, препаративного электролиза, просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии, динамического светорассеяния (ДСР) и УФ-видимой спектроскопии. Каталитическая активность полученных НЧ-Pd была изучена в водной среде в реакции восстановления *n*-нитрофенола борогидридом натрия.

СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ АМФИФИЛЬНЫХ МИТОХОНДРИАЛЬНО-НАПРАВЛЕННЫХ 2-ГИДРОКСИПРОПИЛ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ И ИХ ЛИПИДНЫХ НАНОСИСТЕМ ДЛЯ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ

Е.А. Титов, А.В. Немтарев, Т.Н. Паширова, А.П. Любина, А.Д. Волошина, В.Ф. Миронов

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия*

Опухолевые заболевания остаются одной из наиболее распространенных причин смертности, что требует поиск новых эффективных и безопасных методов лечения, таких как таргетная терапия. Применяемые химиотерапевтические препараты, обладая выраженной противоопухолевой активностью, имеют ограниченное клиническое применение за счёт ряда факторов: низкая растворимость и биодоступность, нестабильность *in vivo*, токсичность и др. Перспективным направлением является разработка стимул-чувствительных липидных наносистем, модифицированных векторными четвертичными фосфониевыми и арсониевыми производными [1]. Такие системы способны обеспечивать направленную доставку лекарственных веществ в митохондрии опухолевых клеток, контролируемое высвобождение под действием внешних стимулов, снижать их токсичность, и повышать терапевтическую эффективность. В данной работе предложен удобный подход к синтезу четвертичных фосфониевых и арсониевых солей, содержащих алкоксипропильный фрагмент с $R=C_nH_{2n+1}$ (где $n=1-18$), исходя из алкилглицеридовых эфиров и осуществлённый в мягких условиях. Все полученные соединения обладают контролируемой конформационной жёсткостью и низкой температурой плавления $<100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Додецильное и тетрадецильное производные с точкой Крафта близкой к 36°C и 58°C , соответственно, образуют ассоциаты при концентрациях 400 мкМ и 150 мкМ. Липидные системы, модифицированные синтезированными фосфониевыми солями, характеризуются диаметром близким к 100 нм и зарядом +40 мВ. Установлено, что полученные наносистемы обладают в 14 раз меньшей токсичностью по отношению к нормальным клеточным линиям, чем индивидуальные фосфониевые соединения, сохраняя при этом цитотоксичность по отношению к опухолевым линиям с IC_{50} от 1 до 4 мкМ, что сопоставимо с препаратом доксорубицин.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ 25-23-00617

1. Mironov V.F.; Nemtarev A.V.; Tsepaeva O.V.; Dimukhametov M.N.; Litvinov I.A.; Voloshina A.D.; Pashirova T.N.; Titov E.A.; Lyubina A.P.; Amerhanova S.K.; Gubaidullin A.T.; Islamov D.R., *Molecules* **2021**, 26(21), 6350.

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА В₁ И ПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ БИНАРНОЙ СИСТЕМОЙ ЗОЛОТО-МАРГАНЕЦ И ПЛЕНКОЙ ИЗ ПОЛИВИНИЛПИРИДИНА

А.Е. Тихонова, Ю.П. Добрынина, И.А. Гафиатова, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

aleksasha-aleksa@mail.ru

Для диагностики болезни бери-бери, связанного с недостатком витамина В₁, необходимо контролировать его содержание в организме человека. При снижении уровня витамина В₁ в плазме крови, происходит повышение концентрации пировиноградной кислоты (ПК). Это приводит к развитию неврологических нарушений и сердечной недостаточности. Таким образом, разработка способов совместного определения витамина В₁ и ПК в биологических жидкостях является актуальной задачей.

В настоящей работе изучена каталитическая активность бинарной системы Au-Mn, электросажженной на поверхности стеклоуглеродного электрода (Au-Mn-СУЭ), при окислении витамина В₁ и ПК в кислой среде и оценена возможность селективного определения этих соединений при совместном присутствии.

Установили, что электролитические осадки бинарной системы Au-Mn на поверхности СУЭ проявляют каталитическую активность по отношению к витамину В₁ и ПК, а нанесение пленки из поливинилпиридина (ПВП) приводит к улучшению формы аналитического сигнала и как следствие селективности, и чувствительности определений. На анодной ветви вольтамперограммы окисления каждого из аналитов наблюдается один пик, высота которого линейно зависит от концентрации. Зависимости величины тока окисления аналита от его концентрации, представленные в билогарифмических координатах, наблюдаются в диапазоне $5 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-3}$ М для В₁ и $1 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-3}$ М для ПК.

Показана возможность селективного вольтамперометрического определения витамина В₁ и ПК на Au-Mn-СУЭ, покрытого ПВП-пленкой. Достигнутая разность потенциалов пиков окисления рассматриваемых соединений составляет 200 мВ, что позволяет проводить селективное определение этих соединений по одной вольтамперограмме. Перекрестная активность модификатора в определяемом интервале концентраций для каждого из соединений отсутствует.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ЛИНЕЙНЫХ ДИПЕПТИДОВ И ИХ ЦИКЛИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ

Д.В. Ткаченко^a, Р.А. Ларионов^a, А.Г. Шмелев^b, С.А. Зиганшина^b, М.А. Зиганшин^a

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

DVTkachenko@kpfu.ru

Люминесцентные материалы находят широкое применение в изготовлении светодиодов и других оптоэлектронных устройств, химическом анализе и медицине. В последнее время появляется все больше примеров люминофоров, не содержащих ароматических фрагментов или длинных цепей сопряжения и имеющих непланарную геометрию. К ним относятся полимеры или низкомолекулярные соединения, в структуре которых присутствуют электрон-избыточные гетероатомы (N, O, S, P) и ненасыщенные связи (C=O, C=C, S=O, C=N, CN). Подобные вещества обладают люминесценцией в агрегированном состоянии и называются нетрадиционными люминофорами. Их преимуществами являются биосовместимость, стабильность и простота приготовления, что особенно важно для применения в медицине и биологии.

Структура линейных дипептидов и их циклических аналогов, их способность к самосборке позволяют предположить наличие люминесцентных свойств у этих классов соединений. Однако в настоящее время хорошо изучены только люминесцентные свойства молекул, содержащих ароматические боковые заместители, такие как триптофан, фенилаланин и тирозин. В настоящей работе впервые была изучена флуоресценция порошков *cyclo*(Phe-Gly), *cyclo*(Ala-Phe), *cyclo*(Phe-Ala), *cyclo*(Ala-Ile), *cyclo*(Leu-Phe), *cyclo*(Phe-Leu), *cyclo*(Ala-Leu), *cyclo*(Leu-Ala), L-Ala-L-Phe, L-Phe-L-Ala, L-Ala-L-Ile, L-Phe-Gly, L-Leu-L-Phe, L-Phe-L-Leu, L-Ala-L-Leu, L-Leu-L-Ala и растворов циклических дипептидов в ДМСО методами флуоресцентной микроскопии, люминесцентной микроскопии, коррелированного по времени подсчёта одиночных фотонов (TCSPC), определен квантовый выход люминесценции порошков *cyclo*(Ala-Leu) и *cyclo*(Ala-Ile), и раствора *cyclo*(Phe-Gly) в ДМСО.

Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда №24-23-00473.

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕТОДОМ ОБРАЩЕННОЙ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ НЕКОТОРЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА МЕЗОПОРИСТОМ СИЛИКАГЕЛЕ, ДОПИРОВАННОМ ТЕРБИЕМ И МОДИФИЦИРОВАННОМ СЕРЕБРОМ

Д.А. Токранов, А.А. Токранов, Р.В. Шафигулин, А.В. Буланова

ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет им. Академика С.П. Королева, Самара, Россия

alex.tokranov96@mail.ru

Разделение смесей близкикопящих ароматических углеводородов, в частности изомеров ксилола, является одной из важнейших и энергоемких задач в нефтехимии и тонком органическом синтезе. Традиционные методы, такие как ректификация, требуют значительных затрат энергии ввиду близости температур кипения изомеров, поэтому перспективным направлением является разработка высокоселективных адсорбентов для разделения методом адсорбции или создания адсорбционных хроматографических колонок. Мезопористые силикагели часто используют в качестве подложки при синтезе адсорбентов благодаря регулируемой наноразмерной структуре, высокой удельной поверхности и термической стабильности. Для придания селективности поверхность силикагеля модифицируют редкоземельными металлами, ионы которых могут создавать специфические центры сорбции за счет координационных взаимодействий, и переходными металлами, например, наночастицами серебра, известными своим сродством к π -электронным системам ароматических соединений.

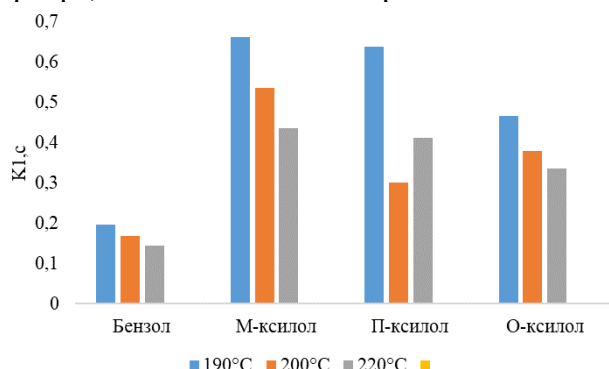


Рисунок 1. Значения констант Генри для сорбатов при температурах 190-220°C.

Целью работы являлся синтез мезопористого силикагеля, допированного тербием и модифицированного серебром (Tb-Ag/MC), и изучение его адсорбционных свойств по отношению к ряду ароматических углеводородов (бензол, о-, м-, п-ксилолы) методом обращенной газовой хроматографии.

На основе экспериментальных данных были рассчитаны константы Генри ($K_{1,c}$) (Рис.1). Для всех исследованных адсорбатов наблюдается ожидаемое уменьшение константы Генри с ростом температуры. При 190°C наиболее сильно адсорбируется м-

ксилол ($K_{1,c} = 0.6635$), затем п-ксилол (0.6379) и слабее всего о-ксилол (0.4663), что может быть связано со стерическим фактором, поскольку объемные метильные группы в орто-положении создают пространственные затруднения для плотного контакта ароматического кольца с активными центрами поверхности (ионами Ag^+ или Tb^{3+}). Меньшие стерические затруднения у *м- и п-ксилолов позволяют им эффективнее взаимодействовать с адсорбционными центрами.

Существенное различие в значениях констант Генри и рассчитанных теплотах адсорбции для изомеров ксилола позволяет предположить, что синтезированный материал Tb-Ag/MC является перспективным для разделения смесей ксилолов. Наибольшую селективность можно ожидать для пары м-ксилол / о-ксилол.

СИНТЕЗ ДЕНДРИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ДИПРОПАРГИЛОВОГО ЭФИРА АЦЕТИЛЕНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИАКАЛИКС[4]АРЕНОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

Е.А. Тюникова, В.А. Бурилов

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

EATyunikova@kpfu.ru

Дендримеры являются уникальными макромолекулами благодаря своей строго контролируемой архитектуре и наличию множества концевых функциональных групп на периферии, в результате чего они получили широкое распространение в таких областях, как адресная доставка лекарств, катализ, фармация и стабилизация металлических наночастиц. Тиакаликс[4]арены представляют собой перспективную платформу для создания новых дендримеров благодаря возможности их направленной модификации разнообразными функциональными фрагментами, что позволяет конструировать амфифильные структуры с заданными свойствами.

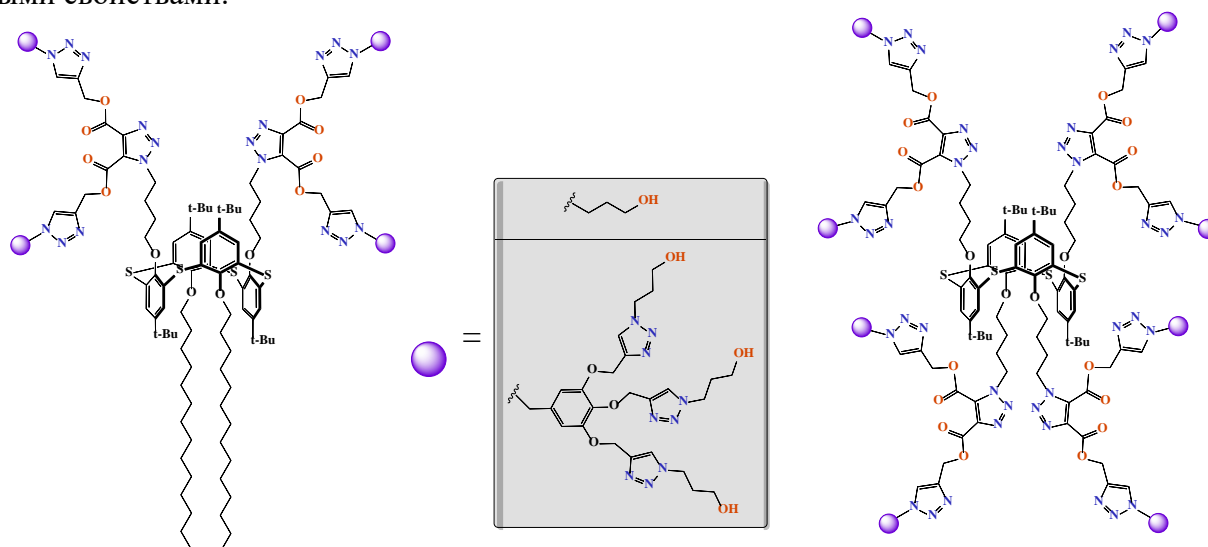


Рисунок 1. Дендримеры с макроциклическим ядром.

В данной работе были синтезированы дендримеры на основе дипропаргилового эфира ацетилендикарбоновой кислоты и тиакаликс[4]аренов в стереоизомерной форме *1,3-альтернат*. Также с помощью введения фрагмента галловой кислоты удалось получить соединения с большим числом гидроксильных групп на периферии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-13-00304-П

ПАРАМЕТРЫ РАВНОВЕСИЙ И СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЫХ ФОРМ В СИСТЕМАХ ОКСОВАНАДИЙ(IV) – 1,10-ФЕНАНТРОЛИН – АМИНОКИСЛОТЫ

К.В. Уразаева, М.С. Бухаров, Н.Ю. Серов, В.Г. Штырлин

*Химический институт им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета,
Казань, Россия*

kvurazaeva@yandex.ru

Одним из самых распространенных заболеваний в мире является сахарный диабет. В течение последних 30 лет количество взрослых, болеющих диабетом, выросло с 7% до 14%, что делает особо актуальной проблему поиска новых лекарственных форм, обладающих меньшим количеством побочных эффектов. Комплексные соединения оксованадия(IV) перспективны [1] для решения этой проблемы, так как способны выступать в качестве ингибиторов тирозинфосфатазы РТР 1В.

В настоящей работе методом спектрофотометрического титрования и ЭПР изучены бинарные и тройные системы оксованадий(IV) – 1,10-фенантролин – аминокислота. Установлены комплексные формы, присутствующие в растворе при различных значениях pH, а также их параметры равновесий. Методом молекулярного докинга по программе AutoDock Vina [2] исследовано взаимодействие комплексов с белком РТР 1В.

Для установления структуры комплексных форм выполнены квантово-химические расчеты по программе ORCA [3] методом DFT на уровне B3LYP/def2-TZVPP с учетом эффектов растворителя в модели С-PCM.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о потенциальной возможности применения изученных комплексов в качестве антидиабетических препаратов.

1. Szklarzewicz J., Jurowska A., Hodorowich M., Kazek G., Glutch-Lutwin M., Sapa J., *Inorg. Chem. Acta*. 2021. V. 516, 120135.
2. Trott O., Olson A.J., *J. Comput. Chem.* 2010. V. 31, N. 2, P. 455-461.
3. Neese F., *Wiley Interdiscip. Rev.: Comput. Mol. Sci.* 2012. V. 2, P. 73-78.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ УКЛАДКИ СЛОЁВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА 3D-ПЕЧАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

М.А. Камалетдинов, Д.А. Учуватова, Д.Ф. Зиязова

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

В настоящее время 3D-печать является одним из перспективных направлений для изготовления различных деталей. Благодаря применению 3D-печати можно уменьшить скорость изготовления изделия, оптимизировать конструкцию и создать детали со сложной внутренней структурой. Однако существуют и недостатки: ограниченные механические свойства у некоторых материалов, возможная слоистость структуры, высокая стоимость промышленного оборудования и наличие пор в готовых изделиях.

На механические свойства изготавливаемого изделия влияют температура печати, высота слоя, направление слоя и многое другое. Наиболее значимым дефектом, значительно влияющим на прочность, является образование межслойных пор. Поры представляют собой микрополости в структуре материала, снижающие прочность и теплопередачу.

В последнее время было проведено множество исследований о связи между параметрами печати и изменением пористости. Было выявлено, что можно минимизировать количество пор путем оптимизации параметров процесса в технике моделирования методом послойного наплавления (FDM) [1]. Исследователи доказали, что коэффициент экструзии оказывает большое влияние на снижение уровня пористости, однако результаты требуют дальнейшей доработки.

Из работ вышеупомянутых авторов следует, что применение альтернативного метода послойной печати качественно влияет на образование пустот, которые впоследствии приводят к улучшению механических характеристик и теплопередаче. С целью уменьшения пористости при одновременном улучшении его механических свойств в настоящей работе была предложена альтернативная технология послойной печати, а также предложены доработки по изменениям параметров печати для улучшения результатов.

Для исследования изменения механических свойств 3D печатного полимерного образца был выбран термопласт на основе стирола – ABS. В качестве основы для создания изделия выбрана печать кубов со стопроцентной заполняемостью. Эксперименты проводились на испытательной машине.

В ходе работы использовался один из новых подходов для уменьшения пористости между слоями — укладка с чередующимися по высоте слоями, расположенными в шахматном порядке. Суть метода состоит в том, чтобы изменить направление линий укладки слоёв так, чтобы все слои печатались в одном направлении, и изменить коэффициент экструзии для промежуточных слоёв. Такой метод основывается на изменении кода для управления 3d-принтером.

Эксперименты по изменению коэффициента экструзии показали значительные успехи. С увеличением коэффициента материал лучше проникает в расстояния между слоями, заполняя их и снижая при этом пористость изделия, которая пагубно влияет на механические свойства, однако при слишком большом коэффициенте может ухудшаться качество изделия.

Образцы, напечатанные новым методом, имеют большее значение напряжений на сжатие. Эксперименты показали, что образцы действительно имеют меньше пор, что привело к улучшению механических свойств. В процессе исследования было отмечено, что при определенных настройках наблюдается снижение точности геометрии изделия, что требует дальнейшего изучения. Тем не менее, общая эффективность предложенного метода подтверждает его перспективность.

1. Дусанапуди С.Н. и др. Оптимизация и экспериментальный анализ механических свойств и пористости образцов ABS, напечатанных на 3D-принтере методом FDM // Материалы сегодня: сборники материалов. – 2023.
2. Дхаравату Н. Улучшение свойств в процессе экструзии материалов путем разработки метода чередующейся слоистой печати с использованием кода RepRap // Прогресс в аддитивном производстве. – 2025. – Т. 10. – №. 5. – С. 3475-3488.

РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ΔH И ΔG В МОДЕЛЬНЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Э.Р. Фарваева^a, О.Р. Ключников^{a,b}

^a Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

^b ООО «Олепластика», Казань, Россия

info@oleplastica.ru

Актуальной проблемой является быстрый ремонт механизмов и машин из полиамида (ПА), наиболее для этого подходят цианоакрилатные клеи. Ранее проведенные исследования показывают, что цианоакрилатные клеи на основе этил-2-цианоакрилата (ЭЦА) прочнее клеев с добавкой полиметилметакрилата (ПММА) [1]. Адгезионная прочность (АП) на сдвиг образцов ЭЦА-ПА, выдержанных 24 ч. при 25 °С составила 5,8-9,6 МПа, после выдержки в водяном термостате 24 ч. при 60 °С 6,3-9,5 МПа, а с содержанием ПММА (ЭЦА-ПММА-ПА) несколько ниже, однако добавка ПММА сохраняет гидролитическую стойкость клеевого соединения, в некоторых случаях повышая ее. Известно, что добавка ПММА придает клеевому шву ударопрочность [2].

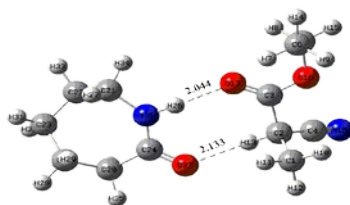


Рисунок 1. Комплекс А модельной структуры ПА и ЭЦА

Разницу между клеевыми соединениями ЭЦА-ПА и ЭЦА-ПММА-ПА можно посмотреть при помощи квантово-химических расчетов, которые позволяют получить энтальпию и энергию Гиббса. Расчеты проводились в пакете Gaussian 16W методом DFT, 6-31G(d) с полной оптимизацией геометрических параметров (Opt+Freq) упрощенных модельных структур с учетом энтропийного фактора [1].

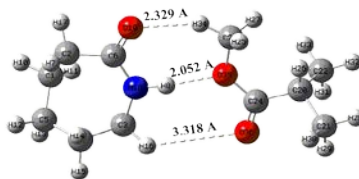


Рисунок 2. Комплекс Б модельной структуры ПММА и ПА

В комплексе А $\Delta H = 8,5$ ккал/моль, $\Delta G = 9,0$ ккал/моль, в комплексе Б $\Delta H = 7,66$ ккал/моль, $\Delta G = 7,59$ ккал/моль. Полученные величины энтальпии и энергии Гиббса могут достаточно значительно отличаться ($\pm 10\%$), что необходимо учитывать при оценке межмолекулярных взаимодействий при последующих расчетах.

1. Ключников О.Р., Фарваева Э.Р. Исследование адгезионной прочности пластин полиамида-6 склеенных этил-2-цианоакрилатными клеями / О.Р.Ключников, Э.Р. Фарваева // Сборник трудов Национальной научно-практической конференции, Москва, С. 1049-1053 (2025).
2. D.A. Aronovich, L.B. Boinovich, Structural acrylic adhesives: a critical review, Progress in Adhesion and Adhesives, 15, Vol. 6, P. 651-708 (2021).

АМФИФИЛЬНЫЕ ДЕНДРИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ТИАКАЛИКС[4]АРЕНА И ГАЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ: АГРЕГАЦИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДНК

А.А. Федосеева, Э.Д. Султанова, И.М. Богданов, В.А. Бурилов, И.С. Антипин

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

afedoseewa03@gmail.com

Амфифильные дендримеры (АД) играют ключевую роль в супрамолекулярной химии, био/нанотехнологиях и материаловедении. Их главное преимущество — способность к самосборке в уникальные везикулоподобные структуры, называемые дендримеросомами. Эти структуры обладают огромным потенциалом, поскольку их размер и функциональность легко контролировать. АД могут быть модифицированы биосовместимыми лигандами или таргетирующими группами. Сочетание внутренних полостей и гидрофобных фрагментов обеспечивает эффективную инкапсуляцию и доставку лекарств и нуклеиновых кислот, что делает их перспективными для генной терапии. Более того, АД находят применение в катализе. Их полости стабилизируют металлические частицы, а способность к самосборке позволяет сочетать металлокомплексный и мицеллярный катализ. Благодаря своей универсальности и настраиваемым свойствам, амфифильные дендримеры остаются захватывающей и активно изучаемой областью современной науки.

В нашей группе был разработан дивергентный подход к синтезу амфифильных дендримеров вплоть до третьего поколения. Благодаря своему уникальному строению (рисунок 1), сочетающему катионные имидазольные группы по верхнему ободу и гидрофобные фрагменты по нижнему, полученные системы способны к самосборке и образованию везикулоподобных агрегатов в водной среде. Их агрегационные свойства были детально изучены методами динамического светорассеяния (ДРС), УФ-видимой и флуоресцентной спектрофотометрии с использованием различных зондов (Пирен, Оранжевый ОТ, Эозин Н). Исследования показали, что сольбилизирующая способность агрегатов и их размер зависят от поколения дендримера и типа ядра. Также нами было изучено их эффективное взаимодействие с ДНК тимуса телят приводящего к компатизации.

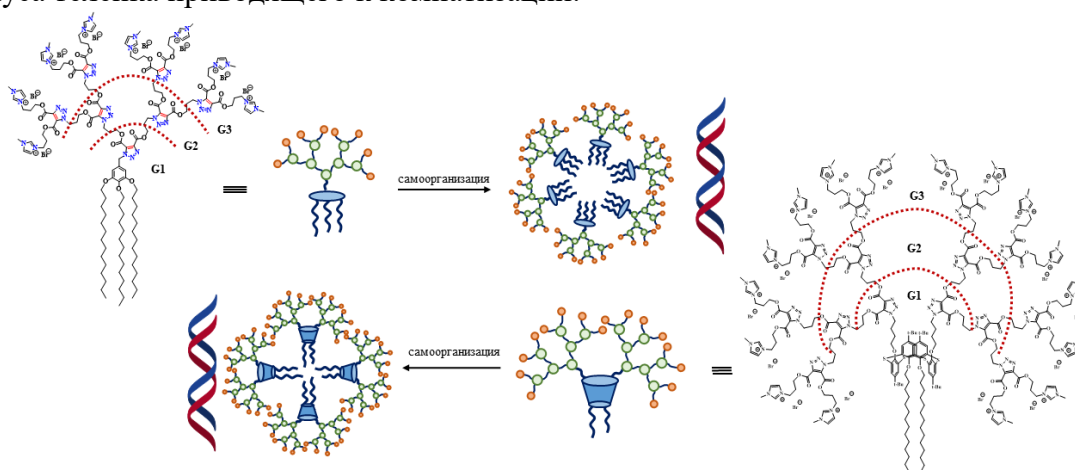


Рисунок 1. Амфифильные дендримеры на основе тиакаликс[4]арена и галловой кислоты.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-13-00304-П.

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ФОСФОНИЕВЫЕ СОЛИ – ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕВОПИМАРОВОЙ КИСЛОТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ 1,4-НАФТОХИНОННЫЙ ФРАГМЕНТ

А.М. Смыслова ^{a,b}, А.А. Фролова ^a, А.В. Немтарев ^{a,b}, В.Ф. Миронов ^b

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия;

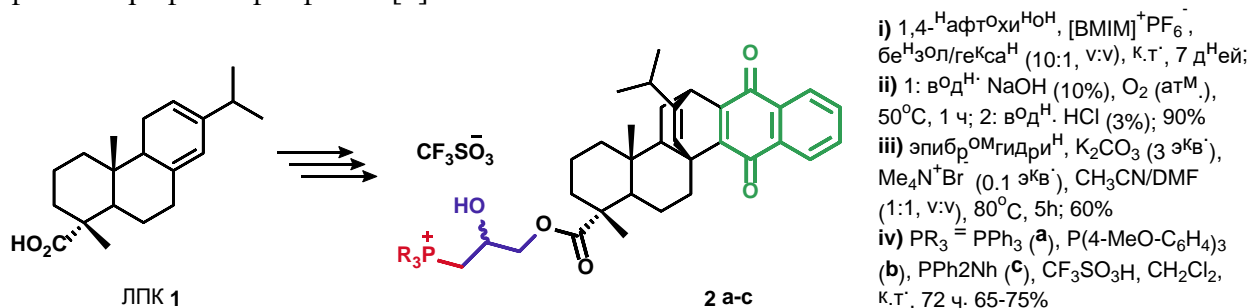
^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

5-ht2ab@mail.ru

Известен обширный ряд природных или полусинтетических хинонов, содержащих терпеновый фрагмент, обладающих выраженной цитотоксической активностью [1]. Так как в настоящее время установлено, что ключевую роль в метаболизме опухолевых клеток играют митохондрии [2], направленный транспорт таких хинонов в митохондрии потенциально может повысить их противораковые свойства. В последние годы для таргетной доставки молекул в митохондрии широко используется конъюгирование с триарилфосфониевым фрагментом [3].

В настоящей работе предложен синтетический путь, позволяющий в четыре стадии получать четвертичные фосфониевые соли **2a-c**, содержащие 1,4-нафтохинонный и терпеновый фрагменты, на основе левопимаровой кислоты **1** (ЛПК). ЛПК **1** удобна тем, что в большом количестве (до 27 мас.%) содержится в живице сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L. и способна с легкостью вступать в реакции циклоприсоединения с хинонами [4].

Для введения 2-гидроксипропилфосфониевого фрагмента использован подход, ранее разработанный в нашей научной группе, основанный на взаимодействии глицидиловых эфиров с трифлатом трифенилфосфония [5].



Работа выполнена при поддержке РНФ № 25-23-00706.

1. X.-H. Tian *et al.* // *Nat. Prod. Rep.*, 2023, **40**, 718.
2. D. Trachootham *et al.* // *Nat. Rev. Drug. Discov.*, 2009, **8**, 579–591.
3. С. А. Kulkarni *et al.* // *J. Med. Chem.*, 2021, **64**, 662.
4. Г. А. Толстиков // *Смоляные кислоты хвойных России. Химия, фармакология.* – Новосибирск: Гео, 2011. 311 с.
5. V. F. Mironov *et al.* // *Molecules*, 2021, **26**, 21, 6350.

РОЛЬ ОКРУЖЕНИЯ Mn^{2+} В СОСТАВЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В ПОЛУЧЕНИИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КОНТРАСТИРУЮЩИХ АГЕНТОВ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Т.Р. Хайбуллин^a, А.П. Бебякина^a, О.Д. Бочкова^{a,b}, А.С. Степанов^b,
Р.Р. Заиров^{a,b}, А.Р. Мустафина^b

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,

ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

postrem3@mail.ru

Контрастирующие агенты (КА) для магнитно-резонансной томографии (МРТ) – это класс соединений и объектов, способных обеспечивать контраст между больной и здоровой тканью на МРТ-изображениях. Наночастицы диоксида кремния, допированные соединениями марганца, становятся многообещающей альтернативой широко применяемым гадолиний-содержащим КА ввиду выявленной нефро- и гепатотоксичностью последних. Выбор в пользу структур на основе диоксида кремния обусловлен широкими возможностями модификации их состава и варьирования химии поверхности *in-situ* путем изменения параметров синтеза.

В настоящей работе представлен простой одностадийный метод получения наночастиц, допированных оксалатом или олеатом марганца, с заданной структурой типа *core-shell* и контролем зоны введения активного компонента. Частицы были исследованы методами ЯМ-релаксации, ICP-OES, циклической ВА. Полученные снимки ПЭМ продемонстрировали структурные и поверхностные особенности полученных наночастиц. Было установлено влияние морфологии частиц, концентрации легирующих добавок и природы лиганда-комплексообразователя на функциональные свойства полученных наночастиц.

Показано, что введение оксалата марганца в зону оболочки наночастицы способствует снижению количества окисленных форм марганца, обеспечивает наибольшую магнитно-релаксационную эффективность и монодисперсное распределение частиц по размерам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда поддержки молодых учёных имени Геннадия Комиссарова

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА, АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ И ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ ФОСФОЛИРИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ α -БРОМКОРИЧНОГО АЛЬДЕГИДА

В.Ф. Хайдарова^a, А.Н. Седов^a, Р.Р. Давлетшин^a, Н.В. Давлетшина^a, К.А. Ившин^b

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

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

fern.ancient@gmail.com

Целью исследования является синтез α -гидроксифосфонатов и оценка их антимикробной активности. Синтез проводился в две стадии: получение О,О-диалкилфосфитов и последующая реакция Абрамова с α -бромкоричным альдегидом в качестве карбонильной компоненты (рис.1.):

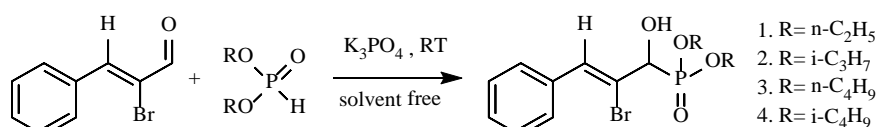


Рисунок 1. Схема синтеза

Целевые продукты выделены из реакционной смеси и охарактеризованы методами: ЯМР, ИК-спектроскопией, элементным анализом и РСА (рис.2.).

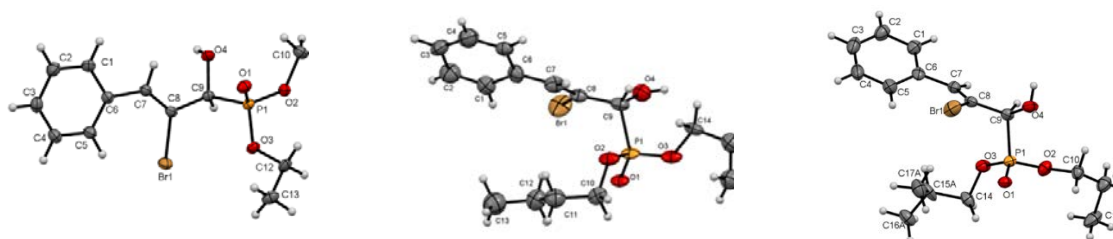


Рисунок 2. Молекулярная структура соединений 1, 3 и 4

Установлено, что ни одно из исследованных соединений не проявило значительной цитотоксичности в отношении клеток аденокарциномы лёгких человека A549. Все соединения продемонстрировали умеренную антибактериальную активность, а также противогрибковую активность в отношении *Candida spp.* [1]

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-23-00328, <https://rscf.ru/project/24-23-00328/>

1. Davletshin et al., *Journal of Molecular Structure*, **2026**, 144619

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛАТОНИНА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ МОЛЕКУЛЯРНО ИМПРИНТИРОВАННЫМ ПОЛИПИРРОЛОМ И ЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА

Д.Ю. Хайруллина, В.С. Герасимова, Ю.А. Лексина, И.А. Челнокова, Л.Г. Шайдарова

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

khairullinadarina@gmail.com

Мелатонин (МТ) – биогенный амин, который играет важную роль в поддержании суточных биоритмов организма. Кроме того, он влияет на синтез других гормонов, проявляет антиоксидантные свойства и участвует в функционировании иммунной системы. Поэтому определение содержания МТ в биологических образцах является важной задачей в клинической химии и медицинских исследованиях. В электрохимическом анализе широко применяются разнообразные химически модифицированные электроды. Интерес представляют электроды, модифицированные молекулярно импринтированными полимерами (МИП).

В настоящей работе определена возможность использования стеклоуглеродного электрода (СУЭ), модифицированного МИП на основе пиррола и электроосажденных частиц золота для вольтамперометрического определения МТ.

В кислой среде на немодифицированном СУЭ окисление МТ происходит необратимо при E_n 0.90 В. При окислении МТ на композитном электроде наблюдается смещение пика окисления МТ в катодную область на 100 мВ и увеличение его высоты в 2 раза по сравнению с немодифицированным СУЭ. Переход на композитный электрод позволяет снизить нижнюю границу определяемых содержаний МТ до 5×10^{-8} М.

Разработан способ вольтамперометрического определения МТ на предлагаемом модифицированном электроде. Предложенный способ позволяет проводить селективное определение МТ в присутствии соединений, проявляющих электрохимическую активность в этой же области потенциалов. Правильность методики определена методом введено-найдено. Предложенный способ вольтамперометрического определения МТ апробирован при анализе некоторых лекарственных средств.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ НА КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ В БИОСЕНСОРАХ

К.Р. Хайруллина, Д.В. Брусницын, А.Н. Рамазанова, В.А. Бурилов,
Б.Х. Гафиатуллин, А.М. Димиев

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

kamilaaa6795@gmail.com

В настоящее время большой интерес исследователей сосредоточен на композитах из сочетаний углеродных материалов, макроциклических соединений и электрохимически осажденных наночастиц металлов в связи с возможностью широкого регулирования проводящих свойств подложки сенсоров и улучшения аналитических возможностей в составе биосенсоров.

В рамках работы нами были разработаны композитные печатные графитовые электроды, модифицированные углеродными наноматериалами (механическая смесь из углеродных нанотрубок и восстановленного оксида графена) и дендримерами на платформе галловой кислоты различного поколения с электрохимически осажденными наночастицами никеля. Исследование композитных материалов проводили циклической вольтамперометрией и спектроскопией электрохимического импеданса. При этом варьировали число циклов сканирования и рН буферного раствора при электрохимическом осаждении наночастиц никеля. Для каждого композитного материала определяли лимитирующую стадию процесса по данным циклической вольтамперометрии. Проведенные исследования показали, что наиболее подходящими для модификации поверхности электродов являются дендримеры на платформе галловой кислоты 3 поколения, то есть для данного дендримера наблюдается минимальное значение сопротивления переноса электрона.

Разработанные композитные материалы являются перспективными, поэтому могут быть использованы для создания амперометрических биосенсоров при определении широкого круга лекарственных соединений, в частности трициклических антидепрессантов.

МЕМБРАННАЯ ЭКСТРАКЦИЯ МОНО- И ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ ЛИПОФИЛЬНЫМИ ФОСФОРИЛИРОВАННЫМИ БЕТАИНАМИ

А.М. Хакимзянова, Е.А. Ермакова, Н.В. Давлетшина, Т.Т. Сенченко, Р.Р. Давлетшин

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

alya.khachimzyanova@mail.ru

В настоящей работе приводятся результаты исследования мембранно-транспортных свойств серии липофильных фосфорилированных бетаинов, структуры $\text{OP(O)(OC}_6\text{H}_{13}\text{)CH}_2\text{N}^+(\text{C}_8\text{H}_{17})_2\text{C}_2\text{H}_5$ – **HexEt**, $\text{OP(O)(OC}_4\text{H}_9\text{)CH}_2\text{N}^+(\text{C}_8\text{H}_{17})_2\text{C}_2\text{H}_5$ – **BuEt**, $\text{OP(O)(OC}_4\text{H}_9\text{-}i\text{)CH}_2\text{N}^+(\text{C}_8\text{H}_{17})_2\text{C}_2\text{H}_5$ – **i-BuEt** и триоктилфосфиноксида **ТОФО** по отношению к органическим кислотам различной природы. Результаты приведены в табл.1. в виде коэффициента усиления потока (ϵ), который представляет собой отношение потока целевого субстрата к потоку холостого опыта.

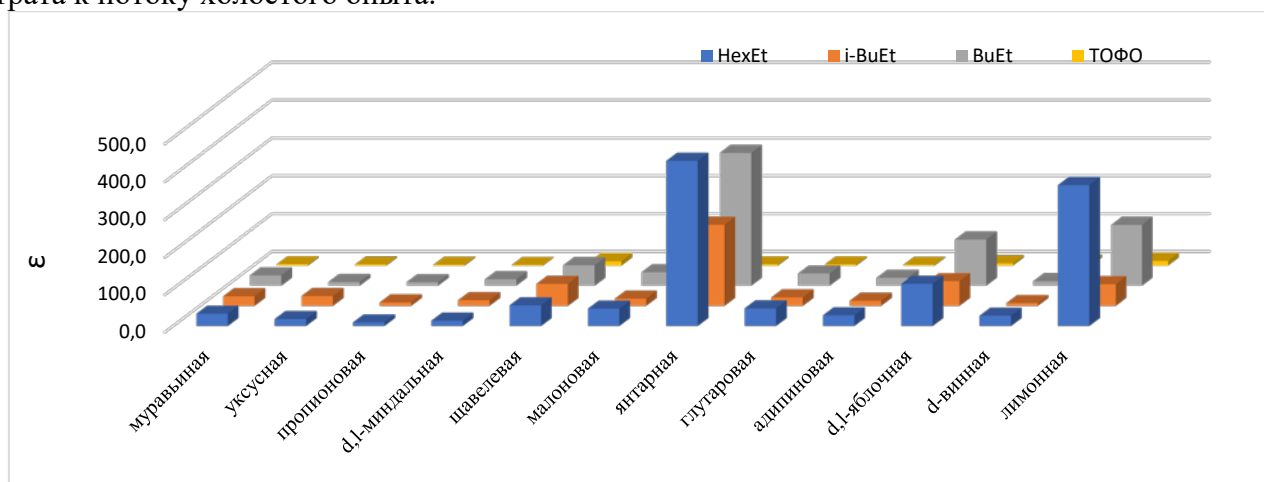


Рисунок 1. Коэффициенты усиления потока (ϵ) для ряда кислот через ИЖМ

Ввиду близкой структурной организации основного центра координации исследуемые переносчики обнаруживают схожие тенденции эффективности транспорта моноосновных и двухосновных субстратов и от средней до высокой эффективности переноса гидроксикарбоновых кислот, за некоторыми исключениями. Исследуемые переносчики во всех случаях превосходят в эффективности триоктилфосфиноксид.

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

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ

Ю.А. Ханина, О.Л. Хамидуллин

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

khaninayulia2018@gmail.com

Углеродные нанотрубки являются одним из наиболее перспективных наноматериалов для создания новых композитных систем. Их уникальные свойства, такие как высокая прочность, электропроводность и термическая стабильность, делают их идеальными для применения в различных областях, включая аэрокосмическую промышленность, автомобилестроение, электронику и биомедицину. Включение УНТ в полимерные матрицы позволяет значительно улучшить механические, электрические и термические свойства композитов, что открывает новые возможности для их применения в различных отраслях.

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния углеродных нанотрубок на прочностные характеристики полимерной матрицы при их введении через компонент-отвердитель. Стандартный полимерный материал дополнялся углеродными нанотрубками разной концентрации, равномерно распределяемыми посредством компонента-отвердителя, что обеспечило оптимальное распределение наполнителя в объеме материала. Испытания на растяжение и сжатие показали существенное улучшение механических показателей материала, выражающееся в повышении предела прочности и модуля упругости. Эти эффекты связаны с эффективным армированием полимерной матрицы благодаря образованию прочных связей между нанотрубками и окружающим полимером. Максимальная эффективность была достигнута при концентрации нанотрубок около 1%. Превышение этого уровня привело к агрегации частиц и ухудшению результатов. Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования углеродных нанотрубок в качестве эффективных модификаторов полимерных композиций, что открывает широкие возможности для их применения в конструкционных материалах и авиации. Дальнейшее развитие исследований направлено на оптимизацию состава и условий обработки для максимального повышения эффективности армирования полимерных матриц углеродными нанотрубками.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА

К.А. Хасанов ^a, П.Н. Леушкин ^a, К.С. Зимин ^{a,b}, И.С. Ларионов ^{a,b},
Д.А. Балькаев ^a, Л.М. Амирова ^b, И.С. Антипин ^a

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

^b Институт авиации, наземного транспорта и энергетики,
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, Казань, Россия

tiptarnk@gmail.com

Полифениленсульфид (ПФС) представляет собой частично-кристаллический высокопрочный конструкционный полимер, который сочетает в себе выдающиеся физико-механические характеристики, включая высокую химическую инертность и сохранение геометрических параметров даже в условиях повышенных температур. Поэтому его применяют во многих отраслях промышленности [1].

Данное исследование посвящено актуальной задаче в сфере создания высокопрочных материалов. Его практическая ценность связана с решением проблемы импортозамещения такого стратегически важного полимера, как ПФС.

ПФС характеризуется значительной универсальностью в переработке, что позволяет формовать из него разнообразные продукты, в том числе и пленки.

Пленки на основе ПФС используются в качестве сепарационных мембран при производстве элементов топливных систем и охлаждающих контуров. Они также широко применяются в качестве диэлектрика в электротехнической аппаратуре и служат основой для создания конструкционных композитов.

В работе использовался линейный ПФС, выпускаемый ООО «НТЦ «Ахмадуллины». Процесс смешения компонентов осуществлялся на двухшнековом экструдере Scientific LTE 16–40. Формование пленочных материалов производилось на экструзионной линии Welber EXL-25.

В результате были изготовлены пленки толщиной от 70 до 150 мкм. Механические испытания на растяжение выполнялись на универсальной электромеханической установке УТС-111 с использованием клиновых захватов при скорости деформирования 5 мм/мин. Исследование теплофизических свойств проводилось методом дифференциальной сканирующей калориметрии на приборе DSC 214 Polyma NETZSCH по следующему циклу: нагрев до 320 °С со скоростью 10°С/мин – охлаждение до 25°С со скоростью 10°С/мин. Реологические измерения были выполнены на ротационном реометре DHR-2 (TA Instruments) с использованием измерительной системы в виде параллельных плит диаметром 25 мм.

В результате работы были получены пленочные материалы различных составов, и проанализированы их прочностные характеристики, температуры плавления и стеклования, уровень кристалличности, а также вязкость расплава.

1. Чэнь Чжан и др. Механические и трибологические свойства смесей ПА/ППС // Износ. – 2004. – Т. 257. – №. 7-8. – С. 696-707.

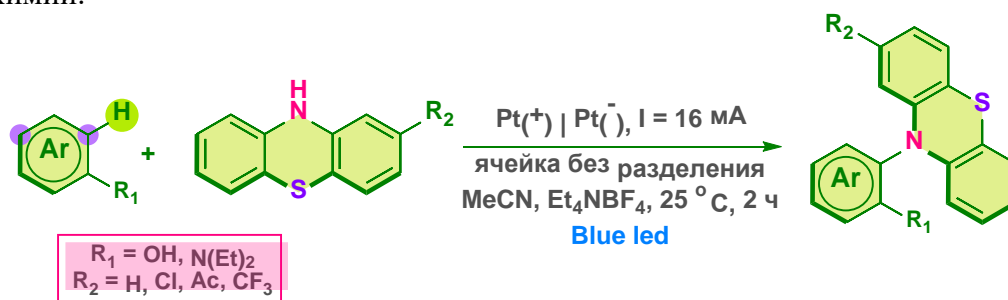
(ФОТО)ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ N-АРИЛФЕНОТИАЗИНОВ

М.А. Хворова ^{a,b}, С.О. Стрекалова ^a, А.И. Кононов ^a, Р.Р. Мингазов ^{a,b}, Ю.Г. Будникова ^a^a ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия^b Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань, Россия

mariakhvorova18@gmail.com

N-Арилфенотиазины являются значимым классом гетероциклических соединений, которые применяются как OLED материалы, являются компонентами сенсibilизированных красителей солнечных элементов, фотохромными материалами и входят в состав многих фармацевтических препаратов [1, 2]. Традиционные методы синтеза N-Арилфенотиазинов часто подразумевают необходимость использования стехиометрических количеств окислителей или дорогостоящих металлокатализаторов.

В работе предложен эффективный (фото)электрохимический подход к прямому фенотиазинированию (гетеро)ароматических субстратов. Данный метод позволяет получать целевые N-арилфенотиазины с высокими выходами (до 97%) в мягких условиях, без использования внешних окислителей и металлокатализаторов, что соответствует принципам «зелёной» химии.



Комплексом физико-химических методов, таких как ЦВА и ЭПР-спектроскопия, было установлено, что ключевым интермедиатом в процессе является катион-радикал фенотиазина $\text{PTZ}^{\bullet+}$. На основании полученных экспериментальных данных предложен механизм реакции, который можно отнести к электрофильному ароматическому замещению ($\text{S}_{\text{E}}\text{Ar}$), где катион-радикал $\text{PTZ}^{\bullet+}$ выступает в роли электрофила.

Работа выполнена за счет средств гранта РНФ № 25-73-00405

1. Kononov A.I., Strekalova S.O., Budnikova Yu.H. *Eur. J. Org. Chem.* **2025**, 28(21), e202401472.
2. Kononov A. I., Zlygostev A. D., Khvorova M.A., Strekalova S. O. *Russ. J. Gen. Chem.* **2024**, 94(11), 3104-3112.

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЭНЕРГИЯМИ ГИББСА И ЭНТАЛЬПИЯМИ СОЛЬВАТАЦИИ И КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

М.Б. Хисамиев, М.И. Ягофаров, А.А. Соколов, Б.Н. Соломонов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

mansur.khisamiev@mail.ru

Изучение компенсации между изменениями энтальпии и энтропии представляет как фундаментальный, так и прикладной интерес. Данное явление наблюдается в различных физико-химических процессах. В частности, для процессов образования комплексов с переносом заряда в растворе и сольватации при 298,15 К были установлены линейные корреляции между изменениями энергии Гиббса и энтальпии [1,2]:

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{связ}}G &= 0,660 \cdot \Delta_{\text{связ}}H + \Delta \\ \Delta_{\text{сольв}}G &= 0,660 \cdot \Delta_{\text{сольв}}H + 17,0 + \Delta\end{aligned}$$

Где Δ не зависит от силы взаимодействия, а только от количества водородных связей и координационных чисел донора и акцептора.

В случае комплексообразования в растворе это позволило создать подход для определения энтальпий связывания с помощью лишь одного экспериментального значения константы равновесия при 298,15 К. Данный подход подтвержден на основе 152 литературных значений и характеризуется ошибкой менее 0,5 кДж·моль⁻¹, что сопоставимо с экспериментальной ошибкой определения энтальпии связывания.

Совпадение углового коэффициента в линейных зависимостях для комплексообразования в растворе и сольватации позволяет, исходя из термодинамических принципов, вывести аналогичное уравнение для комплексообразования в газовой фазе. Это ставит под сомнение популярное представление об эффекте растворителя как основной причине явления компенсации.

В рамках данной работы было проведено сопоставление значений энтальпий, полученных с помощью компенсационного соотношения из литературных данных, с величинами, рассчитанными квантово-химическим путем.

1. B.N. Solomonov, M.B. Khisamiev, M.I. Yagofarov. *J. Mol. Liq.*, 2024, **411**, 125690.
2. B.N. Solomonov, M.B. Khisamiev, M.I. Yagofarov. *Liquids*, 2025, 5(2), 17.

GREEN-INSPIRED SUPRAMOLECULAR α -AMINOPHOSPHONATES: HYDROGEN-BONDED ARCHITECTURES FOR NEXT-GENERATION BIOMEDICAL MATERIALS

Rawda Kholany ^a, Alaa A. Mardini ^b, Ksenia Shakirova ^a, Daut R. Islamov ^c,
Alexander V. Gerasimov ^a, Aleksandr E. Klimovitskii ^a, Alena A. Vavilova ^a,
Olga A. Mostovaya ^a, Asiya Gazizova ^a, Ivan I. Stoikov ^a

^a Alexander Butlerov Chemistry Institute, Kazan Federal University, Kazan, Russia

^b Faculty of Sciences, Damascus University, Damascus, Syrian Arab Republic

^c Laboratory of Structural Analysis of Biomacromolecules, Federal Research Center Kazan Scientific Center of RAS, Kazan, Russia

ivan.stoikov@mail.ru

α -Aminophosphonates constitute a multifunctional class of compounds that bridge organic synthesis and biomedical innovation [1]. Their structural similarity to α -amino acids, combined with adaptable physicochemical properties [2, 3], renders them promising building blocks for biocompatible materials, drug candidates, and targeted delivery systems [1, 4]. Advances in sustainable chemistry now enable their eco-friendly production while preserving structural precision crucial for supramolecular and biological performance [5].

In this work, three new α -aminophosphonate derivatives, dimethyl, dipropyl, and diisopropyl analogues, were synthesized via a green, catalyst-free Kabachnik–Fields condensation. Comprehensive structural and computational characterization revealed that all derivatives assemble into asymmetric dimers stabilized by strong N–H \cdots O=P hydrogen bonds. These Janus-type dimers, presenting dual donor–acceptor faces, act as self-organizing units that guide crystal packing and influence material properties.

Substituent variation was found to control hydrogen-bond strength, molecular packing, and van der Waals contributions, thereby tuning aggregation and thermal stability. Dynamic light scattering and thermogravimetric analyses indicated improved compactness and resilience with increasing steric demand. Density functional theory (DFT) and QSAR modeling connected electronic distribution with predicted biological behavior, identifying the diisopropyl derivative as the most balanced in polarity, hydrophobicity, and drug-likeness.

The integration of green synthesis, supramolecular design, and computational insight highlights α -aminophosphonates as renewable, tunable scaffolds for the creation of functional biomaterials and next-generation therapeutic systems.

1. Turhanen, P.A., K.D. Demadis, and P. Kafarski, Phosphonate Chemistry in Drug Design and Development. *Frontiers in Chemistry*, 2021. 9: p. 695128.
2. Varga, P.R. and G. Keglevich, Synthesis of α -aminophosphonates and related derivatives; the last decade of the Kabachnik–Fields reaction. *Molecules*, 2021. 26(9): p. 2511.
3. Reich, D., A. Noble, and V.K. Aggarwal, Facile Conversion of α -Amino Acids into α -Amino Phosphonates by Decarboxylative Phosphorylation using Visible-Light Photocatalysis. *Angewandte Chemie*, 2022. 134(37): p. e202207063.
4. Zhu, Y.-P., et al., Metal phosphonate hybrid materials: from densely layered to hierarchically nanoporous structures. *Inorganic Chemistry Frontiers*, 2014. 1(5): p. 360–383.
5. Amira, A., et al., Recent advances in the synthesis of α -aminophosphonates: A review. *ChemistrySelect*, 2021. 6(24): p. 6137–6149.

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ТРИАЗОЛИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ НА ОСНОВЕ ПРОПАРГИЛОВЫХ ЭФИРОВ ТИАЗОЛО [3,2-*a*]ПИРИМИДИНА

Е.Н. Хрущева^a, М.Г. Маилян^a, Э.Р. Габитова^{a,b}, А.С. Агарков^{a,b},
Л.В. Французова^b, О.А. Лодочникова^b, С.Е. Соловьева^b, И.С. Антипин^a

^a Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова,
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия

e-mail: enkhrushheva@kpfu.ru

В литературе широко известны производные 1,2,3-триазолов, обладающие широким спектром биологической активности, включая противораковые, анти-ВИЧ и антибактериальные свойства [1, 2]. В свою очередь, другим перспективным классом биологически активных соединений являются производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидина [3]. Объединение этих гетероциклических структур может привести к потенциальному увеличению фармакологических свойств. Таким образом, целью данной работы послужил направленный синтез триазолильных производных на основе тиазоло[3,2-*a*]пиримидина, изучение их структуры и супрамолекулярной организации в кристаллической фазе.

В ходе работы были модифицированы [4] и успешно реализованы на практике методики синтеза триазольных производных (схема 1), структура которых была подтверждена комплексом физико-химических методов анализа.

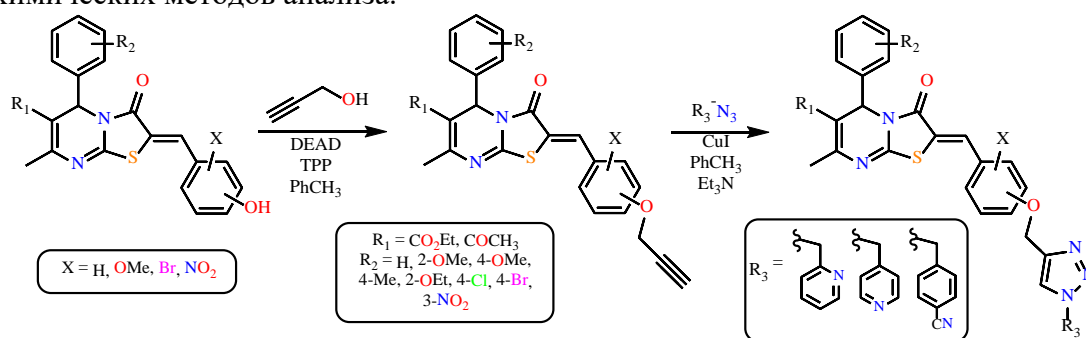


Схема 1. Синтетический маршрут для получения триазолильных производных на основе тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФИЦ КазНЦ РАН для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

1. D. Dheer, et al. *Bioorganic Chemistry*, **2017**, 71, 30-54.
2. J.J. Wei, et al. *Chin Pharm J.*, **2011**, 46, 481-485.
3. A.S. Agarkov, et al. *Molecules*, **2022**, 27(22), 7747.
4. E.R. Gabitova, et al. *Chem. Proc.*, **2024**, 16(1), 43.

НЕГОРЮЧИЕ ПЕНОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

Д.И. Хусаинов, К.А. Андрианова

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

jahongir03033@mail.ru

Пеноматериалы на основе алюмосиликатов представляют сегодня большой интерес как новые теплостойкие изоляционные материалы, благодаря стойкости к высоким температурам, химической коррозии, низкой усадке, а также доступности сырья.

Целью данной работы была разработка состава и режимов получения негорючих пеноматериалов на основе алюмосиликатов. В качестве исходного компонента для получения алюмосиликатной пены использовали метакаолин марки ВМК-45. В качестве активирующего агента использовали щелочной раствор силиката натрия.

Пены получали двумя способами: вспениванием в печи и под действием микроволнового излучения. Показано, что полученные пены характеризуются равномерной мелкопористой структурой, средний размер пор составляет 800-1000 мкм. Добавление вспенивающего агента приводит к значительному увеличению кратности вспенивания, при этом наиболее эффективной концентрацией вспенивающего агента является концентрация до 1,5-2 мас.%. Для определения механических свойств пен были проведены испытания на сжатие. Показано, что значения прочности на сжатие алюмосиликатных пен находятся в интервале от 0,9 до 2,8 МПа в зависимости от плотности пен. Износостойкость алюмосиликатных пен оценивалось путем определения коэффициента истирания с помощью шлифовальной машины. Показано, что с увеличением плотности пены коэффициент истирания снижается.

Повышенная термическая стабильность (до 600°C) и огнестойкость позволяют предложить данные составы в качестве заполнителей многослойных конструкций типа сэндвич-панели с повышенной пожаробезопасностью.

Работа выполнена в рамках Передовой инженерной школы «Комплексная авиационная инженерия» (Соглашение 075-15-2025-129).

ПОЛУЧЕНИЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ ФТОРГИПСОВОГО СЫРЬЯ

О.В. Чаплыгина, Т.Б. Думова, А.М. Жжонных, Н.С. Новиков

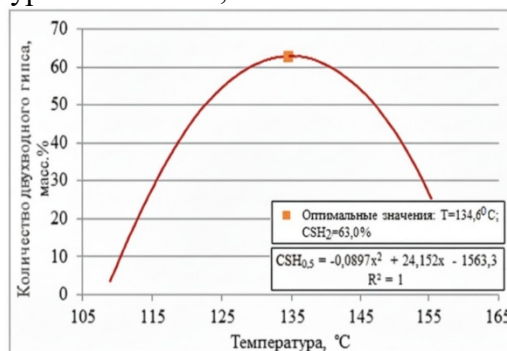
Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия

chapliginaolga06@yandex.ru

В работе исследована возможность получения гипсовых вяжущих на основе фторгипса – побочного продукта производства плавиковой кислоты. Ежегодно в мире производится более 200 миллионов тонн фторгипса, большая часть которого не подвергается переработке. Превращение техногенных отходов в востребованные материалы является критически важной задачей для снижения загрязнения окружающей среды.

Цель работы заключается в определении оптимальных условий термической обработки фторгипса для получения строительного гипса и оценке влияния химических добавок на его прочностные характеристики. В ходе исследования была установлена зависимость между температурой термической обработки (обжига) исходного сырья и степенью его дегидратации. Для улучшения механических свойств в состав вводился суперпластификатор СБВ-500 (товарная марка; представляет собой комплексную добавку для гипса, включающую поликарбоксилатный гиперпластификатор). Прочностные характеристики полученных образцов определялись стандартными методами и сравнивались с показателями товарного строительного гипса марки Г5.

Установлено, что максимальное количество полугидрата сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) в количестве 62,5% (остальное – примеси, в том числе ангидрид в составе исходного продукта до обжига) образуется при температуре обжига 134,6°C.



Прочность образцов, изготовленных из фторгипса без добавок, оказалась ниже, чем у товарного гипса, что обусловлено пониженным содержанием активного вяжущего компонента ($\text{CSH}_{0,5}$). Введение суперпластификатора СБВ-500 позволило повысить прочностные характеристики за счет снижения водопотребности смеси. При температуре обжига 135°C-150°C с использованием добавки была достигнута прочность на сжатие 10,4-12,4 МПа, соответствующая марке гипса Г-7 или Г-10.

В результате исследования была установлена принципиальная возможность получения строительного гипса востребованных марок в строительной отрасли (не ниже Г5) из низкокачественного сырья с высоким содержанием ангидрита.

Работа выполнена в рамках государственного задания по науке ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», номер проекта FSRZ-2023-0009.

СИНТЕЗ И ФУНГИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ТЕТРАЗОЛИЛСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ РЯДА 2(5H)-ФУРАНОНА И 3-ПИРРОЛИН-2-ОНА

Н.С. Чарушин, Е.Ш. Сайгитбаталова, С.В. Колышкина, Л.З. Латыпова,
А.Р. Каюмов, А.Р. Курбангалиева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

NiSCharushin@kpfu.ru

В последние десятилетия для направленной модификации свойств биологически активных соединений в их структуру все чаще вводится фрагмент тетразола, способный проявлять биоизостерические свойства кислотных и амидных групп, повышать метаболическую устойчивость, понижать токсичность и влиять на биологическую активность модифицированных им соединений. Целью данной работы явилась разработка методов синтеза новых гетероциклических соединений, сочетающих в своей структуре фармакофорные фрагмента тетразола и 2(5H)-фуранона или 3-пирролин-2-она, а также изучение их фунгицидных свойств.

На первом этапе работы из коммерчески доступных спиртов и мукохлорной кислоты получены различные 5-алкокси-2(5H)-фураноны, на основе которых по реакции региоселективного тиолирования с участием 5-меркапто-1-фенилтетразола синтезирована серия тетразолилсульфанильных производных 2(5H)-фуранона.

Тетразольный цикл напрямую был связан с фураноновым путем взаимодействия 5-алкоксифуранонов с натриевыми солями 5-метил- и 5-фенилтетразола. В реакциях тетразолилсульфанильных производных 2(5H)-фуранона с аммиаком, первичными аминами и аминокислотами получена серия соответствующих производных ряда 5-гидрокси-3-пирролин-2-она.

Изучена способность синтезированных соединений подавлять рост бактерий *E. coli* и *S. aureus*, дрожжей *C. albicans*, а также ряда плесневых грибов. Определены МПК соединений в отношении бактериальных и грибковых культур. Выявлены 4 вещества, продемонстрировавшие фунгицидные свойства в отношении *A. niger*, *F. solani* и *C. albicans*, 2 тетразолилтиоэфира фуранона дополнительно проявили противогрибковую активность по отношению к *A. alternata*. Для наиболее активных соединений определена цитотоксичность в отношении клеток легкого эмбриона коровы, а также выявлен синергетический эффект при комбинации с коммерческими фунгицидами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 23-73-10182).

СИНТЕЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОФУРОКСАНОВ, ОБЛАДАЮЩИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ И ФУНГИЦИДНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Е.В. Чебакова ^a, И.В. Галкина ^a, М.П. Шулаева ^b, О.К. Поздеев ^b, А.В. Герасимов ^a,
Х.Р. Хаяров ^a, Ю.В. Бахтиярова ^a

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

^b Казанская государственная медицинская академия, Казань, Россия

evgeneachebakova@mail.ru

За последние десятилетия изучено и описано огромное количество производных бензофуроксанов, которые проявляют широкий спектр биологической активности [1].

Целью работы стал синтез ряда производных 5,7-дихлоро-4,6-динитробензо-фуроксана (I-V), обладающих антибактериальной и фунгицидной активностью.

Синтезированные соединения получены конденсацией 5,7-дихлоро-4,6-динитро-бензофуроксана с различными алифатическими аминами в среде этанола (Рис. 1).

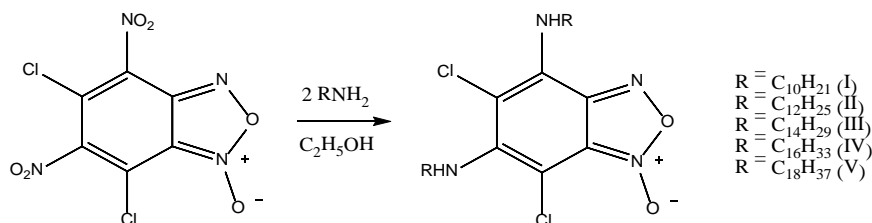


Рисунок 1. схема синтеза аминопроизводных 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофуроксана

Исследована антибактериальная и фунгицидная активность (кафедра микробиологии КГМА) в отношении патогенной и условно-патогенной микрофлоры человека и животных (*Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* и грибка *Candida albicans*). Наибольшее значение величины зоны задержки роста было выявлено у соединения III ($d = 20$ мм для *B. cereus* и $d = 18$ мм для *Candida albicans*).

Определена острая токсичность соединения III на мышах (кафедра эпизоологии, паразитологии и патологической анатомии ФГ ГОУ ВО «КГАУ»), которая составила 8650 мг/кг и по классификации ГОСТ 12.1.007-76 относится к 4 классу опасности – «малоопасное вещество».

1. Galkina I.V., Romanov S.R. and et. Bioactive Dioxo-Phosphobetaines derived from the reaction of Dichlorodinitrobenzofuroxane with various phosphines // Bioorg. Chem. 2025. Vol.163. P. 1-10.

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА В ДЕНДРИМЕРАХ НА ПЛАТФОРМЕ ГАЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ В КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ

П.С. Чернова, Д.В. Брусницын, А.Н. Рамазанова, М.А. Зиганшин,
В.А. Бурилов, Б.Х. Гафиатуллин, А.М. Димиев

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

polina_chernova_96@list.ru

В настоящее время дендримеры в составе сенсоров привлекают к себе пристальное внимание благодаря предорганизации центров связывания, высокой адсорбционной способности и конструированию широкого спектра амфифильных структур.

В рамках работы были разработаны композитные электроды, модифицированные углеродными наноматериалами (механическая смесь из углеродных нанотрубок и восстановленного оксида графена) и наночастицами золота, стабилизированных дендримерами на платформе галловой кислоты различного поколения. Исследование композитных материалов проводили дифференциальной импульсной вольтамперометрией, спектроскопией электрохимического импеданса и динамическим рассеянием света. По полученным данным наиболее подходящими для стабилизации наночастиц золота являются дендримеры на платформе галловой кислоты третьего поколения, так как такие наночастицы обладают более низким индексом полидисперсности и меньшим размером, по сравнению с наночастицами золота, стабилизированными дендримерами на платформе галловой кислоты первого и второго поколений. Применение в составе композитного электрода помимо наночастиц золота в дендримерах на платформе галловой кислоты углеродных материалов приводит к значительному увеличению токов окисления наночастиц и смещение их потенциала. По данным спектроскопии электрохимического импеданса минимальное значение сопротивления переноса электрона наблюдается для композита на основе сочетания углеродных материалов и наночастиц золота, стабилизированных дендримерами на платформе галловой кислоты второго поколения.

Разработанные материалы являются перспективными, поэтому могут быть использованы для создания биосенсоров при определении лекарственных соединений.

СИНТЕЗ ДИТИОФОСФОРИЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА

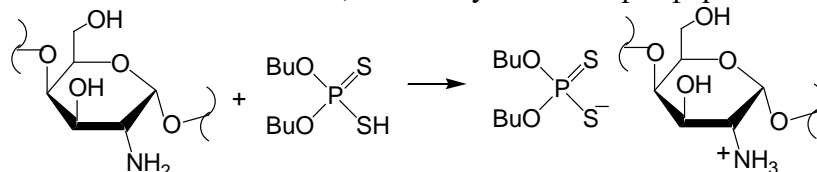
Д.А. Чудаков ^a, И.Л. Анисимов ^b, И.С. Низамов ^b, А.Я. Самуилов ^a

^b Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

^a Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

danya.chudakov.2001@mail.ru

Среди природных высокомолекулярных соединений одно из центральных мест занимает хитозан, получаемый из хитина в качестве возобновляемого сырья. Хитозан обладает низкой токсичностью, биосовместимостью с клетками организма человека и теплокровных животных, биоразлагаемостью, антибактериальным действием против грамположительных и грамотрицательных бактерий и фунгицидной активностью, что актуализирует широкое применение хитозана и его функционализированных производных в микробиологии, медицине, ветеринарии и сельском хозяйстве. Аминогруппы хитозана при взаимодействии с органическими кислотами могут образовывать солевые структуры. Среди сильных органических кислот дитиокислоты фосфора представляют интерес для синтеза низкотоксичных дитиофосфорилированных производных хитозана. Установлено, что хитозан (со степенью деацетилирования 85 % и средней молекулярной массой 160000 дальтон) реагирует с О,О-ди-*n*-бутилдитиофосфорной кислотой в молярном соотношении 1:1 в этаноле при 50 °С в течение 2.5 ч с образованием хитозанаммониевой соли О,О-ди-*n*-бутилдитиофосфорной кислоты.



Полученная соль в спектре ЯМР $^{31}\text{P}\{^1\text{H}\}$ в этаноле содержит четыре сигнала в слабом поле (107.8, 109.5, 110.6 и 111.4 м.д.) в отличие от исходной кислоты (86 м.д.).

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ № 24-23-00513.

СОЛЬВАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГИДРОСУЛЬФАТА ВТОР-БУТИЛАММОНИЯ И ТРИФТОРМЕТАНСУЛЬФОНАТА 1-ЭТИЛПИРАЗОЛИЯ

Я.Е. Чумаков, Т.И. Магсумов, И.А. Седов

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

yaroslav.makarevskiy@mail.ru

Для разделения смесей углеводородов с близкими температурами кипения в промышленности прибегают к экстрактивной дистилляции в полярных растворителях, таких как сульфолан, N-метил-2-пирролидон, N-метилацетамид и т.д. Однако испарение этих растворителей приводит к дополнительным расходам. В качестве альтернативы этим растворителям рассматриваются ионные жидкости, применение которых требует меньшего количества технологических стадий вследствие их малого давления паров. Эффективность разделения углеводородов в ионных жидкостях оценивают исходя из значений коэффициентов активности разделяемых веществ при предельном разбавлении.

В рамках данной работы в гидросульфате втор-бутиламмония [sBA][HSO₄] и трифторметансульфонате 1-этилпиразолия [EPz][OTf] методом равновесного анализа равновесного пара были определены коэффициенты активности при предельном разбавлении (γ^∞) алканов и ароматических углеводородов. Были рассчитаны параметры селективности разделения ($S_{12} = \gamma_1^\infty / \gamma_2^\infty$) для пар алкан/арен.

Обнаружено, что углеводороды в [sBA][HSO₄] обладают более высокими значениями коэффициентов активности, чем в [EPz][OTf]. Это можно объяснить наличием ОН-группы в составе гидросульфат-аниона, приводящей к образованию водородных связей, уменьшающих растворимость углеводородов в [sBA][HSO₄]. При этом в [EPz][OTf] наблюдаются большие коэффициенты селективности, чем в N-метил-2-пирролидоне и N-метилацетамиде. Поэтому возможно применение [EPz][OTf] в процессах разделения ароматических и алифатических углеводородов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №24-13-00062.

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ НЕФТЯНЫХ АСФАЛЬТЕНОВ

К.В. Шабалин, Л.Е. Фосс, Д.Н. Борисов

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия*

veritas777999@mail.ru

Асфальтены, являясь наиболее высокомолекулярными и поликонденсированными компонентами нефти, представляют интерес в качестве молекулярной платформы для создания новых практически полезных продуктов с высокой добавленной стоимостью. В основе асфальтенов находится полиароматическое ядро, по периметру которого располагаются различные заместители, такие как алкильные, карбоксильные, гидроксильные и дисульфидные группы, азот-, кислород- и серосодержащие гетероциклические и нафтенновые фрагменты, а также порфириновые и псевдопорфириновые комплексы тяжелых металлов, главным образом представленные ванадием и никелем [1].

Асфальтены относительно легко вступают в реакции химической модификации. Установлено, что окисление [2], сульфирование [3] и нитрование [4] нефтяных асфальтенов приводит к значительным изменениям их структурно-группового состава с образованием множества новых кислородсодержащих функциональных групп, что, в свою очередь, позволяет использовать модифицированные асфальтены в качестве адсорбентов тяжелых металлов, фенола или катализаторов различных промышленно-значимых процессов.

Целью данной работы является окисление нефтяных асфальтенов по модифицированному методу Хаммера [5] в зависимости от рН среды. В качестве окислителя использовался перманганат калия. Изменение рН среды достигалось отношением избытка концентрированной серной кислоты к массе асфальтенов.

С помощью ИК-спектроскопии показано, что модификация нефтяных асфальтенов по методу Хаммера, помимо реакции окисления, сопровождается побочными процессами сульфирования, которые приводят к повышенному расходованию серной кислоты, что в свою очередь изменяет значение рН реакционной среды до нейтрального. Известно, что при окислении перманганатом калия при нейтральном значении рН, происходит восстановление перманганат аниона до нанодисперсного MnO_2 . Оксид марганца (IV), нерастворимый в условиях реакционной среды, частично адсорбирует молекулы модифицированных асфальтенов, что в свою очередь приводит к снижению выходов целевых продуктов реакции.

Таким образом, окисление нефтяных асфальтенов по модифицированному методу Хаммера приводит к целевым продуктам окисления только при использовании кратных избытков концентрированной серной кислоты, что в свою очередь сопровождается побочными процессами сульфирования. Модифицированные асфальтены могут найти потенциальное широкое применение в качестве адсорбентов тяжелых металлов или катализаторов реакции ацетализации и Кабачника-Филдса.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН.

1. *Bunger J.W., Li N.C.* Chemistry of asphaltenes. Washington, D.C.: ACS, 1981, 260 p.
2. *Shabalin K.V., Foss L.E., Borisova Y.Y. et al.* // Pet. Sci. Technol. 2020. V. 38. No. 22. P. 992.
3. *Shabalin K.V., Musin L.I., Foss L.E. et al.* // Pet. Chem. 2022. V. 62. No.2. P. 222.
4. *Nagornova, O. A., Foss, L. E., Shabalin, K. B., et al.* // Chem. Technol. Fuels Oils. 2021. V. 57. No. 4. P. 645.
5. *Jung H., Bielawski C. W.* // Commun. Chem. 2019. V. 2. No. 1. P. 113.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ ПАЛЛАДИЯ ДЛЯ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА ВОДОРОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.А. Шамсутдинов^{a,b}, И.С. Антипин^{a,b}, А.Ю. Зиганшина^b, М.К. Кадиров^b

^a Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

^b Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН, Казань, Россия

amir.shamsutdinov.03@list.ru

В рамках наших исследований разработан принципиально новый тип катализатора, состоящий из наночастиц палладия, стабилизированных полианионным макроциклом. В отличие от традиционных ПАВ, выполняющих лишь стабилизирующую функцию, этот макроцикл активно участвует в катализе.

Синтезированный катализатор продемонстрировал чрезвычайно высокую каталитическую активность: максимальная мощность достигает 450 мВт/см². Для сравнения, известные аналоги показывают значительно меньшие значения: Pd на пористом углероде – 221 мВт/см², на графене – 200 мВт/см² [1], а Pd-многогранные структуры – 188 мВт/см² [2]. Кроме того, большинство существующих катализаторов получают физическими методами, которые требуют многоступенчатого синтеза, страдают от коррозии углеродных подложек при напряжении выше 1,0 В, неравномерного распределения частиц и склонности к агломерации.

Таким образом, разработанные наночастицы представляют собой значительный прорыв в создании платинонезависимых катализаторов для водородных двигателей. Их применение может повысить эффективность и надёжность топливных элементов, ускорив переход к водородной экономике.

1. Chandran, P. High-performance Platinum-free oxygen reduction reaction and hydrogen oxidation reaction catalyst in polymer electrolyte membrane fuel cell / P. Chandran, A. Ghosh, S. Ramaprabhu // Sci. Rep. – 2018. – V. 8. – № 1. – Reg. 3591. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22001-9>
2. Lee, S. Shape- and Size-Controlled Palladium Nanocrystals and Their Electrocatalytic Properties in the Oxidation of Ethanol / S. Lee, H. Cho, H.J. Kim, J.W. Hong, Y.W. Lee // Materials – 2021. – V. 14. – № 11. – Reg. 2970. <https://doi.org/10.3390/ma14112970>

ЛИПИДНАЯ ФРАКЦИЯ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ МУХИ ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА

А.А. Шапошникова, Н.Ф. Султанмуратова, Г.А. Ивкова

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

Jade_770_zzzness@mail.ru

В составе биомассы личинок мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) значительная доля принадлежит жирам и белкам, что позволяет рассматривать данный биообъект как природный неисчерпаемый источник биологически активных веществ. Эти личинки – природная биофабрика перевода разнообразных органических отходов путём биоконверсии в ценнейшие белковые и липидные физиологические вещества.

Особое место уделяется незаменимым полиненасыщенным жирным кислотам, которые в организме человека выполняют важнейшую функцию – синтез эндогормонов, отвечающих за стрессоустойчивость сердечно-сосудистой системы. Для обеспечения нормального функционирования данной системы человеческий организм запрограммирован на соотношение 1:1 для (n-6):(n-3) полиненасыщенных жирных кислот. При данном соотношении обеспечивается необходимый баланс эндогормонов.

Нашей лабораторией была выделена липидная фракция, содержащая лауриновую, миристиновую, пальмитиновую и другие ненасыщенные жирные кислоты. Была доказана особая организация липидного комплекса, что, видимо, связано с особенностью биологии мухи *Hermetia illucens*.

Хочется отметить, что исследования таких комплексов кислот перспективно, так как многие из них обладают физиологической активностью.

КАЛИБРОВКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ СВЯЗУЮЩИХ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ

В.О. Шевченко, Бубнов Д.А., О.Л. Хамидуллин

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

vadimshef2003@gmail.com

Точное определение теплофизических характеристик связующих материалов на начальных жидких стадиях критически важно для моделирования и оптимизации технологических процессов формирования полимерных композитов. Метод регулярного теплового режима с использованием одноразовых калориметров перспективен для таких задач, однако его точность при работе с жидкостями может быть ограничена существенным влиянием теплоемкости стенок калориметра, что требует обязательное исследование влияния стенок калориметра и его последующую калибровку.

Цель работы: Провести калибровку методики измерения температуропроводности на основе метода регулярного режима с введением поправочного коэффициента, учитывающего теплоемкость стенок калориметра, для исследований жидких сред.

В качестве калориметра использовался цилиндрический сосуд из меди. Измерения проводились методом регулярного режима. Для учета влияния теплоемкости стенок калориметра, искажающих темп нагрева исследуемой жидкости, был введен поправочный коэффициент k в расчетную формулу.

Скорректированный коэффициент температуропроводности a ($\text{м}^2/\text{с}$) рассчитывался по формуле: $a = K \cdot m \cdot k$, где K – коэффициент формы α -калориметра, для круглого цилиндра радиусом R и длиной L : $K = \frac{1}{\frac{5,783}{R^2} + \frac{9,97}{L^2}}$, м^2 ; m – темп регулярного режима: $m = \frac{\ln \theta_1 - \ln \theta_2}{\tau_2 - \tau_1}$, $1/\text{с}$; θ_1 и θ_2 – разность температур между точкой тела и температурой внешней среды, K ; k – поправочный коэффициент, учитывающий теплоемкость материала калориметра, определяется эмпирически при калибровке на эталонных жидкостях.

Для калибровки методики были проведены измерения коэффициента температуропроводности эталонных жидкостей – дистиллированной воды и глицерина. Поправочный коэффициент k был подобран таким образом, чтобы минимизировать отклонение от эталонных значений.

Результаты измерений до и после введения поправки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты калибровочных измерений

Исследуемая жидкость	Эталонное значение a^* , $\text{м}^2/\text{с} \times 10^7$	Измеренное значение (без поправки)	Погрешность, %	Подобранный коэффициент k	Измеренное значение (с поправкой)	Погрешность, %
Дист. вода	1,613	1,461	~9,5	1,1	~1,6071	~0,37
Дист. вода	1,613	1,396	~13,4	1,1	~1,5356	~4,80
Дист. вода	1,613	1,486	~7,9	1,1	~1,6346	~1,34
Дист. вода	1,613	1,465	~9,2	1,1	~1,6115	~0,09
Дист. вода	1,613	1,396	~13,5	1,1	~1,5356	~4,80
Глицерин	8,323	7,481	~10,1	1,1	8,2291	~1,13
Глицерин	8,323	7,161	~13,9	1,1	~7,8771	~5,36
Глицерин	8,323	7,624	~8,3	1,1	~8,3864	~0,76
Глицерин	8,323	7,291	~12	1,1	~8,0201	~3,64

Как видно из таблицы 1, первоначальные измерения без поправочного коэффициента дали систематическую погрешность около 10%, что подтверждает существенное влияние теплоемкости стенок калориметра.

В ходе работы был определен поправочный коэффициент $k \approx 1,1$, что позволило значительно повысить точность измерений. После коррекции погрешность для дистиллированной воды составила около 1,7%, а для глицерина – 2,3%, что свидетельствует о высокой эффективности предложенной модификации данной методики.

СЕЛЕКТИВНОЕ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАЦЕТАМОЛА, АСПИРИНА И АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ КОМПОЗИТОМ НА ОСНОВЕ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА И ЧАСТИЦ БИМЕТАЛЛИТА ЗОЛОТО-ПАЛЛАДИЙ

А.А. Щеголихина, А.В. Гедмина, И.Е. Рогожин, Л.Г. Шайдарова

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

ssaleks176@gmail.com

Всё большую популярность приобретают комбинированные лекарственные средства, содержащие два и более активных компонента, которые обладают более высокой эффективностью по сравнению с монокомпонентными, поэтому разработка селективных методов контроля содержания индивидуальных компонентов при совместном присутствии в лекарственных средствах является актуальной.

Целью работы является разработка селективного вольтамперометрического способа определения парацетамола (ПЦ), аскорбиновой (АК) и ацетилсалициловой кислот (АсК) при совместном присутствии на электроде из стеклоуглерода (СУЭ) с биметаллитом золото-палладий (Au-Pd), электроосажденного на восстановленный оксид графена (ГО_{восст}).

Исследуемые соединения окисляются на СУЭ в кислой среде необратимо, их аналитические сигналы проявляются в виде широких перекрывающихся пиков, что усложняет возможность их детектирования на немодифицированном СУЭ. Установлено, что окисление АК, ПЦ и АсК на СУЭ с бинарной системой Au-Pd (Au-Pd-СУЭ) происходит по медиаторному механизму при $E + 0.42\text{В}$, $E + 0.77\text{В}$ и при $E + 1.12\text{В}$ соответственно, при этих потенциалах происходит окисление палладия и золота до нано- и микроразмерных оксоформ золота и палладия. Величина каталитического эффекта, выраженного в отношении величин токов окисления модификатора в присутствии и отсутствии исследуемых субстратов, увеличивается при переходе к СУЭ на основе ГО_{восст} и осадка Au-Pd (Au-Pd-ГО_{восст}-СУЭ).

Разница потенциалов окисления рассматриваемых аналитов позволила разработать селективный способ вольтамперометрического определения на Au-Pd-ГО_{восст}-СУЭ. Нижняя граница определяемых содержаний АК и ПЦ достигает $5 \times 10^{-7}\text{М}$ соответственно и $5 \times 10^{-6}\text{М}$ для АсК. Разработанный селективный вольтамперометрический способ определения АК, ПЦ и АсК на Au-Pd-ГО_{восст}-СУЭ был апробирован в анализе многокомпонентных лекарственных средств (Цитрамон, Цитрапак, Аскофен и Парацетамол ЭкстраТаб).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ И ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ: ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ УСАДКИ И ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

К.А. Юнусова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева - КАИ», Казань, Россия*

jukamilla20001700@gmail.com

Современное авиастроение предъявляет исключительные требования к точности, прочности и массе компонентов. Ключевой проблемой, напрямую влияющей на качество, является усадка материала, приводящая к деформациям и внутренним напряжениям. В производстве малых серий и опытных образцов конкурируют два основных подхода: классическое литье под давлением и аддитивные технологии.

Литье под давлением, предполагающее заливку расплава в пресс-форму, остается безальтернативным методом для серийного производства относительно простых деталей. Его главные преимущества — стабильно высокие и изотропные механические свойства, а также возможность минимизировать усадку (0,5-1%) за счет оптимизации литниковых систем, создания градиента температуры и применения специальных сплавов, таких как алюминиевые А356/А360 или титановый ВТ6. [1, 2]

В противовес этому, аддитивные технологии предлагают беспрецедентную свободу в создании сложноинтегрированных и облегченных конструкций без затрат на оснастку, что экономически эффективно для малых серий и прототипов. Хотя усадка в 3D-печати (0,2-2%) имеет иную природу и требует калибровки, ее успешно компенсируют предварительным нагревом платформы и использованием специализированных материалов, таких как сплав Scalmalloy® или никелевые суперсплавы. Механические свойства получаемых деталей могут быть очень высоки (например, у SLM-печатного Ti-6Al-4V предел прочности достигает 1250 МПа), однако они часто обладают анизотропией. [3, 4]

Таким образом, литье под давлением незаменимо для крупных серий стандартизированных деталей, где критичны стабильность и себестоимость. 3D-печать, в свою очередь, демонстрирует превосходство в гибкости, позволяя производить уникальные сложные детали из труднообрабатываемых материалов.

1. Григорович М.Б., Колачев Б.А. Материаловедение и технологии конструкционных материалов в авиастроении. – М.: Машиностроение, 2018. – 456 с.
2. Белов С.В., Есьман Б.И. Литье алюминиевых и магниевых сплавов. – М.: МИСИС, 2016. – 234 с.
3. Попов В.В., Казаков А.В. Аддитивные технологии в машиностроении: Учебное пособие. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 312 с.
4. Юсупов И.И. Основные параметры FDM-печати, влияющие на качество изделий: Сборник докладов международной молодежной научной конференции «XXVI Туполевские чтения (школа молодых ученых)», 2023. – 478 с.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА В КАЛИКСАРЕНАХ И ОЦЕНКА ИХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Е.А. Ягодкина, Ю.И. Журавлева, Д.В. Брусницын, А.Н. Рамазанова, В.А. Бурилов

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

eagodkina298@gmail.com

В настоящее время наблюдается высокий интерес к наночастицам благородных металлов, в частности к золоту, в связи с их широким применением в различных областях науки, в том числе сенсорах и биосенсорах, простотой и стабильностью синтеза, возможностями дальнейшей функционализации частиц. Поиск подходящих стабилизаторов для синтеза наночастиц золота ведется достаточно активным образом, однако сложность подбора заключается в процессах агрегации наночастиц.

Нами синтезированы коллоидные наночастицы золота, стабилизированные дисперсией каликс[4]арена. Размер и концентрация наночастиц золота изучены анализом траекторий наночастиц, а электрохимический отклик наночастиц золота изучен путем нанесения коллоидного раствора на поверхность печатных графитовых электродов. В ходе синтеза варьировали исходную концентрацию золотохлористоводородной кислоты, что позволило получить наночастицы золота разного размера согласно данным анализом траекторий наночастиц от 70 до 100 нм. Электрохимическую регистрацию тока окисления наночастиц золота проводили в режиме циклической и дифференциальной импульсной вольтамперометрии, что позволило оценить природу пика и подобрать оптимальные условия измерения сигнала. Пик электрохимического окисления коллоидных наночастиц золота изменяется в диапазоне от 500 – 600 мВ на вольтамперной кривой на фоне буферного раствора в зависимости от исходной концентрации золотохлористоводородной кислоты.

Коллоидные наночастицы золота в каликс[4]аренах, нанесенных на электродную подложку, могут быть применены для создания электрохимических сенсоров и биосенсоров в рамках стратегии развития селективных методик экспрессного определения биологически активных веществ в матрицах сложного состава, в частности для анализа лекарственных препаратов в медико-биологических объектах (пот, слюна, моча).

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ СТЕРЕОРЕГУЛЯРНЫХ БУТАДИЕНОВЫХ КАУЧУКОВ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ.

А.Р. Якупова, Е.В. Темникова, М.Л. Шульга

НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», Нижнекамск, Россия

puska2003@bk.ru

Изучение низкотемпературных характеристик каучуков применяют для оценки структуры полимеров и повышения эксплуатационных свойств материалов из них. Например, параметры температурных переходов используют для оптимизации технологических процессов синтеза каучуков, подбора рецептуры эластомерных композиций и для определения работоспособности полимерных изделий.

Целью работы являлась оценка возможностей метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для анализа низкотемпературных свойств стереорегулярных бутадиеновых каучуков с преобладанием *цис*-1,4-звеньев.

В ходе исследования были решены следующие задачи: определены условия измерения методом ДСК фазовых переходов, проанализированы особенности фазовых превращений в стереорегулярных бутадиеновых каучуках, установлена взаимосвязь между структурой полимера и температурами фазовых переходов. Для изучения образцов бутадиеновых каучуков использовались методы ДСК, инфракрасной спектроскопии (ИК) и ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Данными методами позволили проанализированы более 20 образцов, полученные как в лабораторных, так и в промышленных условиях.

В результате исследований методом ДСК выявлено, что стереорегулярные бутадиеновые каучуки демонстрируют три основных фазовых перехода: плавление, кристаллизация и стеклование [1,2]. Из всех фазовых переходов параметры кристаллизации особенно сильно влияют на морозостойкость каучука [2,3]. Температура плавления коррелирует с содержанием *цис*-1,4-звеньев, причём дефекты в структуре снижают её значение [4]. Интервал температур фазовых переходов обусловлен наличием полиморфных кристаллических структур [4].

Проведённое исследование подтверждает эффективность метода ДСК для детального анализа низкотемпературных свойств стереорегулярных бутадиеновых каучуков и установления взаимосвязи «структура-свойство».

1. ASTM D 3418. Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry.
2. ГОСТ 55134. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Общие принципы.
3. M.F. Bukhina, S.K. Kurland. Low-Temperature behavior of elastomers. Boston, 2007. P.187.
4. В.А. Берштейн, В.М. Егоров. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров. Л.: Химия, 1990 г. 256 с.

СЕКЦИЯ 4
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ
ЭКОСИСТЕМЫ

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ПРЕДРЕЙСОВОГО КОНТРОЛЯ

Д.С. Баимбетов, А.Г. Исавнин

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет, Набережные Челны, Россия

dinar.99@mail.ru

Актуальной проблемой в сфере транспортной логистики являются значительные временные и организационные издержки, связанные с проведением обязательного предрейсового медицинского осмотра водителей. Традиционная система, требующая личного присутствия водителя в медицинском пункте, также обладает высокой субъективностью оценки.

Разработана архитектура и программный комплекс мобильной системы для автоматизации предрейсового медицинского контроля водителей. В качестве клиентской части системы использовано мобильное приложение для ОС Android, реализованное на языке Kotlin. Серверная часть системы построена на основе PHP и СУБД MySQL. Веб-интерфейс для медицинского персонала реализован с использованием HTML, CSS и JavaScript.

Проведена апробация системы, в ходе которой осуществлена интеграция с портативными измерительными устройствами: алкотестером, тонометром и термометром. Верификация работы системы показала, что среднее время проведения полного цикла контроля (авторизация, проведение измерений, передача данных) составляет 4-5 минут, что существенно меньше времени традиционного осмотра.

Установлено, что использование системы позволяет сократить временные затраты на осмотр не менее чем в 10 раз по сравнению с традиционным методом. Использование инструментальных методов измерения обеспечивает объективность контроля и позволяет вести базу данных результатов для последующего анализа.

Таким образом, разработанная система демонстрирует высокую эффективность для автоматизации процессов контроля состояния водителей и может быть рекомендована для внедрения на предприятиях транспортной отрасли.

RAG ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ: ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ CV-МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВНЕШНИХ ЗНАНИЙ

А.М. Гиниатуллин, А.Н. Хайбуллин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

aginiatullin@gmail.com, almaz.khaybullin@mail.ru

В современных системах компьютерного зрения точность интерпретации изображения ограничена лишь визуальным сигналом. Даже мощные модели, такие как BLIP, могут описывать объект, но не имеют доступа к дополнительным знаниям, необходимым для уточнения характеристик, классификации редких объектов или добавления контекста [1]. Для преодоления этого ограничения реализован подход, основанный на Retrieval-Augmented Generation (RAG), объединяющий визуальное распознавание и поиск сведений во внешней базе знаний.

В качестве базовой модели использована архитектура Salesforce BLIP (blip-image-captioning-base), способная формировать текстовое описание объекта по изображению. Полученный текст далее использовался в качестве запроса к векторной базе данных, содержащей сведения об автомобиле: технические параметры, стоимость и особенности комплектаций. Интеграция выполнена через платформу автоматизации n8n, что позволило построить ассистента, совмещающего работу модели компьютерного зрения и RAG-пайплайна.

На практике удалось добиться значительного повышения качества интерпретации: модель корректно выделяла объект на изображении и предоставляла расширенную информацию, недоступную обычной CV-системе. При распознавании автомобиля ассистент автоматически добавлял сведения о возможных характеристиках двигателя и о диапазоне рыночных цен. Это демонстрирует, что использование RAG позволяет формировать более информативные и точные выводы, чем классические методы компьютерного зрения, опирающиеся только на изображение.

Представленный подход подтверждает перспективность объединения визуальных моделей с механизмами поиска знаний. Такой гибридный метод может быть применён в смежных задачах: в анализе медицинских снимков, каталогизации объектов и других областях, где требуется обогащение визуальной информации внешним контекстом.

1. Zheng X. et al. Retrieval-Augmented Generation and Understanding in Vision: A Survey and New Outlook. – arXiv:2501.00001, 2025.

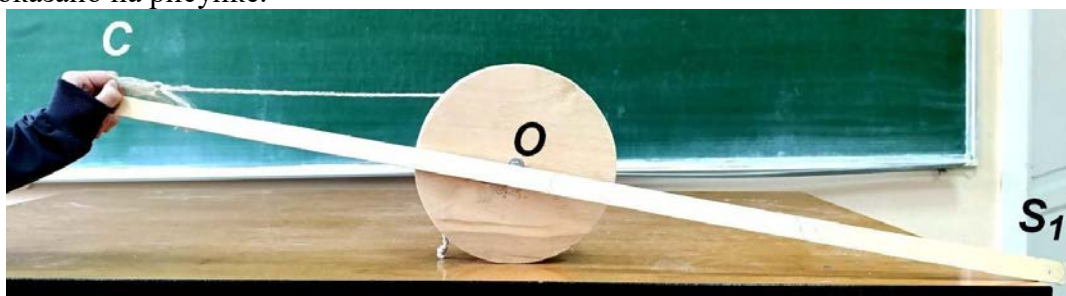
ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ МГНОВЕННОГО ЦЕНТРА ВРАЩЕНИЯ

М.Е. Дворецкая

МБОУ Гимназия №3, город Королёв, мкр. Юбилейный, Московская область, Россия

dvoretskayamaria52@gmail.com

Новое техническое предложение относится к учебным приборам из раздела механики. Цель работы заключается в наглядной демонстрации мгновенного центра вращения тела, которое совершает сложное движение, то есть двигается поступательно, но при этом одновременно вращается. В катящемся колесе мгновенный центр вращения совпадает с точкой касания обода колеса с поверхностью. По определению под мгновенным центром вращения понимается точка тела, линейная скорость которой равна нулю. В учебном процессе трудно уяснить понятие центра вращения [1]. Но это нужно при создании новой техники, в том числе космической [2]. Цель работы заключается в создании наглядного учебного прибора, позволяющего практически доказать существование мгновенного центра вращения на примере катящегося колеса с ободом. Мгновенный центр вращения постоянно изменяет своё положение, но в предлагаемой установке открыты три замечательные точки, всегда лежащие на одной прямой. Опыт получается простым и наглядным. Нужна катушка, на внутренний барабан которой намотана нить, и длинная лёгкая рейка, как показано на рисунке.



В начальном положении катушка расположена на самом краю стола, значит, мгновенный центр вращения тоже должен находиться на самом краю стола, но это надо показать прибором. Для этого надо потянуть за нить, сохраняя нить параллельной столу. Нить разматывается с внутреннего барабана, обод катушки катится без проскальзывания по столу. Рейка одним концом поддерживается у конца C разматываемой нити, а серединой опирается на центральную геометрическую ось O катушки. В процессе движения рейка скользит по оси катушки, но другой частью всегда касается края стола в начальной точке касания, то есть в начальном положении S_1 мгновенного центра вращения. Значит, точка касания обода и поверхности стола всегда является мгновенным центром вращения. Подготовлена заявка на патент на полезную модель.

1. Физика. 9кл. Учебник / А.В.Перышкин, Е.М.Гутник – М.: Дрофа, 2014. – 319[1] с.: ил. ISBN 978-5-359-09883-1.
2. Екимовская А.А. Орбитальный манёвр разрывом вращающегося отрезка // Сборник научных трудов. Фестиваль науки «Гении Подмосковья 2022», г. Королёв, Московская обл., 17.09-20.11.2022. – ООО «Центр молодёжных инициатив», 2022. – С.341-345. – Электронный ресурс:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=70346708>

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ДРЕВНЕГО ОРУДИЯ ПРАЩИ ДЛЯ ОРБИТАЛЬНОГО МАНЕВРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

А.А. Екимовская

ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт», Москва, Россия

any_ekimovskaya03@mail.ru

В изменившихся принципах проектирования малых КА, по сравнению с традиционными орбитальными средствами, актуальной стала задача поиска новых способов запаса и хранения энергии в небольшой по габаритам конструкции. Объектом изучения в этой работе являются малые конструкции. Цель работы заключается в использовании механической энергии вращающегося тела для сообщения малым КА дополнительных скоростей для маневрирования на орбитах. Доказана возможность сообщения малому КА двух дополнительных скоростей в двух заданных точках орбиты, как этого требуют два импульса в манёвре Гомана [1]. В работе решается задача о новой схеме орбитальной системы, состоящей из трёх тел, соединённых механическими связями. Орбитальная система имеет форму равнобедренного треугольника с симметричным распределением двух точечных масс на его основании. Третья точечная масса размещена в вершине треугольника. На низкой круговой орбите система вращается вокруг общего центра масс. Для сообщения первой дополнительной скорости разрываются связи с третьей точечной массой в тот момент времени, когда её линейная скорость вращения направлена противоположно орбитальной скорости центра масс. Третья масса переходит на нисходящую орбиту, а первые две соединённые одинаковые массы переходят на эллиптическую орбиту с увеличенным апогеем и продолжают вращаться. Второй разрыв связей происходит в апогее, переводя третью массу на высокую круговую орбиту. Вторая масса переходит на нисходящую орбиту. Таким образом, для маневрирования на орбитах без химического топлива применяется принцип действия древнего орудия пращи [2].

1. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. Учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана (НИУ), 2024. 529 с. ISBN 978-5-7038-4340-6.
2. Азяский Н.Ф. Праща / Большая Российская энциклопедия. 2004-2017. Режим доступа: https://old.bigenc.ru/military_science/text/3174117 (дата обращения 14.11.2025 г.).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ВЕНДИНГОВЫХ АППАРАТОВ

А.К. Журавлёв, К.А. Григорян

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

aleks.zhuravlev2002@gmail.com

Резюме. Представлена полнофункциональная система видеоаналитики для вендинговых аппаратов, ориентированная на повышение безопасности и эффективности учёта. Архитектура включает модули предобработки (OpenCV [1]), детектирования (YOLOv8 [2]), трекинга (фильтр Калмана [3]), анализа поведения и авто-генерации отчётов. Подготовлен и размечен датасет из 8 000 кадров по классам *person*, *food*, *cutlery*, аннотация и аугментации выполнены в Roboflow [4]. Показана работоспособность в реальном времени и переносимость на новые ракурсы камер.

Ключевые слова: компьютерное зрение, автоматическое отслеживание, видеоаналитика, аномалии.

Введение. Рынок вендинга растёт, а требования к безопасности и управлению запасами ужесточаются. Видеоаналитика позволяет автоматизировать верификацию транзакций, идентификацию товаров и контроль девиантного поведения пользователей. Цель работы - спроектировать и реализовать модульную систему видеоаналитики для вендинговых аппаратов. Сформулированы задачи: анализ моделей CV, сбор и разметка данных, обучение, трекинг, детекция аномалий, генерация отчётов.

Обзор существующих решений.

SMRT1 Technologies [5] предоставляет облачные сервисы, интерактивные сенсорные экраны и распознавание объектов (SMRT1 POD), а также удалённое управление аппаратами, однако решение закрытое и работает по абонентской модели, что ограничивает кастомизацию.

HARMAN Smart Vending [6] ориентировано на IoT и поддерживает распознавание объектов, но не включает подсистем анализа поведения пользователей и долговременного хранения аналитики, при этом платформа также негибкая из-за закрытого кода и подписочной модели.

Linkitsoft [7] предлагает базовые функции (учёт запасов и транзакций) и открытую кодовую базу, но не поддерживает распознавание объектов и аналитику поведения, что существенно ограничивает применимость для видеоаналитики.

Результаты. Система продемонстрировала стабильную работу в реальном времени на базе YOLOv8: трекинг реализован с использованием фильтра Калмана и ассоциации по IoU.

Интеграция разработанных модулей обеспечивает быструю настройку системы, в случае появления новых требований, и точное выявление аномального поведения.

Отчёты формируются автоматически в фиксированном формате CSV: time, class_id, action, object_id, также они организуются по времени и идентификаторам видеопотоков для удобного анализа.

Заключение. Разработано и внедрено решение видеоаналитики для вендинговых аппаратов с полным циклом: от сбора и аннотации данных до детектирования, анализа поведения и отчётности. Показаны преимущества по гибкости и стоимости относительно коммерческих аналогов, намечен контур жизненного цикла модели (дообучение, мониторинг).

1. OpenCV // OpenCV [Электронный ресурс]. 2023. – URL: <https://opencv.org/> (дата обращения: 16.10.2025).
2. Terven J., Cordova-Esparza D. A comprehensive review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and beyond //arXiv preprint arXiv:2304.00501. – 2023.
3. Фильтр Калмана // Habr [Электронный ресурс]. 2013. – URL: <https://habr.com/ru/articles/166693/> (дата обращения: 16.10.2025).
4. Auto-Label // Roboflow [Электронный ресурс]. 2023. – URL: <https://roboflow.com/auto-label> (дата обращения: 23.10.2025).
5. SMRT1 // SMRT1 [Электронный ресурс]. 2023. – URL: <https://smrt1.ca/> (дата обращения: 16.10.2025).
6. HARMAN Smart Vending // HARMAN [Электронный ресурс]. URL: <https://www.harman.com/smart-vending> (дата обращения: 22.10.2025).
7. Linkitsoft // Linkitsoft [Электронный ресурс]. URL: <https://www.linkitsoft.com> (дата обращения: 22.10.2025).

МЕХАНИЗМ ВНИМАНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ ТРАНСФОРМЕРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ

К.М. Загидуллин, Д.П. Данилаев

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

zagkam01@mail.ru

Механизм внимания в архитектуре трансформеров представляет собой мощный инструмент для обработки последовательностей, позволяющий модели динамически взвешивать значимость различных частей входных данных. В задачах обработки сигналов в системах связи, где сигналы подвержены сильным шумовым помехам, такие как аддитивный белый гауссовский шум AWGN, этот механизм особенно эффективен для повышения помехоустойчивости. Формула механизма внимания:

$$\alpha_{i,j} = \text{softmax} \left(\frac{Q_i K_j^T}{\sqrt{d_k}} \right)$$

Где $\alpha_{i,j}$ вычисляет веса на основе сходства запроса Q_i - текущий элемент сигнала и ключа K_j - другие элементы.[1] В зашумлённом сигнале, таких как, QPSK с низким SNR это позволяет модели усиливать вклад фазовых переходов или амплитудных пиков, соответствующих полезному сигналу, и ослаблять шумовые флуктуации. В отличие от свёрточных сетей (CNN), где рецептивное поле локально, механизм внимания учитывает глобальные зависимости по всей последовательности, что критично для сигналов с долгосрочными корреляциями. Также механизм внимания не зависит от фиксированного окна, в отличие от CNN, что делает его подходящим для сигналов переменной длины или с нестационарным шумом. При низком SNR это приводит к снижению вероятности ошибки бит по сравнению с традиционными методами.

В заключение, механизм внимания идеально подходит для повышения помехоустойчивости благодаря глобальному контексту, динамическому подавлению шума и гибкости.

1. Vaswani A., et al. "Attention is All You Need", <https://arxiv.org/abs/1706.03762>

НОЖНИЧНЫЙ ПОДЪЁМНИК С МЕХАНИЗМОМ ЛИПКИНА ДЛЯ БЫСТРОГО РАЗВЁРТЫВАНИЯ АНТЕННЫ РАДИОСВЯЗИ

М.М. Конорева

МБОУ Гимназия №3, город Королёв, мкр. Юбилейный, Московская область, Россия

maryakonor@mail.ru

Опыт применения беспилотных аппаратов показал актуальность обеспечения радиосвязи между оператором и управляемым объектом. Это требование относится не только к летательным аппаратам, но и к наземной технике. Для обеспечения радиосвязи нужна антенна, причём обязательно поднятая на высоту, достаточную для выхода радиосигнала из области приземных помех. Получилось противоречивое техническое требование, потому что скрытность малого аппарата нарушается высотным объектом антенны. Предлагается антенну быстро разворачивать только на короткое время сеанса радиосвязи, а затем быстро убирать. Для этой цели разработан специальный рычажный механизм. Разработка нового технического предложения подъёмного устройства для радиоантенны началась с изучения литературы, поиска аналогов, выбора и критики прототипа. Ножничный подъёмный механизм был выбран первым для более детального исследования, потому что обладает максимальной простотой, возможностью значительного изменения высоты подъёма, но главное – этот механизм можно простым способом и обычными инструментами наращивать множеством подобных рычагов, изменяя требуемую высоту подъёма оборудования [1]. Совместно с ножничным механизмом для его развёртывания предлагается применить механизм Липкина, который преобразует вращательное движение в движение рабочей точки строго по прямой линии [2]. Единичный механизм Липкина не способен поднять рабочую точку и антенну на требуемую высоту. Однако в этом механизме есть очень важная для дальнейшего исследования особенность – движение рабочей точки строго по прямой линии. Эта особенность уже была исследована в авторских работах и применена для создания нового запатентованного механизма [3]. Чтобы в ножничном подъёмном механизме рабочая часть перемещалась строго вертикально, требуется тоже строго вертикально перемещать центральный соединительный шарнир пары ножничных шатунов. При стыковке двух механизмов получилось устройство для оперативного развёртывания и сворачивания антенны. Работа выполнена в кружке «Юный физик – умелые руки» МБОУ «Гимназия №5» города Королёва при поддержке Благотворительного фонда «Образование+».

1. Патент на изобретение RU 2647340 C2. Российская Федерация. МПК B66F 7/06. Ножничный подъёмный стол (варианты) / МОР Кристоф (DE), заявитель и патентообладатель. Заявка 2014153154, заявл. 28.05.2013, конв. приоритет 29.06.2012.
2. Андреев Н.Н. и др. Прямоугольный механизм Липкина // Математические этюды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://etudes.ru/etudes/lipkin-inversor/> (дата обращения 15.11.2025).
3. Патент на изобретение RU 2840552 C2, рег. 26.05.2025. Российская Федерация. СПК F16H 21/04 (2025.01). Направляющий рычажно-шарнирный механизм для одновременного прямолинейного движения двух точек в противоположных направлениях / Конорева М.М. - заявитель и патентообладатель. Заявка на патент на изобр. 2024128552, 26.09.2024. Публ. 26.05.2025, Бюлл. №15. Публ. заявки 05.11.2024, Бюлл. №31.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО СИМУЛЯТОРА ПРИНЯТИЯ КЛИНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВРАЧЕЙ

А.В. Линенко

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

anvlinenko@kpfu.ru

Современная медицина характеризуется высокими темпами обновления знаний и возрастающей сложностью диагностических и терапевтических алгоритмов. Традиционные методы обучения (лекции, разборы случаев) часто не обеспечивают формирования устойчивых навыков принятия решений в условиях неопределенности и ограниченного времени. Возникает необходимость во внедрении инновационных образовательных технологий, позволяющих отрабатывать практические навыки без риска для пациента. Одной из таких технологий являются клинические симуляторы. Разработка и апробация прототипа программного симулятора для формирования и оценки навыков принятия клинических решений у врачей и студентов старших курсов медицинских вузов. Для создания симулятора использована объектно-ориентированная парадигма программирования и язык Python с применением фреймворка Django для веб-интерфейса. База данных реализована на PostgreSQL. Логика клинических сценариев построена на принципе "дерева решений", где каждый выбор пользователя ведет к определенным последствиям, изменяющим состояние виртуального пациента. Разработаны критерии оценки действий пользователя: правильность диагностического алгоритма, целесообразность назначения обследований, адекватность терапии и временные затраты. Разработан функциональный прототип симулятора, включающий: Библиотеку клинических случаев по терапевтическим специальностям (кардиология, пульмонология), отличающихся вариативностью исходных данных и возможных исходов. Интерактивный интерфейс, имитирующий реальный рабочий процесс врача: сбор анамнеза, физикальное обследование, назначение лабораторно-инструментальных исследований, постановка диагноза, назначение лечения. Систему обратной связи, которая по завершении кейса предоставляет развернутый анализ действий пользователя, указывает на ошибки и демонстрирует эталонный алгоритм ведения пациента. Статистический модуль для отслеживания прогресса обучающегося. Представленный симулятор принятия клинических решений является эффективным инструментом для активного обучения, позволяющим моделировать сложные клинические ситуации. Использование симулятора способствует развитию клинического мышления, систематизации знаний и уменьшению числа диагностических ошибок.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАТТЕРНЫ ПОХОДКИ ПРИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА

К.А. Логачева, И.А. Хасанов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

logacheva_02@bk.ru

Болезнь Паркинсона (БП) — второе по распространённости нейродегенеративное заболевание в мире. Наиболее инвалидизирующими являются двигательные симптомы: брадикинезия, шаркающая походка, тремор покоя и эпизоды «застывания» [1]. Раннее выявление этих симптомов необходимо для своевременной терапии и улучшения прогноза.

Однако современные методы диагностики, такие как Единая шкала оценки БП (UPDRS) и лабораторный анализ походки (гейт-анализ), требуют присутствия специалиста и сложного оборудования, что ограничивает их применение для рутинного скрининга. Это создаёт потребность в разработке доступных, неинвазивных и автоматизированных решений, например, на основе видеоанализа [2,3].

Перспективным методом ранней диагностики болезни Паркинсона является анализ паттернов походки с помощью искусственного интеллекта (ИИ) [4]. На основе размеченных видеозаписей алгоритмы компьютерного зрения (например, OpenPose, MediaPipe) выделяют ключевые точки скелета и преобразуют их в пространственно-временные данные координат. Из этих данных извлекаются диагностически значимые параметры: кинематические (длина и частота шага, скорость ходьбы, высота подъема стопы), пространственно-временные (вариабельность и симметрия шага) и параметры осанки, а также специфические паттерны, такие как эпизоды застывания. Обученные на этих признаках модели машинного обучения способны не только определить наличие заболевания, но и оценить тяжесть двигательных нарушений, создавая неинвазивный инструмент для скрининга и мониторинга.

Анализ походки с помощью компьютерного зрения и ИИ — это чрезвычайно актуальное направление для доклинической и ранней диагностики БП. Такой подход позволяет выявить специфические двигательные паттерны на самой начальной стадии, когда нейропротекторная терапия могла бы быть наиболее эффективной. В будущем подобные системы могут быть встроены в приложения для смартфонов или системы видеонаблюдения в клиниках, сделав раннюю диагностику БП массовой, доступной и неинвазивной.

1. Mancini M. et al. Digital gait biomarkers in Parkinson's disease: susceptibility/risk, progression, response to exercise, and prognosis //npj Parkinson's Disease. – 2025. – Т. 11. – №. 1. – С. 51.
2. Lu M. et al. Quantifying Parkinson's disease motor severity under uncertainty using MDS-UPDRS videos //Medical image analysis. – 2021. – Т. 73. – С. 102179.
3. Ali Z. et al. Vision-based approach to knee osteoarthritis and Parkinson's disease detection utilizing human gait patterns //PeerJ Computer Science. – 2025. – Т. 11. – С. e2857.
4. Kim J. et al. Pathological-gait recognition using spatiotemporal graph convolutional networks and attention model //Sensors. – 2022. – Т. 22. – №. 13. – С. 4863.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОРРЕКТИРОВКИ ТОЧНОСТИ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.А. Маричева, Д.Р. Сафиуллин, О.Л. Хамидуллин

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

maricheva_ekaterina@mail.ru

Введение

Предлагается методика повышения точности, с использованием лазерного трекера, позволяющая устранить систематические ошибки и обеспечить точность печати в скорректированной системе координат, преодолевая ограничение для роботизированного аддитивного производства [1].

Описание методики корректировки точности робота-манипулятора

На корпус экструдера устанавливается разработанное крепление, обеспечивающее жесткую фиксацию отражателя лазерного трекера. Конструкция крепления минимизирует вибрации и гарантирует стабильное положение отражателя относительно оси сопла. Перед началом исследований выполнялась процедура определения взаимного положения отражателя и рабочего инструмента в системе координат робота.

Процесс измерения осуществляется по следующему алгоритму. На первом этапе после остановки печати в заданной точке и стабилизации позиции лазерный трекер выполняет высокоточное измерение фактического положения отражателя в глобальной системе координат. Полученные координаты фиксируются как эталонные. Затем робот отводится в базовое положение для исключения влияния на зону печати и обеспечения равномерного охлаждения. После технологической паузы робот повторно позиционируется в запрограммированную точку остановки. Лазерный трекер проводит новое измерение фактического положения отражателя.

Рассчитанная разница между двумя измерениями вносится в систему управления роботом в виде коррекции целевой точки траектории. Ключевым преимуществом разработанной методики является ее адаптивность - система не требует предварительной калибровки всего рабочего пространства и может применяться непосредственно в процессе производства. Внедрение данной разработки позволяет существенно повысить точность позиционирования инструмента при возобновлении печати после технологических перерывов, что в конечном итоге улучшает качество изготавливаемых изделий

Публикация подготовлена в рамках Передовой инженерной школы “Комплексная авиационная инженерия” (Соглашение 075-15-2025-129).

1. Balanji H. M., Turgut A. E., Tunc L. T. A novel vision-based calibration framework for industrial robotic manipulators //Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2022. – Т. 73. – С. 102248.

УЧЕБНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЛИПСА

Т.А. Мерзликин

МБОУ СОШ №12, город Королёв, Московская область, Россия

t.merzlikin@bk.ru

Цель работы заключается в создании лабораторной установки, которая наглядно представляет эллипсы различной формы и одновременно показывает характеристики этих эллипсов. Содержательная формулировка задачи сводится к простому, наглядному и доступному для понимания представлению взаимосвязи между формой эллипса и его характеристиками. Идея создания новой лабораторной установки появилась при ознакомлении с компьютерной учебной моделью «Косые колёса», разработанной Н.Н.Андреевым в Математическом институте им. В.А.Стеклова Российской академии наук [1]. Я.Е.Сычева реализовала эту модель для движителя по рыхлому грунту [2]. Под косым колесом понимается деталь, которая изготовлена из плоского листового материала в форме наклонного сечения плоскостью прямого кругового цилиндра. Необходимость изучения характеристик эллипса связана, например, с исследованием орбит космических аппаратов [3]. Лабораторная установка состоит из электродвигателя, штанги и прикреплённой к ней лазерной указки, формирующей узкий луч света, который проецируется на наклонную пластину. Аналогом предлагаемой установки является школьная наклонная плоскость или трибометр. При быстром вращении, достаточно частоты 10 Гц, проекция светового пятна зрительно воспринимается как непрерывная линия эллипса. Задача свелась к демонстрации характеристик видимого эллипса. Проще всего наглядно показать малую полуось b эллипса, потому что она всегда равна радиусу r кругового цилиндра, образованного вращающимся лазерным лучом, являющимся прямолинейной образующей кругового цилиндра. Большая полуось эллипса демонстрируется максимальным удалением точки эллипса от его геометрического центра. Самый необычный новый результат получился для демонстрации эксцентриситета e эллипса. Эту характеристику эллипса важно знать, например, для выполнения манёвра Гомана при переходе космического аппарата с одной круговой орбиты на другую [3]. Получилось, что $e = \sin a$, где a – угол отклонения плоскости экрана от вертикали. Синус этого угла, то есть эксцентриситет эллипса, показывает вертикальный отвес-ватерпас. Вычисления не нужны, горизонтальная линейка и ватерпас показывают эксцентриситет.

1. Андреев Н.Н. и др. Косые колёса / Математические этюды. Модели. Электронный ресурс: <https://etudes.ru/models/skewed-wheels/> (дата обращения 14.11.2025).
2. Сычева Я.Е. Наклонное эллиптическое колесо для рыхлых поверхностей / IX Колачёвские чтения. Материалы IX Всероссийской молодёжной научно-практической конференции, 4 апреля 2024 г., г. Ступино, Московская область, Ступинский филиал Московского авиационного института (НИУ МАИ). Москва, ИНФРА-М, 1924. С.195-196. <https://elibrary.ru/item.asp?id=82317841&pff=1> (дата обращения 14.11.2025).
3. Екимовская А.А. Орбитальный манёвр разрывом вращающегося отрезка / Сборник научных трудов по материалам Фестиваля науки «Гении Подмоскovie», г.о. Королёв, Моск. обл., Центр молодёжных инициатив, 17 сентября – 20 ноября 2022 г. С.331-345. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=70346708> (дата обращения 14.11.2025).

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Р.А. Муслимов, З.А. Еникеева

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

ramazanui2002@gmail.com

Резюме. Изложена методология оптимизации нейронных сетей для задач компьютерного зрения. Рассмотрены основные направления оптимизации, включая структурные и параметрические методы, эволюционные подходы и автоматизацию проектирования архитектур [1–5]. Показано, что их комбинированное применение позволяет снизить вычислительную сложность моделей при минимальной потере точности. Методология ориентирована на использование в системах классификации, детекции и анализа видеоданных.

Ключевые слова: оптимизация нейронных сетей, компьютерное зрение, эффективность, вычислительная сложность.

Введение. Рост глубины современных нейронных сетей приводит к повышению вычислительных затрат, увеличению времени обучения и энергопотребления, что ограничивает их применение в мобильных и встраиваемых системах. Для снижения ресурсоёмкости требуется разработка методологии оптимизации, позволяющей уменьшить вычислительные расходы при сохранении или незначительной потере точности [1–3].

Цель работы — сформировать комплексный подход к оптимизации нейронных сетей. Задачи включают анализ структурных и параметрических методов [1–2], эволюционных подходов [4–5] и архитектурной оптимизации [3], выявление их ограничений и принципов эффективного сочетания.

Обзор существующих решений.

Методы оптимизации архитектур и перераспределения вычислительной нагрузки позволяют сокращать количество параметров и уменьшать вычислительную сложность при минимальной деградации точности [1–2].

Оптимизация архитектур свёрточных сетей и анализ современных структур (включая ResNet, DenseNet и EfficientNet) демонстрируют влияние построения слоёв на эффективность и точность моделей [3].

Эволюционные алгоритмы применяются для поиска оптимальных гиперпараметров и архитектур, обеспечивая более стабильную сходимость и улучшение вычислительной эффективности сетей [4–5].

Результаты. На основе анализа методов оптимизации определены их ограничения и сформированы принципы их комплексного объединения в единую методологию.

Заключение. Разработанная методология объединяет ключевые методы оптимизации нейронных сетей и демонстрирует эффективность в снижении вычислительной нагрузки при минимальной потере точности. Полученные результаты подтверждают её применимость в задачах компьютерного зрения.

1. Мокрецов Н. С., Архипцев Е. Д. Методы оптимизации моделей нейронных сетей // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2024. – Т. 67. – №. 4. – С. 330-337.
2. Рябушев С. А. Методы оптимизации нейронных сетей // Глобализация науки: История, современное состояние, Перспективы. – 2024. – С. 62.
3. Abd Elaziz M. et al. Advanced metaheuristic optimization techniques in applications of deep neural networks: a review // Neural Computing and Applications. – 2021. – V. 33. – №. 21. – P. 14079-14099.
4. Abdolrasol M. G. M. et al. Artificial neural networks based optimization techniques: A review // Electronics. – 2021. – V. 10. – №. 21. – P. 2689.

5. Cong S., Zhou Y. A review of convolutional neural network architectures and their optimizations // Artificial Intelligence Review. – 2023. – V. 56. – №. 3. – P. 1905-1969.

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТОВАРОВ ДЛЯ УМНОГО МАГАЗИНА

Б.А. Набиев

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Набережные Челны, Россия

nabiev-b_b@mail.ru

Цифровизация розничной торговли требует автоматизации трудоемких процессов [1]. Процесс приемки товаров, основанный на ручном вводе данных, характеризуется низкой эффективностью и высокой вероятностью ошибок [2]. Целью исследования стала разработка прототипа интегрированной системы автоматической идентификации товаров для умного магазина.

В основу решения положена трехуровневая архитектура. Аппаратный уровень включает программируемый логический контроллер Siemens S7-1200 и интеллектуальные камеры SIMATIC MV500. Программная логика реализована в TIA Portal на языке LAD, обеспечивая управление сканированием, распознаванием штрих-кодов и QR-кодов, а также фильтрацию дубликатов. Уровень данных построен на Microsoft SQL Server с автоматическими триггерами T-SQL для идентификации товаров и сверки с данными накладной.

Тестирование подтвердило функциональную готовность прототипа. Нагрузочные испытания показали среднее время обработки запроса 0.9 секунды. Достигнуто качественное преобразование процесса приемки: устранено влияние человеческого фактора, исключены ошибки ручного ввода, повышена скорость операции.

Разработанный прототип представляет собой интегрированную цифровую экосистему, демонстрирующую эффективный подход к автоматизации логистических процессов в ритейле. Результаты работы создают основу для внедрения решения в операционные процессы розничных сетей.

1. Баланов, А. Н. Цифровизация в розничной и оптовой торговле. Разработка, интеграция и внедрение технологических решений : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 452 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/421448> (дата обращения: 17.11.2025).
2. Блинов, В. Р. Оборудование предприятий торговли : учебное пособие / В. Р. Блинов, М. А. Решетько. — Донецк : ДонНУЭТ имени Туган-Барановского, 2023. — 101 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/481784> (дата обращения: 17.11.2025).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ РОБОТА-ХИМИКА

Г.Н. Савельев, В.А. Афонина, А.О. Голубь, М.Ш. Адыганов, Т.Р. Гимадиев

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

Sgn_2003@mail.ru

Автоматизация и роботизация химических исследований являются ключевыми направлениями для повышения скорости и воспроизводимости научных открытий. Роботы-химики требуют полностью автономных систем анализа данных, поскольку ручная обработка становится «бутылочным горлышком» в лабораторном исследовании с большим количеством экспериментальных данных.

Была разработана и реализована на языке Python программная экосистема для сквозной автоматической обработки трехмерных хроматографических данных от ВЭЖХ-хроматографа Knauer. Система выполняет парсинг сырых данных, визуализирует хроматограммы по некоторым основным длинам волн, детектирует артефакты (зашкаливающие пики и пики недостаточной интенсивности), выполняет построение калибровочных кривых, расчет концентраций, строит кинетические кривые и определяет некоторые физико-химические дескрипторы (например, константы скорости реакции) без участия оператора.

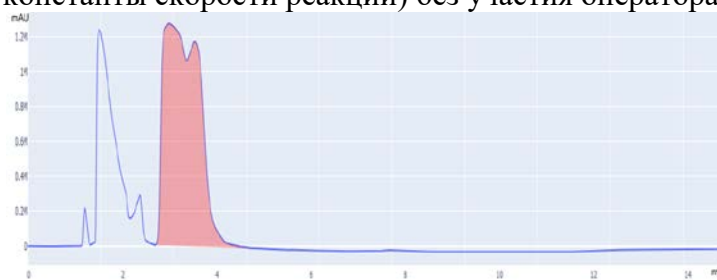


Рисунок 1. Отображение зашкаливающей области при обработке хроматографических данных



Рисунок 2. Отображение области недостаточной концентрации при обработке хроматографических данных

На основании данных обработки модельной реакции димеризации глицина и сравнительного анализа с коммерческим ПО (Knauer Clarity Chrom) была продемонстрирована эффективность предложенного подхода. Применение алгоритма на основе метода k-ближайших соседей для отбрасывания выбросов при построении калибровочных прямых позволило повысить точность определения концентраций на 41,8% и достичь коэффициента детерминации $R^2 > 0,9999$. Последующее внедрение системы в контур управления роботом-химиком позволит исключить задержки на ручной анализ и минимизировать человеческий фактор.

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПРОТЕЗА КИСТИ С МИНИМАЛЬНЫМ РАСХОДОМ ЭНЕРГИИ

В.П. Солдатенко

ФГАОУ «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия

vladislavasoldatenko@yandex.ru

Решаемая научно-техническая проблема заключается в экономии энергии при работе бионического протеза. В настоящее время протезирование достигло такого уровня развития механических систем, что реальными становятся точные механизмы с несколькими степенями свободы. При разработке алгоритмов управления часто применяются методы бионики, то есть сравнения искусственного объекта с живыми организмами [1]. Следовательно, есть смысл перенести движение кисти или пальца человека на перспективный протез. Цель работы заключается в минимизации энергии, требуемой для поворота звеньев трёхрычажного шарнирного механизма для захвата предмета. Требуется решить задачу минимизации суммы углов поворота трёх рычагов относительно нейтральных линий. Новизна задачи и полученных результатов заключается в дополнении известных способов работы манипуляторов или протезов новым программным обеспечением, гарантирующим минимальный расход энергии для более длительной работы автономного источника питания. Актуальность работы следует из постоянного развития и усложнения бионических протезов, а также манипуляторов в робототехнических конвейерных линиях. Трёхрычажный, или трёхсуставный по П.Л.Чебышеву, шарнирный манипулятор приближённо моделирует движение одного пальца человека, имеет три степени свободы, поэтому нуждается в соответствующем программном обеспечении, что полностью соответствует цели исследования [2].

1. Зигалова Е.Ю., Билич Г.Л. Анатомия человека. Современный атлас с подробными иллюстрациями. Серия: Медицинский атлас. М.: Эксмо, 2024. - 432 с.
2. Артоблевский И.И. Теория механизмов и машин. Серия: Классика инженерной мысли: Машиностроение. Справочное пособие для инженеров, конструкторов и изобретателей. В 7 томах. Том 1: Элементы механизмов. Простейшие рычажные и шарнирно-рычажные механизмы. Т.1. Изд. стереотип. М: Машиностроение, 2021. - 500 с.

ШАГАЮЩИЙ МЕХАНИЗМ С ВЫСОКИМ ПОДЪЁМОМ ОПОРЫ

Я.Е. Сычева

МБОУ Гимназия №5, город Королёв, мкр. Юбилейный, Московская область, Россия

yaromelich@mail.ru

Известным классическим шагающим устройством является «Стопоходящая машина» П.Л.Чебышева [1, Том 1]. В этой машине применены четыре шарнирно-рычажных механизма, формирующих шагающие траектории четырёх опор [2]. Недостатком этого устройства является низкая высота шага, что значительно уменьшает проходимость транспортного средства. Цель работы заключается в увеличении высоты траектории опоры шагающей машины для повышения проходимости транспортного средства. Для достижения цели работы предложено заменить классический шарнирно-рычажный механизм на кривошипно-ползунный механизм. Отличием кривошипно-ползунного механизма от шарнирно-рычажного механизма является наличие ползуна [1, Том2]. Но с практической точки зрения для создания нового шагающего механизма важно увидеть высокую траекторию рабочей точки. Если в первом механизме относительная высота шагающей траектории рабочей точки составляет приблизительно 20% от нижнего почти прямолинейного рабочего опорного участка, то во втором механизме этот показатель равен приблизительно 80%. При создании шагающего транспортного средства с подобными механизмами появляется существенная техническая трудность. Единичные механизмы, реализующие шагающие траектории, обязательно требуют сместить шагающую траекторию вниз. Смещение шагающей траектории сверху вниз выполняется различными способами и дополнительными устройствами. Например, конкретной реализацией смещения шагающей траектории сверху вниз является двойной параллелограмм и «Механизм шагающей машины», разработанный А.А.Скворцовой [3]. Новизна работы обоснована двумя новыми элементами и связями в предлагаемом механизме. Первым новым элементом является новый механизм, задающий шагающую траекторию с увеличенной высотой шага, выполненный по кинематической схеме «Кривошипно-ползунного прямолинейно-направляющего механизма» [1, Том 2]. Вторым новым элементом является применение новой связи «Кривошипно-ползунного прямолинейно-направляющего механизма» с механизмом двойного параллелограмма, при которой сформированная шагающая траектория с высоким шагом смещается вниз. Изготовлена действующая модель нового шагающего механизма, которая подтвердила гипотезу об увеличении высоты шага и проходимости шагающего транспортного средства.

Работа выполнена в кружке «Юный физик – умелые руки» МБОУ «Гимназия №5» города Королёва при поддержке Благотворительного фонда «Образование+».

1. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. В 7 томах. Справочное пособие. Изд. 2-е, переработанное. М.: Наука, 1979.
2. Андреев Н.Н. и др. Математические этюды. Этюды. Стопоходящая машина. Электронный ресурс: <https://etudes.ru/etudes/tchebyshev-plantigrade-machine/> (23.08.2025).
3. Патент на изобретение RU 2712370 C2, рег. 28.01.2020. Механизм шагающей машины / Скворцова А.А. Заявка на патент на изобретение 2017138076, заявл., приоритет 01.11.2017. Публ. 28.01.2020, Бюлл. №4. Дата публ. заявки 06.05.2019, Бюлл. №13.

СЕКЦИЯ 5
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ФОРМИРОВАНИЯ И УКРЕПЛЕНИЯ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И
СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

СОЦИАЛЬНАЯ РЕКЛАМА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ: ОСОБЕННОСТИ ДИСКУРСА И ПРОБЛЕМА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Д.В. Васильева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

На сегодняшний день Интернет становится неотъемлемой частью молодого поколения, появляются широкий спектр возможностей также и для всего общества в целом. Для производителей рекламных кампаний сетевое пространство открывает ряд преимуществ. Социальная реклама, использующая возможности цифровой среды, может эффективно привлекать внимание к этим проблемам, формировать общественное мнение и побуждать к действиям, направленным на их решение. Решение социальных проблем стимулирует повышение ее значимости и постановку задач по дальнейшему развитию. Для исследования, посвященные истории становления и развития социальной рекламы относят работы зарубежных социологии, такие как Э. Гидденс, П. Бурдьё, А. Шютц [1], [2], [3].

В рамках исследовательской работы были взят метод полуструктурированного интервью. По словам респондентов, социальная реклама – это социально ориентированный формат информационного продукта, являющийся специализированным направлением в рекламе, целью которого является изменение отношения общественности к социально значимым проблемам и стимулирование позитивных изменений в поведении посредством раскрытия и продвижения этих проблем для повышения вовлеченности общества в их решение. Трансформируются форматы подачи рекламы. Интервью показало, что социальная реклама должна формулировать общественное мнение по социальной проблеме и предлагать пути решения. Эффективность социальной рекламы может измеряться в лайках, репостах, комментариях. Социальная реклама также должна влиять на трансформацию поведения людей. Это сложная задача, которая требует измерения в долгосрочной перспективе. Главный вызов, стоящий перед социальной рекламой в эпоху цифровизации, заключается в умении эффективно привлекать и удерживать внимание целевой аудитории в условиях информационного перегруза, скептицизма и алгоритмической фильтрации контента, чтобы стимулировать реальные, долгосрочные изменения в поведении социальных установок. Кратковременное внимание, клиповое мышление и быстрая переключаемость требуют от социальной рекламы креативности, оригинальности и умение быстро захватить интерес у аудитории.

1. Lasswell H.D. The Theory of Political Propaganda / H. D. Lasswell. –1927, vol. 21, № 3, p. 627.
2. Lazarsfeld P., Berelson, B., Gaudet H. The People's Choice. How the Voter Makes up his Mind in a Presidential Campaign / P. Lazarsfeld, B. Berelson, H. Gaudet. –N.Y.: Columbia University Press, 384 p.
3. Бобров В. В. Социальное развитие: сущность, условия и критерии устойчивости / В. В.Бобров. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 230 с.
4. Бурдьё П. Практический смысл / П. Бурдьё; пер. с фр. А.Т. Бикбов, К.Д. Вознесенская, С.Н. Зенкин, Н.А. Шматко. – СПб.: Алетейя, 2001. С 560.
5. Гидденс Э. Устроение общества. Очерк теории структуризации / Э. Гидденс; пер. с англ. И. Тюрина. – М.: Академический Проект, 2005. С.349
6. Калмыков С.Б. Оценка эффективности и качества социальной рекламы здорового образа жизни/ С. Б. Калмыков // Социология власти. 2011. № 8.
7. Николайшвили Г. Г. Социальная реклама: теория и практика / Г. Г. Николайшвилл // М.: Аспект Пресс, 2008.

ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО РЕЗЕРВА ЧЕРЕЗ РАЗВИТИЕ КУЛЬТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ У ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ

А.А. Екимовская

ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт», Москва, Россия

any_ekimovskaya03@mail.ru

Если школьник услышит слово патент, то обычно он не обратит на это никакого внимания. Это следствие из теории Льва Семёновича Выготского. В школах работают с зонами актуального и ближайшего развития, а патент – это область перспективного развития. Патент – это то, что школьник не достигнет без руководителя. С позиции психологии у школьника моментально появляется страх перед областью патентования, как перед неизвестностью. Причина боязни патентования заключается в отсутствии этого раздела в большинстве общеобразовательных стандартов. Преодолеть такой страх можно только систематичным обучением, например, с помощью вебинаров [1]. Но такой формы мало для вовлечения учеников в патентную деятельность, потому что требуется постоянно следить за изменениями законодательства в этой области, а сделать это может только руководитель [2]. Если рядом есть руководитель – патентовед или изобретатель, то школьники пойдут по его пути. Потенциальная зона развития личности по Льву Семёновичу Выготскому перейдёт в зону ближайшего развития, а может быть, даже в зону актуального развития школьника [3]. Патент, полученный учеником, или даже поданная заявка на патент всегда становятся мощным стимулом для продолжения патентования.

1. Всероссийский практикум «Твоя интеллектуальная собственность», НОЦ, Роспатент-ФИПС, 11-22 ноября 2024 г., список вебинаров, дистанц. обучение, 24 акад. ч. Режим доступа: https://vk.com/video457927039_456239510 (дата обращения 21.10.25).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 сентября 2024 г. №1278 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 10 декабря 2008 г. № 941», «Положение о патентных и иных пошлинах за совершение юридически значимых действий...»
3. Выготский Л.С. Психология развития ребёнка. - М.: Изд-во Смысл, Изд-во Эксмо, 2005. - 512 с. - (Библиотека всемирной психологии). - ISBN 5-699-13731-9.

МЕЖКУЛЬТУРНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ТЬЮТОРОВ КАК РЕСУРС АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ КФУ

В.М. Ефимов, И.Г. Ефимова

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

formik@mail.ru

Образование в России привлекает иностранных студентов благодаря высокому качеству обучения, доступной стоимости, а также богатой культуре и возможностям для профессионального роста. Российские вузы, в том числе и Казанский федеральный университет (КФУ), предлагают фундаментальную подготовку, признанные дипломы, перспективы карьерного роста и, что немало важно для социокультурной адаптации, насыщенную студенческую жизнь, в том числе спортивные секции, творческие студии, участие в фестивалях различного уровня. Можно сказать, что обучение в России для иностранных студентов - это возможность выйти из зоны комфорта и получить новый жизненный опыт, который способствует глубокому погружению в русский язык и культуру, а также развитию межкультурной коммуникации.

Однако в чужой для себя стране иностранные студенты сталкиваются с рядом проблем, таких как языковой барьер, проблемы с адаптацией к местной инфраструктуре и в быту, академические и социальные трудности, связанные с низкой социальной интеграцией и недостаточной поддержкой. Именно поэтому, в аспекте адаптации иностранных граждан к обучению в российских университетах совершенно неопределима роль тьюторов. При работе с иностранными гражданами на первый план выходят именно межкультурные компетенции тьюторов - это комплекс знаний, навыков и установок, позволяющих им эффективно работать с представителями разных культур, что включает в себя понимание культурных различий (аффективный и когнитивный компоненты), умение выстраивать коммуникацию (например, на основе языка и этикета) и использовать различные стратегии взаимодействия в межкультурной среде, чтобы помочь иностранным учащимся в их образовательном процессе. Межкультурная компетентность помогает тьютору создавать пространство, где иностранные учащиеся чувствуют себя комфортно и могут свободно проявлять свои инициативы, независимо от культурного происхождения. Кроме того, тьюторы должны не только сами обладать межкультурной компетентностью, но и помогать в ее развитии иностранным студентам.

РАЗВОД ГЛАЗАМИ ЖЕНЩИНЫ: ПУТЬ СКВОЗЬ БОЛЬ К НОВОЙ ЖИЗНИ

А.С. Кобякова, Л.М. Закирова

Набережночелнинский институт КФУ, Набережные Челны, Россия

rich.alex.company@yandex.ru

Развод – это одно из самых сложных и эмоционально насыщенных событий в жизни женщины. Это кризис идентичности, а не просто расторжение брака. Переживание развода происходит по стадиям: шок, гнев, чувство вины (особенно перед детьми) и лишь затем принятие. Проживание этих этапов необходимо для исцеления [1].

Крах жизненного проекта. В культуре, где семья — высшая ценность, развод воспринимается как крах общего будущего и жизненного замысла, что усугубляет кризис самоопределения женщины [2].

Уникальная нагрузка матери-одиночки. На женщину ложится двойная нагрузка: она должна быть добытчиком, хозяйкой и эмоциональной опорой для ребенка, что приводит к высокому риску выгорания [2].

Социальное давление и стигматизация. Женщина сталкивается с осуждением окружения и стереотипом о необходимости сохранения семьи «ради детей» любой ценой, что усиливает чувство вины и изоляции [2].

Катализатор личностного роста. Пройдя через кризис, женщина имеет возможность пересмотреть ценности, установить здоровые границы, развить самостоятельность и построить новую, более осознанную жизнь [1]. Появляется возможность «пересобрать» себя, развить самостоятельность и найти опору в себе. Открытие в себе новых способностей, использование опыта развода как ресурса для развития [1], от выживания к процветанию, постепенный переход от базовых потребностей к самореализации, наполнение жизни новыми красками и смыслами, способность не просто жить, а радоваться жизни. Это шанс выстроить новые, более зрелые и осознанные отношения в будущем. Профессиональная помощь ускоряет адаптацию. Работа со специалистом направлена на преобразование травматичного опыта в ресурс для развития.

1. Травкова, М. Бывшая жена. Инструкция по преодолению кризиса. – М.: Эксмо, 2019. – 256 с.
2. Петрановская, Л. В. Тайная опора: привязанность в жизни ребенка. – М.: АСТ, 2015. – 160 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О НАРОДНОЙ КУЛЬТУРЕ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Е. Кутеба, О.Г. Бырдина

*Ишимский педагогический институт им. П.П. Ершова филиал ТюмГУ,
Тюменская обл., Ишим, Россия*

Актуальность исследования обусловлена необходимостью сохранения уникального культурного наследия народов Тюменской области в условиях глобализации, потребностью формирования региональной идентичности и воспитания толерантности в полиэтнической среде. Важность темы также подчеркивается возрастной чувствительностью младших школьников к усвоению нравственных норм, требованиями ФГОС НОО к духовно-нравственному развитию и недостаточной разработанностью системных подходов к формированию представлений о народной культуре во внеурочной деятельности.

Степень изученности проблемы показывает, что, несмотря на наличие теоретических и методологических основ (философско-культурологический, этнопедагогический, региональный подходы), остаются неразрешенные противоречия. Они заключаются между потребностью в формировании представлений о народной культуре и недостаточной разработанностью педагогических условий, а также между запросами практики и отсутствием адекватного научно-методического обеспечения этого процесса.

Цель исследования – теоретически обосновать и экспериментально проверить эффективность педагогических условий формирования представлений о народной культуре Тюменской области у младших школьников во внеурочной деятельности.

Вариант решения проблемы заключается в реализации специально разработанных педагогических условий:

1. Использование цифровых образовательных ресурсов (ЦОР): проведение виртуальных экскурсий по этнографическим объектам региона и создание специализированного образовательного сайта с мультимедийными материалами;
2. Применение современных педагогических технологий, в частности, подкаст-технологии для представления и обсуждения фольклора, традиций и легенд народов региона.

Результаты и выводы, возможность практического применения: В ходе исследования была разработана и апробирована программа внеурочной деятельности «Народная культура Тюменской области». Подобран диагностический инструментарий для оценки уровня сформированности представлений у учащихся. Предполагается, что реализация выделенных условий позволит significantly повысить уровень знаний и эмоционально-ценностного отношения младших школьников к народной культуре региона. Практическая значимость работы заключается в том, что разработанная программа, ЦОР и диагностические материалы могут быть успешно использованы педагогами начальной школы в учебной и внеурочной деятельности для духовно-нравственного и патриотического воспитания учащихся.

ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ «ГИБКИХ НАВЫКОВ» У СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЦИФРОВЫХ БЭДЖЕЙ

О.Е. Пфунт, А.О. Яковлева, И.И. Ишмурадова

Набережночелнинский институт КФУ, Набережные Челны, Россия

olesya.pfunt@gmail.com

В современной экономике гибкие навыки становятся критическим компонентом человеческого потенциала, однако их формирование в вузах часто носит фрагментарный характер, а оценка - субъективна. Решением данной проблемы выступает внедрение системы цифровых бэджей, трансформирующей стихийное развитие компетенций в целенаправленный технологический процесс.

Цифровой бэдж представляет собой не просто визуальный значок, а сложный цифровой артефакт, содержащий структурированные метаданные о продемонстрированной компетенции, условиях ее получения и доказательствах достижения. Встраивание этой технологии в образовательный процесс позволяет декомпозировать сложные гибкие навыки на конкретные проверяемые действия. Технологический цикл включает постановку учебных целей, выполнение соответствующих активностей, сбор цифровых доказательств и их последующую верификацию с автоматическим присвоением бэджей.

Важнейшим эффектом внедрения системы становится укрепление профессиональной идентичности студентов. Цифровое портфолио верифицированных бэджей становится внешним отражением личностного и профессионального "Я", позволяя осознанно артикулировать свои сильные стороны. Это способствует преодолению кризиса идентичности, характерного для молодежи, и формированию более уверенной личности, готовой к вызовам современного рынка труда.

Таким образом, система цифровых бэджей представляет собой современную образовательную технологию, позволяющую целенаправленно и измеримо укреплять человеческий потенциал и способствовать формированию уверенной профессиональной идентичности нового поколения.

КАК ТЕАТРАЛИЗОВАННЫЕ ИГРЫ РАЗВИВАЮТ КОММУНИКАТИВНЫЕ НАВЫКИ?

К.Р. Рафикова

Казанский федеральный университет, Институт психологии и образования, Казань, Россия

Kamila.raf.05@mail.ru

Актуальность: В эпоху цифровых технологий общество всё больше времени проводит в Интернете. Общение подростков осуществляется в социальных сетях и мессенджерах, таким образом, живое общение происходит всё реже и уступает виртуальному, а живая коммуникация ослабевает. Чтобы предоставить подросткам возможность развивать коммуникативные навыки, а именно: грамотно общаться со сверстниками и взрослыми в реальном времени, правильно строить диалоги, уместно использовать мимику и жесты, а также красноречиво говорить, были придуманы театрализованные игры, которые входят в рамки театрализованной деятельности, осуществляющуюся в учреждениях дополнительного образования. С помощью театрализованных игр подростки могут эффективно развивать вербальные и невербальные навыки – важные составляющие успешной коммуникации, развивать своё воображение и креативность, раскрывать свои таланты, а также заводить новые знакомства.

Целью работы является проанализировать и выявить, как различные театрализованные игры способствуют развитию коммуникативных навыков у подростков, а также определить виды коммуникации и особенности коммуникативных навыков у детей подросткового возраста.

В исследовании было показано, что театрализованная деятельность эффективно стимулирует развитие коммуникативных навыков подростков, повышает их досуг, способствует развитию творческого потенциала и раскрывает таланты, что помогает также определиться с будущей профессией у подростков, ну и самое значимое для них это осуществлять ведущую деятельность, связанную с общением со сверстниками. Всё это удовлетворяет потребности подростков, стимулирует их когнитивное развитие, помогает достигать поставленных целей и становиться успешным в карьере и в личной жизни.

ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕБНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

В.К. Суворова

Ишимский государственный университет им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ, Ишим, Тюменская область, Россия

Viktoria_syvorova@mail.ru

Проблемой формирования учебной самостоятельности у младших школьников занимались многие ученые, отмечая важность формирования учебной самостоятельности младших школьников, потому как это влияет на объем усвоенных знаний и их применения на практике, формирует дисциплинированность; ранее сформированная самостоятельность влияет на ответственность за свое поведение и поступки в будущем. Также данное суждение подтверждает Стандарт ФГОС НОО. В ФГОС НОО формирование способности к учебной деятельности далее умения учиться, представлено одной из главных задач [3], [ФГОС НОО].

Широко используется цифровой образовательный ресурс, как «Начинайзер», при обучении младших школьников, так и в старшем звене школы. Данная платформа имеет ряд преимуществ, к примеру, она позволяет повысить интерес к обучению, так как каждое задание сопровождается ярким и интересным сюжетом, героями, все это направлено на качественное усвоение знаний ребенком в комфортных для него условиях, без временных ограничений, ученики могут возвращаться к определенным заданиям и постепенно усваивать тему [2].

Педагог в данном случае выступает в качестве наставника, организатора, координатора, в сопровождении самостоятельной деятельности учащихся, он может подать идею, задумку, которую дети смогут развивать всесторонне [1].

1. Антонов Б. В. Влияние компьютера на личность младшего школьника // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2013. №19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-kompyutera-na-lichnost-mladshego-shkolnika> (дата обращения: 22.06.2025).
2. Ахметов С.И. Использование цифровых образовательных ресурсов для развития самостоятельности у подростков // Вопросы журналистики, педагогики, языкознания. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyyh-obrazovatelnyh-resursov-dlya-razvitiya-samostoya> (дата обращения: 13.07.2025).
3. Бакланова Г. А. Об использовании цифровых образовательных ресурсов учителями начальной школы // МНКО. 2016. №6 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-ispolzovanii-tsifrovyyh-obrazovatelnyh-resursov-uchitelyami-nachalnoy-shkoly> (дата обращения: 22.06.2025).

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОГО ДЕТОКСА НА КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ

А.Р. Тимергалиева

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

alrtimergalieva@kpfu.ru

В работе освещен вопрос влияния целенаправленного ограничения цифровых устройств (цифрового детокса) как инструмента развития когнитивного потенциала студентов. Актуальность исследования, обусловленная необходимостью разработки эффективных стратегий оптимизации образовательного процесса в условиях цифровой трансформации, подтверждается данными о высокой цифровой зависимости среди молодежи (66,7%) и проблемами с концентрацией внимания (71%) [1].

В исследовании приняли участие 8 студентов направления подготовки 38.03.05 «Бизнес-информатика». Была реализована программа цифрового детокса, включавшая дозированное ограничение экранного времени и анализ контроля на когнитивных упражнениях.

Результаты показали положительную динамику у 75% участников. Время выполнения контрольных заданий сократилось на 18%. У 6 из 8 студентов отмечен рост академической успеваемости.

Полученные данные подтверждают эффективность цифрового детокса как инструмента оптимизации когнитивных функций и академических результатов. Результаты исследования могут быть использованы для разработки практических рекомендаций по оптимизации учебного процесса в современной образовательной среде, характеризующейся высокой цифровой насыщенностью.

1. Петряков П. А., Певзнер М. Н., Шустров А. С. Цифровое поколение в оценке современных студентов вуза: мифы и реальность // Перспективы науки и образования. 2024. № 6 (72). С. 53–72. doi: 10.32744/pse.2024.6.4

1. Tan, L. The Role of Photodynamic Therapy in Triggering Cell Death and Facilitating Antitumor Immunology / L. Tan, X. Shen, Z. He, Y. Lu // Front. Oncol. 2022. V. 12. Reg. 863107. doi:10.3389/fonc.2022.863107