



Институт химии и защиты
в чрезвычайных ситуациях



ХИМТЕХ
ЛИДЕР

ДОСТИЖЕНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ: ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сборник тезисов
XI Всероссийской молодежной конференции
(г. Уфа, 28 – 29 мая 2026 г.)

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уфимский университет науки и технологий»

**ДОСТИЖЕНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ:
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Тезисы докладов
XI Всероссийской молодежной конференции
(г. Уфа, 28–29 мая 2026 г.)**

Научное электронное издание сетевого доступа

Уфа
Уфимский университет
2026

УДК 54
ББК 24
Д70

*Публикуется по решению кафедр высокомолекулярных соединений
и общей химической технологии
и органической и биорганической химии УУНУТ.
Протокол № 9 от 22.05.2026 г.*

Редакционная коллегия:

д-р хим. наук, профессор **Р. М. Ахметханов** (отв. редактор);
д-р хим. наук, профессор **Э. Р. Латыпова**;
канд. хим. наук, доцент **Т. Т. Садыков**;
канд. хим. наук, доцент **А. Ф. Саттарова**;
канд. хим. наук, доцент **А. Х. Фаттахов**;
канд. хим. наук, доцент **И. В. Сафарова**;
канд. хим. наук, доцент **А. С. Шуршина**;
канд. хим. наук, доцент **Ю. Ю. Гайнуллина**;
канд. техн. наук, доцент **А. А. Псянчин**;
канд. хим. наук, доцент **В. В. Чернова**;
ассистент **Д. Ш. Фахретдинов**

Достижения молодых ученых: химические науки: тезисы докладов XI Всероссийской молодежной конференции (г. Уфа, 28–29 мая 2026 г.) / отв. ред. Р. М. Ахметханов [Электронный ресурс] / Уфимск. ун-т науки и технологий. – Уфа: Уфимский университет, 2026. – 486 с. – URL: <https://uust.ru/media/documents/digital-publications/2026/106.pdf> – Загл. с титула экрана.
ISBN 978-5-7477-6390-6

В сборнике представлены материалы конференции, которая проводится с целью развития научного сотрудничества, обсуждения и обмена результатами исследований между молодыми учеными, в том числе школьниками, повышения уровня подготовки профильных специалистов, систематизации и поиска решения актуальных проблем и тенденций развития в области неорганической, органической, аналитической, физической химии, химии высокомолекулярных соединений и междисциплинарных исследований.

Предназначено для студентов и аспирантов химических направлений вузов, а также для молодых ученых.

Тексты воспроизводятся с представленных авторами оригиналов.

УДК 54
ББК 24

ISBN 978-5-7477-6390-6

© Уфимский университет, 2026

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Экспериментальное исследование наноматериалов (объектов размером 1–100 нм) сопряжено с техническими сложностями как на этапе синтеза, так и при дальнейшем анализе физических, химических и механических свойств. Классическая молекулярная динамика (МД) восполняет этот пробел, позволяя проводить численные эксперименты в контролируемых условиях и получать анализ материала на атомарном уровне.

Одним из главных преимуществ МД является возможность отслеживать полную траекторию каждого атома во времени. В реальном эксперименте исследователь получает только усреднённые характеристики: диаграмму «напряжение–деформация», рамановский спектр или дифракционную картину. МД же даёт детальное представление о процессах на атомном уровне, помогая выявить скрытые механизмы. Так, особенности на механических кривых могут указывать на накопление дислокаций, структурные переходы или образование дефектов упаковки.

При исследовании наноматериалов – прежде всего углеродных аллотропов (графен, нанотрубки, фуллерены), а также полимеров и композиционных материалов [1,2] метод МД может выявить механизмы деформации, объяснить различные физические явления в материалах. Применение потенциалов взаимодействия типа AIREBO или Tersoff в МД-расчётах позволяет достоверно прогнозировать аномально высокую механическую прочность, детализировать вклады в теплопроводность и исследовать механизмы деформации. Метод позволяет моделировать процессы синтеза материалов, адсорбцию, поведение дефектов [3].

В случае металлов и сплавов молекулярная динамика даёт возможность эффективно изучать напряжённо-деформированное состояние и эволюцию дефектной структуры [4]. Она позволяет установить связь между макроскопическими свойствами (прочностью, хрупкостью, ползучестью) и конкретными дефектами – скоплениями межузельных атомов, вакансионными порами, деформационными двойниками. Особое значение МД приобретает при анализе быстропротекающих процессов (ударные нагрузки, радиационная стойкость), где проведение натуральных экспериментов затруднено, а долговечность материала определяется миграцией точечных дефектов.

Таким образом, молекулярная динамика, хотя и не заменяет полностью экспериментальных исследований, существенно углубляет интерпретацию их результатов, позволяя переходить от макроскопического отклика к пониманию атомных механизмов.

Литература

1. Ramirez J.A. et. al. / Carbon. 2025. Vol. 238. P. 120230.
2. Butt H.A. et al. / Carbon. 2025. Vol. 240. P. 120368.
3. Shavelkina M. et. al. / Apl.Surf.Sci. 2025. Vol. 689. P. 162523.
4. Polyakova P.V. et. Al. / Symmetry. 2023. Vol. 15. P. 328.

© Баимова Ю.А., 2026

УДК 550.8.056

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПОРОД И СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА (ТОС) ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО ГАММА-КАРОТАЖА В РАЗРЕЗЕ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Вахитова Г.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Актуальность. Детальное изучение полиминеральных сложных пород (в том числе нетрадиционных коллекторов верхнефранского яруса) требует не только стандартного литологического расчленения, но и полноценной минерально-компонентной модели. Она необходима для корректного расчета пористости, геомеханического моделирования и оценки генерационного потенциала пород. При этом определение содержания органического углерода ($C_{орг}$) по керну или специальным методом ГИС выполняется ограниченно, а стандартный комплекс ГИС применяется повсеместно.

Цель работы - разработать подход, обеспечивающий количественную оценку минерально-компонентного состава полиминеральных пород по данным импульсного нейтронного гамма-каротажа спектрометрического и определение содержания $C_{орг}$ по комплексу геофизических исследований скважин (ГИС).

Методика и алгоритмы.

- Для минеральной модели: предложен алгоритм преобразования зарегистрированных гамма-спектров ИНГК-С в весовые доли химических элементов с последующим расчетом минерального состава. Написана программа обработки.

- Для $C_{орг}$ использованы эмпирические уравнения, связывающие данные ГИС (каротаж сопротивления, ГК, НК и др.), адаптированная для высокоплотных высокоомных пород с низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Выполнена автоматизация расчета, обеспечивающая непрерывность исследования и стандартизацию результатов.

Результаты апробации.

- Минерально-компонентная модель, построенная по ИНГК-С на скважинах Сорочинского месторождения Волго-Уральской НПП, показала хорошую сходимость с данными рентгеноструктурного анализа (РСА) керна.

- Количественная оценка $C_{орг}$ по комплексу ГИС, выполненная с использованием алгоритмов автоматизации, позволила получить непрерывный разрез в скважинах без специальных ядерно-геофизических методов, что сокращает лабораторные затраты и унифицирует обработку.

Выводы и практическая значимость.

Комплексное применение двух подходов (прямая минеральная модель по ИНГК-С + автоматизированный расчет $C_{орг}$ по стандартному ГИС) позволяет:

- детально оценивать компонентно-минеральный состав полиминеральных пород;

- прогнозировать нефтегенерационный потенциал в интервалах, не обеспеченных керном;

- снижать стоимость и повышать информативность геофизических исследований при решении задач геологического моделирования.

Литература

1. Конторович А. Э. и др. Распределение органического вещества в породах баженковского горизонта (Западная Сибирь) //Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – №. 3. – С. 357-371.
2. Лобусев М.А. Технология Дельта LogR для оценки $C_{орг}$ низкокзрелого сланцевого коллектора на примере С региона бассейна Ордос/ М.А. Лобусев [и др.]// Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2016. – №10 58). – С. 96 – 92.
3. Вахитова Г.Р., Шарафутдинов Р.Ф., Бикметова А.Р. Определение минералогического состава сложных коллекторов по результатам интерпретации данных импульсного нейтронного гамма-каротажа спектрометрического //Нефтяное хозяйство. - 2021. - №8 (выпуск 1174). С.27-30.
4. Вахитова Г.Р., Мениев Ф.В., Валиахметов У.Р. Автоматизация оценки органического углерода в коллекторах сложного строения на основе анализа ГИС// сборник тезисов докладов 3-ей международной летней конференции «Физико-химическая гидродинамика: модели и приложения», с. 28, Уфа, 25-30 июня 2023.

© Вахитова Г.Р., 2026

ХИМИЯ В ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Кулуев Б.Р., Асянова Э.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Генная инженерия – это область биотехнологии, направленная на изменение генетического аппарата живых организмов. Хотя конечным объектом генной инженерии являются биологические структуры (чаще всего ДНК), в основе всех манипуляций лежат фундаментальные химические процессы. Химия обеспечивает инструментарий для расшифровки, синтеза и модификации генетического материала, превращая биологию в точную инженерную дисциплину. Одним из ключевых достижений химии для генетики стал метод твердофазного синтеза олигонуклеотидов. Благодаря фосфорамидитному методу ученые могут искусственно создавать фрагменты ДНК заданной последовательности. Это позволяет синтезировать гены «с нуля», создавать праймеры для полимеразной цепной реакции и разрабатывать уникальные генетические конструкции, которые могут не встречаться в природе. Хотя ферменты нуклеинового обмена (рестриктазы, лигазы, полимеразы и др.) являются биологическими молекулами, их действие рассматривается как высокоспецифичные химические реакции. Рестриктазы выполняют роль «химических ножниц», разрывая фосфодиэфирные связи в строго определенных местах. ДНК-лигазы восстанавливают эти связи, позволяя «сшивать» фрагменты ДНК разных организмов. Современные методы редактирования генома, такие как CRISPR/Cas9, опираются на принципы химического распознавания комплементарных пар оснований. Химия играет решающую роль в модификации направляющих РНК для повышения их стабильности и точности. Также рассматривается возможность редактирования геномов с помощью искусственных молекулярных «ножниц» ARCUT, в состав которой входит комплекс $Ce(IV)/ЭДТА$. Одной из главных проблем генной инженерии является доставка генетического материала внутрь клетки. Здесь также нужна химия, которая предлагает ряд решений: липосомы и липидные наночастицы, полимерные носители, золотые наночастицы и др. Также надо отметить, что методы секвенирования ДНК полностью основаны на химических реакциях. Использование флуоресцентных меток, меченых нуклеотидов и электрофореза позволяет с высокой точностью определять последовательность нуклеотидов. Таким образом, можно сказать, что химия является фундаментом генной инженерии. Она предоставляет методы для синтеза генов, инструменты для их редактирования и транспортные системы для их доставки. Конвергенция химии, молекулярной биологии и генной инженерии открывает путь к лечению наследственных заболеваний, созданию высокопродуктивных сельскохозяйственных культур и разработке новых биоматериалов.

© Кулуев Б.Р., Асянова Э.А., 2026

СИНТЕЗ ПОКРЫТИЙ ИЗ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ СИСТЕМЫ Ti–Al
И МАХ-ФАЗЫ Ti AlC: УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПО СРАВНЕНИЮ
С ТРАДИЦИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Рамазанов К.Н., Назаров А.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Большинство современных защитных покрытий для высокотемпературных применений (нитриды, карбиды, металлокерамика) имеют ограничения: либо недостаточную жаростойкость ($>800^{\circ}\text{C}$), либо хрупкость, либо низкую адгезию. Интерметаллиды системы Ti–Al (TiAl, TiAl₃) и МАХ-фаза Ti AlC представляют собой химические соединения с принципиально иной структурой, сочетающей свойства металлов (пластичность, электропроводность) и керамики (жаропрочность, стойкость к окислению). В отличие от традиционных покрытий (например, TiN, CrN), интерметаллиды Ti–Al имеют низкую плотность ($\approx 3,9\text{--}4,2\text{ г/см}^3$) и сохраняют упорядоченную структуру до температур плавления (до 1460°C), а МАХ-фаза Ti AlC образует при окислении плотный защитный слой $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ стабильный до 1400°C .

Уникальные свойства интерметаллидов Ti Al и МАХ-фазы Ti AlC.

- Жаростойкость: при 850°C покрытие сохраняет целостность до 500 часов (обычные нитридные покрытия деградируют через 100–200 часов).
- Самозалечивание: МАХ-фазы способны закрывать микротрещины при высоких температурах за счёт диффузии алюминия.
- Низкий коэффициент трения: Ti AlC имеет коэффициент трения 0,17–0,26, что сравнимо с алмазоподобными покрытиями, но при намного большей термостойкости.
- Высокая адгезия: коэффициент термического расширения Ti AlC близок к TiAl-сплавам, что исключает растрескивание при термоциклировании (проблема большинства керамических покрытий).

Таким образом, интерметаллиды Ti–Al и МАХ-фаза Ti AlC обеспечивают уникальное сочетание пластичности, жаростойкости и самовосстановления, недостижимое для нитридов и карбидов переходных металлов. Разработанный в лаборатории УУНиТ метод вакуумно-дугового осаждения позволяет промышленно наносить такие покрытия на детали ГТД.

Литература

1. A. A. Maslov et al. Thermal Cyclic Tests of TiAlC/YAlO Coating Deposited onto $\gamma\text{-TiAl}$ Alloy Surface. – Russ. Phys. J. – 2024. – Т. 66. – №. 12. – С. 1265-1269.
2. A. V. Oleinik et al. Arc-PVD Coating Thickness Uniformity Improving on Complex Geometry Surfaces. – Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys., 2024, Vol. 88, №. 4. P. 644-650.

© Рамазанов К.Н., Назаров А.Ю., 2026

СЕКЦИЯ
«НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОЙ МОДИФИКАЦИИ ПОРИСТОЙ
СТРУКТУРЫ ГАЗОБЕТОНА ВОДОРАСТВОРИМЫМИ
ПОЛИСУЛЬФИДНЫМИ СОСТАВАМИ

Авзалов Д.М., Мустафокулов Ш.С., Струков Д.А., Балашов И.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Задача создания надёжных защитных покрытий для бетонных конструкций (свай, мостов, тоннелей, колодцев, дорожных плит и др.), эксплуатируемых под воздействием атмосферных факторов и грунтовых вод, остаётся актуальной.

Долговечность дорожных и строительных конструкций обычно повышают с помощью лакокрасочных, кремнийорганических покрытий или пропиток проникающего действия. Однако такие покрытия недолговечны. Особенно страдают от влаги фундаментные блоки, лотки, колодцы, сваи, элементы мостов и другие конструкции.

Существуют также перспективные составы для поверхностного нанесения – например, «Пенетрон», «Ксайпекс» и аналогичные. Они вступают в реакцию с бетоном: в его порах нарастают кристаллы, заполняющие часть порового пространства за несколько месяцев. Это повышает прочность и водоотталкивающие свойства материала. Однако широкое применение таких составов ограничено их высокой стоимостью

В качестве средства долговременной защиты строительных материалов предлагается обработки пористых поверхностей строительных материалов новым серосодержащим составом [1,2]. Разработанный пропиточный состав на основе серы обеспечивает защиту строительных материалов от атмосферных воздействий и агрессивных сред в течение длительного времени. Технология обработки элементов конструкций и изделий проста и доступна: как и большинство лакокрасочных материалов, они наносятся кистью, наливом, распылением, погружением при любых положительных температурах. Принципиальная новизна предлагаемого решения заключается в том, что гидрофобизация достигается с применением материала неорганической природы – серы. Наличие серы в порах строительных материалов придаёт им водоотталкивающие свойства на длительное время – в отличие от органических лакокрасочных материалов. Оригинальность подхода заключается в том, что на стадии пропитки используется растворимое в воде вещество, в составе которого молекулы серы попадают в мельчайшие поры материала. На этапе сушки это вещество распадается и на

поверхности пор образуется нерастворимый в воде (гидрофобный) слой элементарной серы.

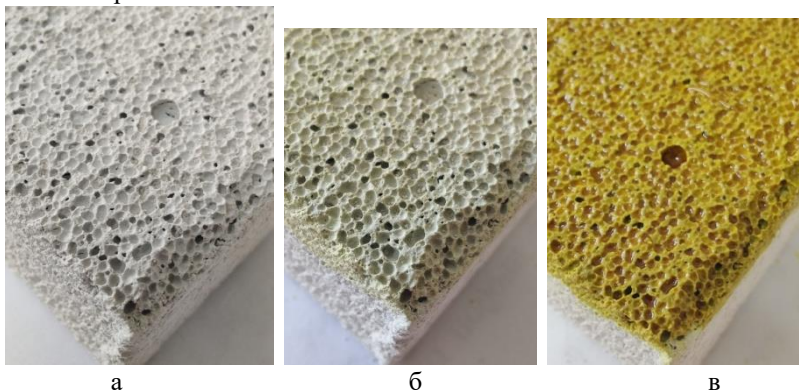


Рис.1. Изображение образца газобетона: а – исходный, необработанный; б – обработанный кистью во влажном состоянии; в - высушенный после обработки.

Поверхности, обработанные предлагаемым составом, приобретают гидрофобные и бактерицидные свойства – это предотвращает гниение и образование плесени (например, на газобетоне; см. рис. 1). Пропиточный раствор проникает в поры газобетона на глубину более 1 см (при нанесении кистью) и после высыхания образует водонепроницаемую плёнку. При этом обработанная поверхность практически не отличается от исходной – лишь приобретает лёгкий жёлтый оттенок (ср. рис. 1а и рис. 1в).

На рис. 2 показаны капли воды на разных поверхностях газобетона. На необработанном материале (рис. 2а) капля сразу впитывается из-за развитой пористой структуры, которая, хотя и обеспечивает хорошую теплоизоляцию, одновременно способствует высокому водопоглощению. После обработки (рис. 2б–в) капля остаётся на поверхности до полного высыхания – это подтверждает снижение водопоглощения газобетона.

Литература

1. Massalimov I.A., Massalimov B.I., Akhmetshin B.S., Khusainov A.N., Mustafakulov Sh.S., Mustafin A.G. Hydrophobization of concrete and aerated concrete by impregnation with calcium polysulfide. *Nanotechnologies in construction*. 2024; 16(2): 140–151.
2. Massalimov I.A., Akhmetshin B.S., Massalimov B.I., Urakaev F.Kh. Kinetics of the growth of sulfur nanoparticles during their precipitation from aqueous solutions of calcium polysulfide // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 2024. Т. 98. № 1. С. 120-134.

© Авзалов Д.М., Мустафокулов Ш.С., Струков Д.А., Балашов И.А., 2026

КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ИМИДАЗОЛА С β -ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ: СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Архипов Д.И., Кутлугильдина Г.Г.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Имидазол и его производные являются классическими N-донорными лигандами, способными координироваться с различными ионами металлов с образованием устойчивых комплексных соединений. Введение макроциклических носителей, таких как β -циклодекстрин (β -ЦД), в координационную сферу позволяет модифицировать физико-химические свойства комплексов, повышая их растворимость и биодоступность. Исследования по созданию супрамолекулярных координационных систем на основе биологически активных лигандов проводились на кафедре физической химии и химической экологии УУНиТ [1, 2] и продолжают проводиться на кафедре неорганической и технической химии. Цель работы – изучение взаимодействия имидазола с β -циклодекстрином в водных растворах, установление состава и оценка устойчивости образующегося координационного соединения.

Взаимодействие имидазола с β -ЦД изучали методом электронной спектроскопии в УФ-области на приборе Shimadzu UV-2401 PC (190–350 нм) при низких концентрациях реагентов (10^{-4} – 10^{-5} моль/л) и температуре 296 К. О протекании координации судили по характерным изменениям в электронных спектрах поглощения: наблюдался гипсохромный сдвиг максимумов и изменение их интенсивности, что свидетельствует об образовании супрамолекулярного комплекса типа «хозяин–гость».

Методом молярных отношений установлено, что имидазол и β -ЦД образуют координационное соединение состава 1:1, в котором одна молекула лиганда включается в гидрофобную полость макроцикла. Рассчитанная константа устойчивости комплекса имеет порядок $\approx 10^3$ л/моль (296 К), что указывает на достаточно прочное связывание. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых материалов и систем направленной доставки биологически активных производных имидазола.

Литература

1. Кутлугильдина Г.Г., и др. Взаимодействие окисленной фракции арабиногалактана с ацетилсалициловой кислотой // Вестник Башкирского университета. 2024. Т. 29. № 4. С. 218–222.
2. Зимин Ю.С., и др. Взаимодействие окисленной фракции поливинилового спирта с производными урацила // Журнал физической химии. 2022. Т. 96. №8. С. 1159–1164.

© Архипов Д.И., Кутлугильдина Г.Г., 2026

Ранее нами было показано, что имидазол способен координироваться с β -циклодекстрином с образованием комплекса состава 1:1, константа устойчивости которого составляет при 296 К. Для понимания природы межмолекулярных взаимодействий и предсказания поведения координационных соединений в различных условиях необходимо исследование термодинамики их образования. Термодинамические исследования комплексообразования с участием макроциклических лигандов проводятся на кафедре физической химии и химической экологии УУНиТ [1, 2]. Цель работы – изучение температурной зависимости устойчивости комплекса имидазола с β -ЦД и определение термодинамических параметров процесса.

Устойчивость комплекса изучали методом электронной спектроскопии (Shimadzu UV-2401 PC) в интервале температур 296–323 К. Показано, что в изученном диапазоне состав комплекса сохраняется неизменным (1:1). С ростом температуры константы устойчивости закономерно снижаются, что характерно для экзотермических процессов комплексообразования.

На основе температурной зависимости константы устойчивости определены термодинамические параметры реакции. Отрицательное значение энтальпии свидетельствует об экзотермичности процесса координации, энергии Гиббса – о самопроизвольности процесса, уменьшение энтропии – об образовании упорядоченной супрамолекулярной структуры. Полученные результаты коррелируют с данными для аналогичных координационных систем «лиганд – циклодекстрин» [1, 2] и могут быть использованы для целенаправленного дизайна комплексов с заданными свойствами.

Литература

1. Кутлугильдина Г.Г., Зимин Ю.С., Давлетшина Д.Т., Ахметханов Р.М. Взаимодействие окисленной фракции арабиногалактана с ацетилсалициловой кислотой // Вестник Башкирского университета. 2024. Т. 29. № 4. С. 218–222.
2. Зимин Ю.С., Кутлугильдина Г.Г., Рамазанова З.Ф., Мустафин А.Г. Взаимодействие окисленной фракции поливинилового спирта с производными урацила // Журнал физической химии. 2022. Т. 96. № 8. С. 1159–1164.

© Архипов Д.И., 2026

МИНЕРАЛЬНЫЕ ГИДРОФОБНЫЕ БАРЬЕРЫ ИЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ахметшин Б.С., Авзалов Д.М., Мустафокулов Ш.С., Массалимов И.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа. Россия.

В работе рассмотрена проблема повышения долговечности пористых строительных материалов – бетона, газобетона, кирпича, известняка и других – в условиях воздействия влаги, атмосферных факторов и агрессивных сред.

В качестве перспективного решения предложен метод глубокой пропитки водорастворимыми полисульфидными растворами, например, на основе полисульфида кальция. Ключевое преимущество подхода – низкая вязкость раствора: благодаря ей состав проникает в капиллярную структуру материала на глубину более 1 см, а в пористых образцах – до 4 см и более (в зависимости от исходной пористости). При высыхании происходит распад полисульфидных ионов и формирование в объёме пор нерастворимого гидрофобного слоя из наночастиц элементной серы и карбонатов кальция размером 20–200 нм.

Экспериментально подтверждено, что полученное нанокompозитное покрытие обладает комплексом ценных свойств. Оно снижает водопоглощение в 5–7 раз, повышает механическую прочность материала на 40–70 %, увеличивает морозостойкость в 1,5–2 раза. Кроме того, покрытие обеспечивает химическую стойкость к воздействию кислот, солевых растворов и нефтепродуктов, обладает ярко выраженными бактерицидными свойствами – предотвращает гниение и образование плесени. Значительные запасы элементной серы на предприятиях нефтегазового комплекса России делают разработку экономически оправданной. Развитие нанотехнологий открывает новые возможности для применения серы: особенно актуально использовать её ценные свойства – гидрофобность и бактерицидность – на наноуровне [3, 4].

Механизм формирования защитного слоя, следующий: на стадии пропитки растворимое в воде вещество, доставляет молекулы серы в мельчайшие поры материала. При изменении pH среды – например, при испарении воды или естественном подкислении – происходит отщепление атомарной серы и её кристаллизация в виде наночастиц непосредственно в поровом пространстве.

Разработанный метод гидрофобизации полисульфидными растворами защищён российскими и евразийскими патентами [1, 2, 5, 6] и особенно актуален для регионов с влажным климатом, высокой агрессивностью

грунтовых вод или суровыми зимами, где конструкции регулярно испытывают циклы «мороз-оттепель».

Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию составов полисульфидных растворов для различных типов строительных материалов, изучение долгосрочной стабильности нанокompозитного покрытия в разных климатических зонах, разработку промышленных регламентов нанесения и контроля качества, а также на оценку экономической эффективности внедрения технологии на конкретных строительных объектах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литература

1. Массалимов И.А., Бабков В.В., Мустафин А.Г. Состав для обработки строительных материалов и способ их обработки // Патент РФ № 2416589. С04В 41/45. / № 2009135548/03; заявл. 23.09.2009; опубл. 20.04.2011. Бюл. № 11. 6 с.
2. Массалимов И.А., Янахметов Р.Р., Чуйкин А.Е., Хусаинов А.Н., Мустафин А.Г. Способ обработки строительных материалов полисульфидными растворами // Патент 024383 Евразийский, С04В 41/50. С04В 28/36 / № 201400277; заявл. 26.03.2014; опубл. 30.09.2016. Бюл. № 9. 5с.
3. Массалимов И.А., Массалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Хусаинов А.Н., Мустафакулов Ш.С., Мустафин А.Г. Гидрофобизация бетона и газобетона пропиткой полисульфидом кальция. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2024. Т. 16. № 2. С. 140-151.
4. Массалимов И.А., Чуйкин А.Е., Массалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Уракаев Ф.Х., Буркитбаев М.М., Мустафин А.Г. Долговременная защита строительных конструкций с использованием наноразмерных покрытий на основе серы // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2019. Т. 11. № 3. С. 276-287
5. Массалимов И.А., Янахметов Р.Р., Чуйкин А.Е., Хусаинов А. Н., Мустафин А. Г. Способ обработки строительных материалов полисульфидными растворами. Патент РФ №201400277, от 2014.03.26
6. Массалимова И.А., Мустафакулова Ш.С., Массалимова Б.И., Ахметшина Б.С., Ильясовой Р.Р., Мустафина А.Г. Способ переработки отходов производства полисульфида кальция. Патент РФ №2852504 по заявке 2025118380 от 02.07.2025 . Опубликовано: 09.12.2025 Бюл. № 34

© Ахметшин Б.С., Авзалов Д.М., Мустафакулов Ш.С.,
Массалимов И.А., 2026

УДК 544.723.21: 541.183: 661.183.45: 661.183.6

СИНТЕЗ ПОРОШКООБРАЗНОГО ЦЕОЛИТА NaY С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНОГО КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Беляева А.А.¹, Алехина И.Е.¹, Назаров А.Р.²,

Костылева С.А.³, Травкина О.С.³

¹*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

²*ООО «Ишимбайский специализированный химический завод
катализаторов», Ишимбай, Россия*

³*Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, Уфа, Россия*

Цеолиты типа NaY широко используются в процессах адсорбции [1], катализа [2] и разделения веществ [3]. Гидротермальный синтез является основным методом получения цеолита NaY [4, 5]. Физико-химические свойства цеолита NaY в значительной степени определяются условиями синтеза, среди которых важную роль играет природа кремнийсодержащего сырья.

С целью синтеза фазово-чистого порошкообразного цеолита NaY с высокой степенью кристалличности в данной работе исследовано влияние природы кремнийсодержащего сырья на процесс кристаллизации.

Синтез порошкообразного цеолита осуществляли NaY из реакционных смесей состава: $(1,8-5,4)\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (6,5-8)\text{SiO}_2 \cdot (120-320)\text{H}_2\text{O}$, полученных смешением растворов алюмината и силиката натрия ($\rho = 1,341 \text{ г/см}^3$) или 28% раствора кремнезоля при температуре 98°C и продолжительности синтеза 2-48 ч. Кристаллизации предшествовала стадия предварительной низкотемпературной (~30°C) термохимической обработки в кристаллизационном растворе. После кристаллизации твердую фазу отмывали от компонентов маточного раствора и подвергали термообработке в атмосфере воздуха при 140 - 150°C в течение 4 ч и при 450 - 460°C в течение 4 ч. В ряде опытов использовали коллоидную затравку, которая представляла собой аморфный силикаалюмогидрогель следующего состава: $12,7\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12,0\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Установлено, что природа кремнийсодержащего сырья оказывает существенное влияние на процесс кристаллизации. Так, для получения цеолита NaY высокой степени кристалличности из раствора силиката натрия достаточно 16 часов синтеза, а из раствора кремнезоля – 32 часа. Дальнейшее увеличение продолжительности кристаллизации приводит к постепенному снижению содержания фазы цеолита NaY и к увеличению содержания примесной фазы филлипсита в конечном продукте, о чем свидетельствуют данные рентгенофазового анализа.

Дополнительно установлено, что для получения цеолита NaY высокой степени кристалличности необходимо использовать не менее 5 % мас.

затравки (кристаллической или коллоидной), без затравки цеолит NaY не образуется.

Литература

1. Smržová D., Szatmáry L., Ecorchard P., Macháľková A., Maříková M., Salačová P., Straka M. Carbon and zeolite-based composites for radionuclide and heavy metal sorption // *Heliyon*. 2022. V. 8. № 12.
2. Доронин В.П., Липин П.В., Потапенко О.В., Сорокина Т.П., Короткова Н.В., Горденко В.И. Перспективные разработки: катализаторы крекинга и добавки к ним. Катализ в промышленности. 2014. №5. С. 82-87.
3. White, J. C., Dutta, P. K., Shqau, K., & Verweij, H. . Synthesis of Ultrathin Zeolite Y Membranes and their Application for Separation of Carbon Dioxide and Nitrogen Gases // *Langmuir*. 2010. V. 26. №12. P. 10287-10293.
4. Сендеров, Э. Э. Цеолиты, их синтез и условия образования в природе / Э. Э. Сендеров, Н. И. Хитаров. – М. : Наука, 1970. – 283 с.
5. Цеолиты, их синтез, свойства и применение : материалы II Всесоюзного совещания / под ред. М. М. Дубинина, Т. Г. Плаченова. – М. ; Л. : Наука, 1965. – 395 с.

© Беляева А.А., Алехина И.Е., Назаров А.Р., Костылева С.А.,
Травкина О.С., 2026

УДК 543.2:663.4

ТЕМПОРАЛЬНЫЙ ИНДЕКС КИНЕТИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ ДИСКРИМИНАЦИИ ПЕННЫХ НАПИТКОВ НА МАТРИЦАХ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СЕНСОРОВ

Бижанова Г.Г., Нухова В.Х., Мигранова В.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Контроль качества пенных напитков (пиво, сидр, квас) традиционно осуществляется органолептическими методами, что сопряжено с субъективностью оценки. Применение мультисенсорных систем типа «электронный нос» на основе матриц металлоксидных (МОХ) полупроводниковых сенсоров позволяет объективизировать анализ сложных газовых сред, однако классические методы обработки сигналов часто не обеспечивают надёжного разделения близких по аромату образцов [1]. В настоящей работе предложен метод количественной оценки кинетической сложности ароматов на основе темпорального индекса кинетической сложности (ТИКС), рассчитанного из частотных портретов глубоких главных компонент.

Исследовано 24 образца пенных напитков (20 сортов пива, 3 сидра, 1 квас). Измерения проводили на потенциостате Р-20Х с матрицей из 9 параллельных МОХ-сенсоров MQ-серии в режиме циклической вольтамперометрии (2.0–5.0 В). Для каждого образца регистрировали 200

последовательных вольтамперограмм (ВАГ); для анализа отбирали последние 10 ВАГ (стационарный режим). Метод One-Leave включал формирование цельной базы (240 ВАГ), 24 усечённые базы (без одного образца), метод главных компонент (МГК), быстрое Фурье преобразование и выделение характеристических частот с $SNR \geq 6$ дБ [2]. ТИКС рассчитывали как $\log_{10}((\sigma_{f^2/\mu_{f^2}} \cdot CV_{f \cdot R_f} + 1))$.

Классический МГК не позволил разделить образцы (ГК1 объясняет 99.97 % дисперсии, точки всех напитков перемешаны). В отличие от него, темпоральный анализ и расчёт ТИКС обеспечили 100 % дискриминацию. Наибольшие значения ТИКС получены для нефilterованного пива (0.0330–0.0360) и кваса (0.0321), что указывает на высокую кинетическую сложность их аромата, обусловленную присутствием дрожжевой микрофлоры и продуктов брожения. Обычное filterованное пиво и сидр характеризуются существенно более низкими значениями ТИКС (0.0073–0.0228). Различия между средними ТИКС для нефilterованного пива (0.0345) и сидра (0.0124) многократно превышают стандартное отклонение внутри групп.

Предложена визуализация цифровых отпечатков ароматов в форме «павлиньего хвоста» – полярной диаграммы, где угловое положение соответствует амплитуде частоты, радиальное расстояние – значению частоты, цвет – номеру главной компоненты, а размер точки и толщина линии – отношению сигнал/шум. Пышность и цветовое разнообразие хвоста наглядно отражают кинетическую сложность аромата. Метод может быть рекомендован для экспресс-контроля качества пенных напитков в производственных условиях без привлечения дегустационных комиссий.

Литература

1. Persaud K., Dodd G. Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose // *Nature*. 1982. Vol. 299. P. 352–355.
2. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Sidelnikov A.V. Mesoscopic theory of percolation currents associated with quantitative description of VAGs: Confirmation on real data // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2018. Vol. 106. P. 171–183.

© Бижанова Г.Г., Нухова В.Х., Мигранова В.Р., 2026

ТЕМПОРАЛЬНЫЙ МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ
И МНОГОДИАПАЗОННЫЙ ТИКС-АНАЛИЗ
ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ САПОНИНОВ В ПРОЦЕССЕ
СТАТИЧЕСКОЙ ВОДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Будаева Е.М., Бижанова Г.Г., Султанов Г.Р., Гареев И.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Сапонины – обширный класс природных поверхностно-активных веществ, разделяемый по структуре агликона на тритерпеновые (С30) и стероидные (С27). Мыльнянка лекарственная (*Saponaria officinalis*) содержит преимущественно тритерпеновые сапонины пентациклического ряда с содержанием 3–5 % масс. [1]. Детектирование сапонинов в растительных экстрактах является нетривиальной задачей вследствие их слабой электроактивности на традиционных электродных материалах и маскировки сигнала мощным ионным фоном. В данной работе предложен подход, сочетающий темпоральный метод главных компонент (МГК) и многодиапазонный ТИКС-анализ (темпоральный индекс кинетической сложности), для выделения вклада сапониновой фракции в частотный портрет электрохимической системы [2, 3].

Эксперимент выполнен на электронном языке с двумя графитовыми электродами в режиме циклической вольтамперометрии (диапазон ± 1.8 В, скорость развёртки 900 мВ/с). Зарегистрирована 361 последовательная вольтамперограмма (799 точек на цикл, общее время 54 мин). Объект – статическая водная экстракция измельчённого корня мыльнянки (фракция 355 мкм) в дистиллированной воде при комнатной температуре. Анализировали ВАГ с 11-й по 361-ю (351 измерение) для исключения переходных процессов начального периода [4].

Классический МГК (объекты – вольтамперограммы (ВАГ), признаки – потенциалы) показал, что ГК1 объясняет 87.5 % дисперсии и монотонно изменяется во времени, отражая накопление экстрагирующих веществ. ГК2 (12.4 %) и ГК3 (0.07 %) демонстрируют немонотонное поведение, однако классический МГК не позволяет разделить вклады ионной, сапониновой и гидрофобной фракций. Для решения этой задачи применён темпоральный МГК: матрица транспонировалась, после чего объектами становились потенциалы, а признаками – последовательные измерения. Быстрое Фурье преобразование от модуля счета каждой компоненты (ГК4–ГК50, $\text{SNR} \geq 6$ дБ) позволило выделить 2492 характеристические частоты в диапазоне 0–44 Гц [5].

Многодиапазонный ТИКС-анализ с разделением на ионную (ГК4–10), сапониновую (ГК11–25) и гидрофобную (ГК26–50) фракции показал, что доминирующий вклад вносит ионная фракция (ТИКС = 0.252 в диапазоне

0.3–5 Гц). ТИКС сапониновой фракции составил 0.0198 – на порядок ниже ионного, что объясняется низкой концентрацией сапонинов в растворе (0.6–1.0 мг/мл). Однако динамика ТИКС сапонинов демонстрирует статистически значимую положительную корреляцию с временем экстракции ($r = +0.471$, $p = 0.004$) и относительный размах 161 % (от 0.0095 до 0.0248), что указывает на постепенное нарастание вклада сапонинов в частотный портрет.

Периодичность максимумов ТИКС (каждые 3–6 циклов) может отражать волновой характер адсорбции/десорбции сапонинов на графите. Для повышения отношения сигнал/фон рекомендовано тестирование альтернативных электродных материалов (золото, платина, стеклоуглерод) и проведение фонового эксперимента для вычитания ионного вклада. Предложенный подход открывает перспективы для экспресс-идентификации растительного сырья по частотным портретам сапонинов различных классов без длительной пробоподготовки.

Таблица 1

Многодиапазонный ТИКС-анализ

Фракция	Диапазон ГК	Частота, Гц	N частот	ТИКС
Ионы	4–10	0.3–5	226	0.252
Ионы	4–10	>5	415	0.058
Сапонины	11–25	0.3–5	166	0.020
Сапонины	11–25	0.1–0.3	14	0.035
Гидрофобы	26–50	0.3–5	98	0.005

Литература

1. Hostettmann K., Marston A. Saponins. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 548 p.
2. Jolliffe I.T. Principal Component Analysis. 2nd ed. New York: Springer, 2002. 470 p.
3. Vlasov Yu., Legin A., Rudnitskaya A., Di Natale C., D'Amico A. Nonspecific sensor arrays ("electronic tongue") for chemical analysis of liquids // Pure and Applied Chemistry. 2005. Vol. 77, № 11. P. 1965–1983.
4. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Sidelnikov A.V. Mesoscopic theory of percolation currents associated with quantitative description of VAGs: Confirmation on real data // Chaos, Solitons and Fractals. 2018. Vol. 106. P. 171–183.
5. Nigmatullin R.R., Sidelnikov A.V., Maksyutova E.I., Budnikov H.C. Description of complex fluids electrochemical data in the frame of percolation model // Electroanalysis. 2018. Vol. 30, № 9. P. 2053–2065.

© Будаева Е.М., Бижанова Г.Г., Султанов Г.Р., Гареев И.А., 2026

ГАРМОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЧАСТОТНЫХ СПЕКТРОВ
КРЕПКИХ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ ПРИ
ТЕМПОРАЛЬНОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

Сидельников А.В., Данилов Б.С., Мигранова В.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Оценка качества крепких алкогольных напитков традиционно проводится дегустационными комиссиями, что субъективно и трудозатратно. Альтернативой являются мультисенсорные системы на основе матриц металлоксидных полупроводниковых сенсоров, чувствительных к широкому кругу летучих соединений – спиртам, альдегидам, эфирам [1]. В настоящей работе методом темпоральной вольтамперометрии с использованием девяти металлоксидных сенсоров исследовано 18 образцов крепких алкогольных напитков четырёх категорий (виски, водка, коньяк, самогон). Предложена физическая интерпретация наблюдаемых частот в рамках концепции темпоральной спектроскопии.

Измерения проводили в режиме ступенчатой амперометрии (1.0→5.0 В, 9 ступеней по 120 с, частота дискретизации 5 Гц). Методом главных компонент (ГК4–ГК70) с последующим Фурье преобразованием и выделением пиков с $\text{SNR} \geq 6$ дБ получены характеристические частоты для каждого образца. Показано, что классический МГК не обеспечивает разделения образцов (ГК1 объясняет 62.5 % дисперсии, точки перемешаны). В отличие от него, ТИКС-анализ даёт 100 % дискриминацию. Наибольшие значения ТИКС получены для виски Wise Owl (6.407) и водки «Царская» (6.293), наименьшие – для виски Black Corsair (4.158) [2].

Обнаружена фундаментальная закономерность: все выделенные характеристические частоты кратны 1/60 Гц, что указывает на гармоническую природу частотного спектра. Параметры эксперимента (время полного цикла 1200 с, частота дискретизации 5 Гц) задают основной тон системы $f_0 = 1/1200$ Гц, а наблюдаемые частоты $f_k = k/60$ Гц = $20 \cdot k \cdot f_0$ соответствуют 20k колебаниям модуля счёта главной компоненты на одну ступень напряжения. Разные классы летучих соединений по разному возбуждают собственные гармоники сенсорной системы, перераспределяя энергию между главными компонентами и частотами, что позволяет создавать уникальные «волновые портреты» ароматов.

Средние значения ТИКС по категориям составили: виски – 5.33, водка – 5.28, самогон – 5.36, коньяк – 4.57. Пониженный ТИКС коньяков может быть связан с доминированием дубовых нот, «сглаживающих» ароматический спектр. Высокий ТИКС коррелирует с положительными потребительскими отзывами (водка «Царская» – Знак качества Роскачества), низкий – с негативными (Black Corsair – «вкус сырого спирта»). Метод может быть

рекомендован для объективной оценки качества спиртных напитков взамен органолептическому анализу.

Литература

1. Rock F., Barsan N., Weimar U. Electronic nose: Current status and future trends // Chemical Reviews. 2008. Vol. 108, № 2. P. 705–725.
2. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Sidelnikov A.V. Mesoscopic theory of percolation currents associated with quantitative description of VAGs: Confirmation on real data // Chaos, Solitons and Fractals. 2018. Vol. 106. P. 171–183.

© Бижанова Г.Г., Данилов Б., Мигранова В.Р., 2026

УДК541.124.16:541.12.031

ДТА- И ДСК- ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ ПЕРОКСИДОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ

Ерин Д.В., Мустафокулов Ш.С., Струков Д.А., Яншаев Д.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В работе исследовано влияние интенсивной механической обработки на термодинамическое состояние и структурные характеристики дисперсных пероксидов щелочноземельных металлов (CaO_2 , BaO_2). Установлено, что механическая активация в устройствах ударного действия приводит к накоплению в кристаллической решётке избыточной свободной энтальпии (ΔH), которая количественно характеризует степень структурной неупорядоченности и определяет повышенную реакционную способность материалов. Методами дифференциального термического анализа (ДТА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) показано, что обработка в центробежной мельнице (дезинтеграторе) обеспечивает более интенсивную аккумуляцию энергии по сравнению с планетарной мельницей: для CaO_2 достигнуто значение $\Delta G = 21,3\text{--}28,0$ кДж/моль (79–81 % от энергии разложения), для BaO_2 – $23,5\text{--}25,4$ кДж/моль (31–34 %). Характер экзотермических пиков на кривых ДТА свидетельствует о формировании дефектов структуры в узком энергетическом интервале при обработке в дезинтеграторе, тогда как планетарная мельница генерирует дефекты в широком диапазоне энергий. Полученные данные расширяют фундаментальные представления о механохимической активации неорганических пероксидов и открывают перспективы их применения в качестве высокоэнергетических окислителей в металлургии, экологических технологиях, сельском хозяйстве и неорганическом синтезе. Она выражает избыток энергии ΔH , который имеют вещества, прошедшие механическую обработку, по сравнению с энергией этих веществ до обработки [1,2]:

$$\Delta H = H_r^* - H_r \quad (1)$$

здесь H_T^* – свободная энтальпия активного твёрдого вещества, H_T – свободная энтальпия того же вещества в исходном основном состоянии при температуре T . Величина ΔH есть количество энергии, выделяемое системой в процессе её перехода в стабильное состояние. Активность механически обработанных дисперсных материалов определяется наличием высоких значений удельной поверхности и избыточной свободной энтальпии.

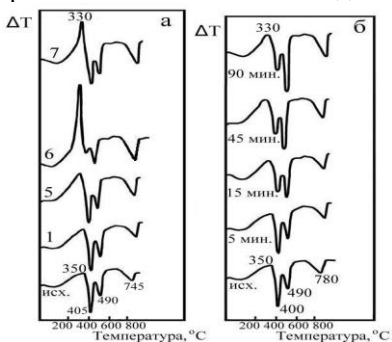


Рис. 1. Тепловые эффекты на кривых ДТА CaO_2 , обработанного (а) – в дезинтеграторе и (б) – в планетарной мельнице.

На кривых ДТА видно, что после обработки в дезинтеграторе сразу появляются экзотермические пики, свидетельствующие о накоплении энергии, – и их интенсивность растёт с увеличением кратности обработки. В планетарной мельнице эффект менее выражен.

Для CaO_2 обработка в центробежной мельнице даёт аккумуляцию энергии 21,3–21,8 кДж/моль (79–81 % от энергии разложения), а в планетарной мельнице – лишь 1,6 кДж/моль. Для BaO_2 данные ДТА и ДСК согласуются в пределах 8 %: в центробежной мельнице достигнуто 23,5–25,4 кДж/моль (31–34 % от энергии разложения), в планетарной – 4,9 кДж/моль (7 %). В дезинтеграторе для BaO_2 зафиксировано до 30 кДж/моль (40 % от энергии разложения).

Таким образом, дезинтегратор и центробежная мельница обеспечивают значительно более высокую аккумуляцию энергии по сравнению с планетарной мельницей.

Литература

1. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124-140.
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48-59.

© Ерин Д.В., Мустафокулов Ш.С., Струков Д.А., Яншаев Д.С., 2026

УДК 546.34:546.74:546.76:543.442

РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ СУЛЬФИДОВ НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА И ЦИНКА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ

Ерин Д.В., Ахметшина А.С., Массалимов И.А., Яншаев Д.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Сульфиды переходных металлов (никеля, кобальта и цинка) представляют значительный интерес для современного материаловедения благодаря их уникальным каталитическим, полупроводниковым и магнитным свойствам. Ключевым фактором, определяющим функциональные характеристики данных материалов, является их кристаллическая структура, размер частиц и наличие дефектов решётки. В связи с этим разработка воспроизводимых методов синтеза и последующий контроль структурных параметров являются актуальными задачами.

В данной работе представлен метод химического осаждения сульфидов никеля (NiS), кобальта (CoS) и цинка (ZnS) из растворов полисульфида калия различной плотности (от 1,10 до 1,30 г/см³). Использование полисульфидов в качестве источника серы позволяет проводить синтез в мягких условиях и избегать применения токсичного сероводорода. Источниками ионов металлов служили растворимые соли. Раствор соли металла по каплям вносили в раствор полисульфида при непрерывном перемешивании на магнитной мешалке при комнатной температуре. Образующийся осадок отфильтровывали, промывали дистиллированной водой и высушивали в вакуумной печи. Для отделения элементной серы порошок обрабатывали смесью гидразингидрата и моноэтаноламина.

Фазовый состав и структурные характеристики синтезированных образцов изучались методами рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре Tongda TDM-20, лазерной дифракции (Shimadzu SALD-7101), а также ИК-спектроскопии (Shimadzu FTIR-8400S). Обработка дифракционных данных проводилась с использованием программного обеспечения QualX2. Размер кристаллитов рассчитывался по формуле Шеррера, микронапряжения оценивались методом Уильямсона–Холла.

Установлено, что плотность исходного раствора полисульфида калия существенно влияет на дисперсность получаемых сульфидов (рис. 1). Для сульфида кобальта наблюдается немонотонная зависимость с минимумом при плотности 1,15 г/см³ (5,121 мкм) и увеличением до 8,411 мкм при 1,30 г/см³. Для сульфида никеля выявлена нелинейная зависимость с резким максимумом при плотности 1,15 г/см³ (31,943 мкм), что может

свидетельствовать об агрегации частиц при данных условиях. Для сульфида цинка с ростом плотности полисульфида наблюдается общая тенденция к увеличению среднего размера частиц.

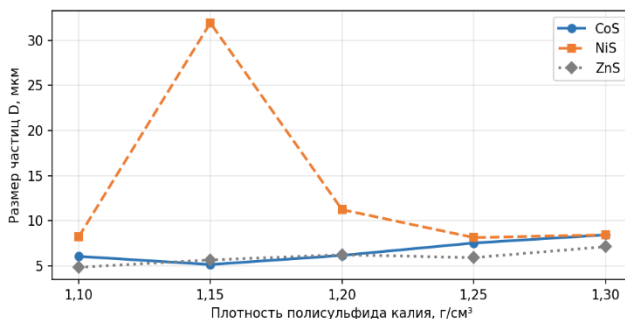


Рис. 1. Зависимость размера частиц сульфидов никеля, кобальта и цинка от плотности исходного раствора полисульфида калия.

Рентгенофазовый анализ подтвердил образование однофазных сульфидов соответствующих металлов. Расчёты показали, что размер кристаллитов находится в нанометровом диапазоне и зависит от условий синтеза. Визуально осадок сульфида кобальта имел чёрную окраску, сульфида никеля – серую, что качественно соответствует литературным данным для соответствующих фаз. Таким образом, метод осаждения из полисульфидных растворов является эффективным инструментом для управления структурно-размерными параметрами сульфидов металлов, что открывает возможности для целенаправленного синтеза материалов с заданными свойствами.

Литература

1. Кротова А.А., Приходько К.Я., Владимирова С.А., Филатова Д.Г. Определение никеля, цинка и кобальта в новых материалах состава $Ni_xCo_3-xO_4$ и $Zn_xCo_3-xO_4$ методами масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и рентгенофлуоресцентного анализа // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2018. – Т. 84, № 1. – С. 10–13.
2. Kozhevnikova N.S., Markov V.F., Maskaeva L.N. Chemical Deposition of Metal Sulfides from Aqueous Solutions: From Thin Films to Colloidal Particles // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2020. – Vol. 94, № 12. – P. 2399–2412.
3. Масалимов И.А., Ахметшин Б.С., Мустафин А.Г. и др. Формирование наноразмерных покрытий из наночастиц серы на поверхностях различной природы // Башкирский химический журнал. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 16–24.

© Ерин Д.В., Ахметшина А.С., Масалимов И.А., 2026

РЕНТГЕНОФАЗОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГОМОГЕННОЙ
ТРОЙНОЙ СУЛЬФАТНОЙ ФАЗЫ $\text{CaBaSr}(\text{SO}_4)_3$, СИНТЕЗИРОВАННОЙ
МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОГО КИСЛОТНОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ
ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ ПРЕКУРСОРОВ

Жигалова Е.А., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А., Никитина В.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Тройные сульфаты щелочноземельных элементов рассматриваются в научной литературе как многофункциональные компоненты для разработки радиационно-защитных композитов, люминофоров и модификаторов строительных смесей [1]. Однако получение химически однородного соединения строгого состава $\text{CaBaSr}(\text{SO}_4)_3$ сопряжено с рядом технологических трудностей: традиционные методики синтеза часто не обеспечивают полной конверсии реагентов, в результате чего образуются механические смеси индивидуальных сульфатов, а не единая кристаллическая фаза [2]. В рамках данного исследования выполнен рентгенофазовый анализ образца тройного сульфата $\text{CaBaSr}(\text{SO}_4)_3$, синтезированного методом контролируемого осаждения серной кислотой при $23,0 \pm 0,5$ °C из полисульфидных растворов соответствующих металлов с последующей обработкой гидразином [3]. Дифракционные исследования проводились в диапазоне углов $2\theta = 10\text{--}100^\circ$ и были направлены на подтверждение монофазной природы целевого продукта, определение степени его структурной чистоты и выявление возможных кристаллических примесей по данным рентгенограммы [4].

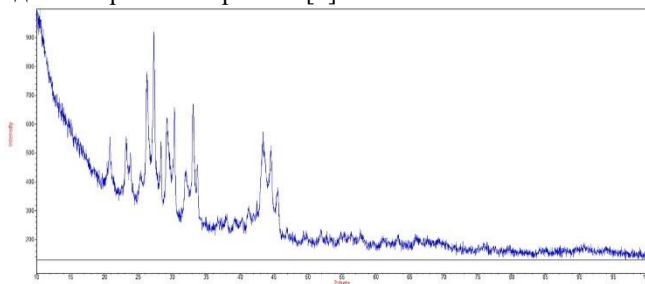


Рис. 1. Дифрактограмма рентгеновского излучения (XRD) образца тройного сульфата $\text{CaBaSr}(\text{SO}_4)_3$, синтезированного методом контролируемого кислотного осаждения из полисульфидных растворов.

На полученной дифрактограмме рис. 1 чётко прослеживаются несколько характерных зон:

1. Область $10\text{--}20^\circ$: наблюдается плавное снижение интенсивности сигнала без выраженных максимумов. Это типичный фон для сульфатных систем и не указывает на наличие аморфных включений.

2. Область 20–50°: здесь зарегистрирована основная группа дифракционных пиков. Наиболее интенсивные и чёткие максимумы расположены приблизительно при 26°, 29°, 33° и 34°. Пики имеют узкую симметричную форму и высокую амплитуду (до 900 отн. ед.), что прямо свидетельствует о хорошем структурном упорядочивании вещества и равномерном размере кристаллитов.

3. Область 50–100°: график выравнивается до низкого фоновому уровня (150–200 отн. ед.) без дополнительных пиков. Отсутствие лишних рефлексов в высокочастотной зоне подтверждает отсутствие не прореагировавших исходных компонентов, побочных фаз.

Совокупность полученных данных позволяет сделать следующие выводы. Узкие и высокие пики в диапазоне 25–35° свидетельствуют о высокой кристалличности вещества, указывая на формирование полноценной кристаллической решётки, а не рыхлого осадка или геля. На дифрактограмме не зафиксировано посторонних рефлексов, что подтверждает фазовую чистоту продукта: полученное вещество представляет собой единое химическое соединение, а не механическую смесь отдельных сульфатов кальция, бария и стронция, при этом доля целевой фазы оценивается как превышающая 98,5%. Положение и соотношение пиков соответствуют искажённой структуре типа барита (BaSO_4), где замена части ионов бария на кальций и стронций приводит к незначительному смещению узлов решётки, что отражено в характере дифракционной картины, но не нарушает общей упорядоченности материала.

Таким образом, рентгенофазовый анализ полностью подтверждает успешность синтеза предложенным методом кислотного осаждения при комнатной температуре, вследствие позволяет получать структурно совершенный, фазово чистый тройной сульфат $\text{CaBaSr}(\text{SO}_4)_3$ без применения высоких температур и сложных стадий очистки. Дифракционная картина демонстрирует стабильную кристаллическую архитектуру материала, что открывает возможности для его практического применения в качестве функционального наполнителя, компонента радиационно-защитных композитов, модификатора вяжущих систем или компонента люминесцентных материалов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литература

1. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124–140.

2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48-59.
3. Massalimov I.A., Akhmetshin B.S., Massalimov B.I., Urakaev F.Kh. Kinetics of the growth of sulfur nanoparticles during their precipitation from aqueous solutions of calcium polysulfide // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2024. Т. 98. № 1. С. 120-134.
4. Массалимов И.А., Берестова Т.В., Ахметшин Б.С., Садиков Э.И., Мустафин А.Г. Получение наночастиц серы в реакции тиосульфата натрия с одно- и двухосновными кислотами в области низких концентраций и изучение их антифунгальной активности // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 54. № 5. С. 74-81.

© Жигалова Е.А., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А., Никитина В.А. 2026

УДК 546.32'226:543.53

РФА-ХАРАКТЕРИСТИКА ФАЗОВОЙ ЧИСТОТЫ И
КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВОЙНОГО СУЛЬФА
СОСТАВА $\text{CaBa}(\text{SO}_4)_2$

Жигалова Е.А., Ахметшин Б.С., Фаздалова И.Р., Никитина В.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В работе представлено рентгеноструктурное исследование двойного сульфата состава $\text{CaBa}(\text{SO}_4)_2$, полученного методом контролируемого окислительного осаждения из полисульфидных прекурсоров кальция и бария. Ключевой задачей исследования являлось подтверждение формирования единой кристаллической фазы с изоморфным замещением катионов, а не механической смеси индивидуальных сульфатов. Синтез проводили при строгом термоконтроле ($26,5 \pm 0,4$ °C), что обеспечило синхронизацию кинетики осаждения ионов Ca^{2+} и Ba^{2+} , различающихся по энергии гидратации. Двухступенчатая очистка продукта (водная промывка и обработка гидразин-гидратом при 53 °C) позволила достичь высокой фазовой чистоты (>98,8%). Анализ дифрактограммы в диапазоне $2\theta = 10\text{--}100^\circ$ выявил доминирование узких высокоинтенсивных рефлексов в области $20\text{--}35^\circ$, характерных для искажённой баритоподобной структуры. Смещение пиков относительно эталонного BaSO_4 интерпретировано как следствие внедрения ионов кальция (радиус 0,99 Å) в кристаллическую решётку бария (радиус 1,35 Å), что подтверждает образование твёрдого раствора, а не фазовой смеси. Отсутствие побочных рефлексов в высокочастотной области свидетельствует об эффективности протокола очистки и отсутствии остаточной элементной серы. Полученный материал перспективен для применения в радиационно-защитных композитах и функциональных оптических системах.

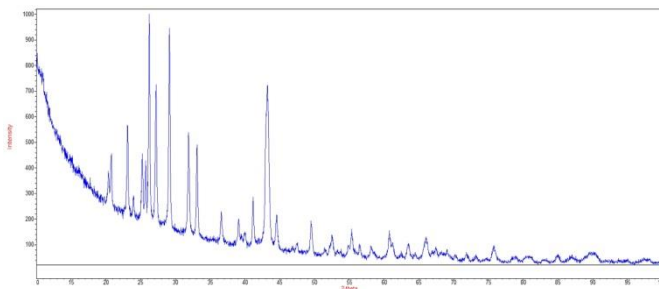


Рис. 1. Дифрактограмма рентгеновского излучения (XRD) синтезированного образца двойного сульфата $\text{CaBa}(\text{SO}_4)_2$.

Анализ полученной дифрактограммы позволяет сделать однозначные выводы о фазовом составе синтезированного материала:

1. Доминирование основных рефлексов: в диапазоне малых и средних углов (20° – 35°) зафиксирована серия высокоинтенсивных, узких пиков (максимумы в области 26° и 29°) [3]. Высокая интенсивность данных рефлексов (более 900 отн. ед.) свидетельствует о высокой степени структурной упорядоченности и формировании крупных кристаллитов с игольчато-призматической морфологией.

2. Подтверждение изоморфизма: положение пиков соответствует искажённой структуре типа барита (BaSO_4). Смещение рефлексов по сравнению с эталонным баритом подтверждает внедрение ионов кальция (радиус $0,99 \text{ \AA}$) в структуру бария (радиус $1,35 \text{ \AA}$), что приводит к сжатию кристаллической решётки и образованию твердого раствора CaBaSO_4 , а не смеси фаз.

3. Высокая фазовая чистота: в области высоких углов (50° – 100°) дифрактограмма демонстрирует ровную базовую линию с низким уровнем шума и отсутствием выраженных пиков, характерных для побочных продуктов. Это подтверждает эффективность выбранного протокола очистки и отсутствие остаточной элементной серы.

На основании этого, рентгеноструктурный анализ подтвердил, что предложенный способ термоконтролируемого кислотного осаждения из полисульфидных прекурсоров позволяет получать фазово-чистый ($>98,8\%$) двойной сульфат $\text{CaBa}(\text{SO}_4)_2$. Синхронизация кинетики осаждения ионов кальция и бария при $26,5^\circ\text{C}$ обеспечивает синтез единой изоморфной фазы, пригодной для использования в радиационно-защитных композитах и оптических материалах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767)

Литература

1. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48-59.
2. Фархутдинов Р.Г., Федяев В.В., Ахметшин Б.С., Гарипова М.И., Уфимцева М.Г. Влияние обработок препаратом на основе полисульфида кальция на всхожесть семян и урожайность растений пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 38-46.
3. Массалимов И.А., Чуйкин А.Е., Массалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Уракаев Ф.Х., Буркитбаев М.М., Мустафин А.Г. Долговременная защита строительных конструкций с использованием наноразмерных покрытий на основе серы // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2019. Т. 11. № 3. С. 276-287.

© Жигалова Е.А., Ахметшин Б.С.,
Фаздалова И. Р., Никитина В.А., 2026

УДК 661.847.22, 54.057

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ САМАРИЕМ ОКСИДА ЦИНКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ МЕТИЛЕНОВОГО ОРАНЖЕВОГО И РОДАМИНА Ж ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Зернов Я.Г., Писарев С.М.,
Немтинов В.И., Фёдорова Н.А., Шурыгин А.В.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Загрязнение водных ресурсов органическими красителями требует разработки эффективных и экономичных методов фотокаталитической очистки. Оксид цинка является перспективным фотокатализатором, однако его активность ограничена быстрой рекомбинацией фотоиндуцированных зарядов. Перспективным подходом для подавления рекомбинации является допирование ионами редкоземельных металлов, в частности самария, которые способны изменять электронную структуру и морфологию ZnO.

В данной работе исследовано влияние концентрации Sm^{+3} на эффективность разложения органических красителей. Материал был синтезирован методом осаждения NaOH в растворе солей Zn и Sm с дальнейшим просушиванием и отжигом в муфельной печи при 600°C.

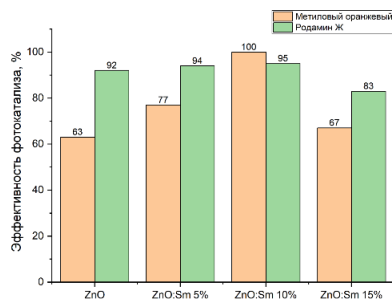


Рис. 1. Эффективность разложения красителей в течение 20 часов под УФ-лампой.

На рис. 1 наблюдается максимальная эффективность разложения красителей для образца ZnO: Sm 10%. При повышении концентрации Sm^{+3} эффективность материала снижается, что может быть связано с гашением фотолюминесценции и с ростом центров рекомбинации.

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

© Зернов Я.Г., Писарев С.М., Немтинов В.И., Фёдорова Н.А., Шурыгин А.В., 2026

УДК 546.41'313.8:543.422.4

РФА-ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВОЙ ОДНОРОДНОСТИ И КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТРОВ БИНАРНЫХ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Ковина К.Е., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А., Ишумбаева О.Д.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

На основании данных рентгенофазового анализа сделано заключение о формировании в исследуемых системах гомогенных твердых растворов двойных карбонатов щелочноземельных металлов. Ключевым диагностическим признаком служит полное отсутствие на дифрактограммах рефлексов, присущих индивидуальным карбонатам кальция, бария и стронция, что интерпретируется как свидетельство протекания изоморфного замещения катионов в единой кристаллической решетке. Полученные результаты подтверждают высокую фазовую чистоту синтезированных образцов, превышающую 98%, и их структурную однородность на уровне кристаллической фазы.

Исследованы структурные особенности двойных карбонатов, полученных карбонизацией полисульфидных растворов. РФА подтвердил формирование единых кристаллических фаз [1].

Для $\text{CaSr}(\text{CO}_3)_2$ (рис. 1) зафиксированы рефлексы при $2\theta=24,5^\circ$ (111), $29,2^\circ$ (111), $35,4^\circ$ (021), $43,2^\circ$ (121), характерные для арагонитоподобной структуры. Отсутствие пиков при $2\theta=24,1^\circ$ (SrCO_3) и $24,5^\circ$ (BaCO_3) подтверждает формирование твердого раствора [2].

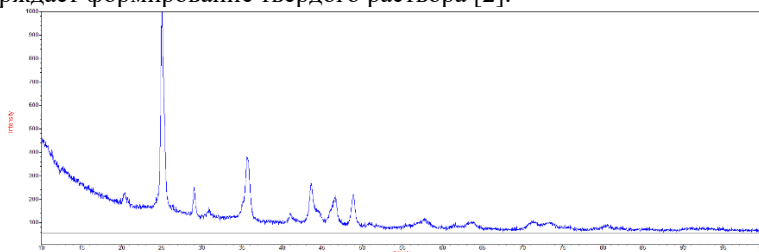


Рис. 1. Рентгенограмма $\text{BaSr}(\text{CO}_3)_2$

Для $\text{CaSr}(\text{CO}_3)_2$ (рис. 2) наблюдаются рефлексы при $2\theta=25,1^\circ$ (111), $29,8^\circ$ (111), $36,2^\circ$ (021), $39,4^\circ$ (200), $43,1^\circ$ (121), соответствующие арагонитоподобной решетке с искажениями [3]. Отсутствие рефлексов CaCO_3 (кальцит, $2\theta=29,4^\circ$) и BaCO_3 (витерит, $2\theta=24,5^\circ$) указывает на гомогенность фазы.

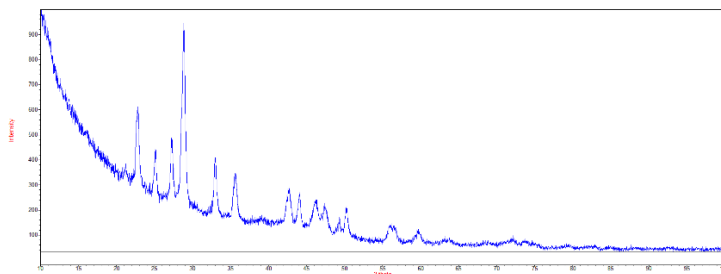


Рис. 2. Рентгенограмма $\text{CaBa}(\text{CO}_3)_2$

Для $\text{CaSr}(\text{CO}_3)_2$ (рис. 3) зафиксированы пики при $2\theta=23,2^\circ$ (104), $29,1^\circ$ (104), $36,0^\circ$ (110), $39,5^\circ$ (113), $43,2^\circ$ (202), характерные для кальцитоподобной структуры [4]. Отсутствие рефлексов индивидуальных карбонатов подтверждает изоморфное замещение.

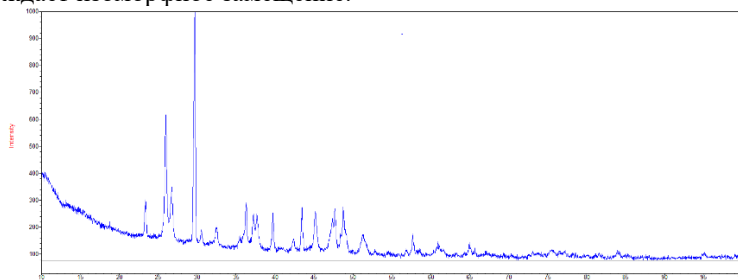


Рис. 3. Рентгенограмма $\text{CaSr}(\text{CO}_3)_2$

Размер кристаллитов составляет 90–200 нм, удельная поверхность – 11–22 м²/г. Материалы перспективны для люминесцентных систем и функциональной керамики.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литература

1. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124–140.
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48–59.
3. Фархутдинов Р.Г., Федяев В.В., Ахметшин Б.С., Гарипова М.И., Уфимцева М.Г. Влияние обработок препаратом на основе полисульфида кальция на всхожесть семян и урожайность растений пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 38–46.
4. Массалимов И.А., Чуйкин А.Е., Массалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Уракаев Ф.Х., Буркитбаев М.М., Мустафин А.Г. Долговременная защита строительных конструкций с использованием наноразмерных покрытий на основе серы // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2019. Т. 11. № 3. С. 276–287.

© Ковина К.Е., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А.,
Ишумбаева О.Д., 2026

УДК 546.41'313.8:543.422.4

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРОЙНОГО КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ-БАРИЯ-СТРОНЦИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ КАРБОНИЗАЦИИ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ

Ковина К.Е., Ахметшин Б.С., Фаздалова И.Р., Ишумбаева О.Д.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В ходе исследования методом рентгенофазового анализа подтверждено образование единой гетерометаллической карбонатной фазы стехиометрического состава CaBaSrCO_3 , при этом не зафиксировано признаков выделения индивидуальных карбонатов кальция, бария или стронция. На дифрактограмме идентифицирован набор основных рефлексов в интервале углов $2\theta = 24,8\text{--}48,9^\circ$, соответствующих целевой фазе [1]. Оценка размеров когерентно рассеивающих областей показала, что полученный материал обладает нанокристаллической структурой со средним размером кристаллитов 110–170 нм.

Ключевые слова: тройной карбонат, гетерометаллическая фаза, рентгенофазовый анализ, фазовая однородность, наноматериалы.

Представлены результаты РФА-характеризации тройной карбонатной системы Ca–Ba–Sr, синтезированной карбонизацией полисульфидных растворов [2].

На рентгенограмме (рис. 1) зафиксированы рефлексы, соответствующие гетерометаллической карбонатной фазе с арагонитоподобной структурой. Основные рефлексы: $2\theta=24,8^\circ$ (101), $29,6^\circ$ (111), $32,1^\circ$ (021), $35,7^\circ$ (112), $46,3^\circ$ (212), $48,9^\circ$ (122).

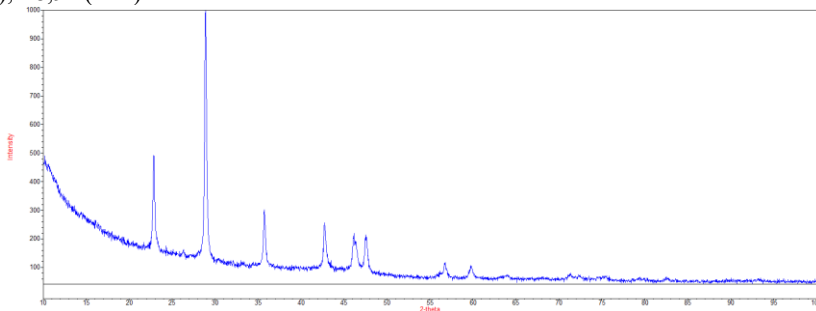


Рис. 1. Рентгенограмма тройного карбоната CaBaSrCO_3

Критически важным результатом является полное отсутствие на дифрактограмме пиков, характерных для индивидуальных карбонатов: CaCO_3 (кальцит, $2\theta=29,4^\circ$), BaCO_3 (витерит, $2\theta=24,5^\circ$) и SrCO_3 (стронцианит, $2\theta=24,1^\circ$) [3]. Также не обнаружены рефлексы двойных карбонатов. Это однозначно свидетельствует о формировании единой гомогенной фазы состава CaBaSrCO_3 , а не механической смеси бинарных соединений. Смещение дифракционных максимумов относительно положений, характерных для двойных карбонатов, объясняется одновременным изоморфным замещением в кристаллической решетке тремя типами катионов с различными ионными радиусами ($\text{Ca}^{2+} - 1,00 \text{ \AA}$, $\text{Sr}^{2+} - 1,18 \text{ \AA}$, $\text{Ba}^{2+} - 1,35 \text{ \AA}$) [4]. Расчет размера когерентно рассеивающих областей показал наличие наноразмерных кристаллитов со средним размером 110–170 нм. Удельная поверхность материала составляет 14–19 $\text{м}^2/\text{г}$. Полученный тройной карбонат перспективен как прекурсор сложных оксидов и матрица люминофоров.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литература

1. Фархутдинов Р.Г., Федяев В.В., Ахметшин Б.С., Гарипова М.И., Уфимцева М.Г. Влияние обработок препаратом на основе полисульфида кальция на всхожесть семян и урожайность растений пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 38-46.

2. Массалимов И.А., Чуйкин А.Е., Массалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Уракаев Ф.Х., Буркитбаев М.М., Мустафин А.Г. Долговременная защита строительных конструкций с использованием наноразмерных покрытий на основе серы // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2019. Т. 11. № 3. С. 276-287.
3. Массалимов И.А., Берестова Т.В., Ахметшин Б.С., Садиков Э.И., Мустафин А.Г. Получение наночастиц серы в реакции тиосульфата натрия с одно- и двухосновными кислотами в области низких концентраций и изучение их антифунгальной активности // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 54. № 5. С. 74-81.
4. Massalimov I.A., Akhmetshin B.S., Massalimov B.I., Urakaev F.Kh. Kinetics of the growth of sulfur nanoparticles during their precipitation from aqueous solutions of calcium polysulfide // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2024. Т. 98. № 1. С. 120-134.

© Ковина К.Е., Ахметшин Б.С.,
Фаздалова И.Р., Ишумбаева О.Д., 2026

УДК 544.653.2:546.22

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ГИДРОФОСФАТА КАЛЬЦИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОЛИСУЛЬФИДА КАЛЬЦИЯ С ОРТОФОРСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ

Лесик Е.А., Мустафокулов Ш.С., Ахметшин Б.С., Ильина М.Г.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Фосфаты кальция представляют собой важный класс неорганических соединений, обладающих биосовместимостью, химической стабильностью и широкими возможностями практического применения. Они используются в медицине, сельском хозяйстве и различных технологических процессах. Среди них особый интерес представляет гидрофосфат кальция (CaHPO_4), который может служить источником кальция и фосфора для растений.

Целью данной работы являлась разработка метода синтеза наночастиц гидрофосфата кальция на основе взаимодействия раствора полисульфида кальция с ортофосфорной кислотой.

Синтез проводился путем постепенного добавления раствора ортофосфорной кислоты к раствору полисульфида кальция. В результате протекающей химической реакции образуется осадок, содержащий гидрофосфат кальция и элементарную серу:



Для выделения гидрофосфата кальция осадок обрабатывали смесью гидразингидрата и моноэтаноламина, что позволяет эффективно отделить элементарную серу от фосфата кальция.

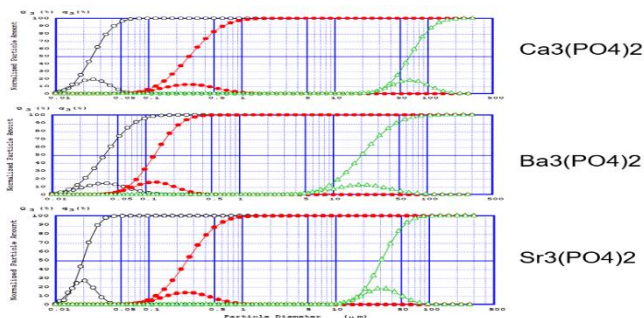


Рис. 1. Распределение наночастиц фосфатов кальция по размерам в различные промежутки времени: (○) – в момент образования; (●) – через 30 минут; ▲ - через 120 минут.

Размеры частиц исследовали методом лазерной дифракции. Установлено, начальный размер частиц составляют около 20–30 нм, однако в процессе агломерации они увеличиваются до микрометрового диапазона.

Кинетический анализ показал, что процесс укрупнения частиц подчиняется экспоненциальному закону:

$$\ln(D) = \ln(D_0) + Q \cdot \tau,$$

где D – текущий размер частиц, D_0 – начальный размер, τ – время наблюдения, а Q – константа скорости агломерации. Расчёты показали, что значение константы Q составляет около 1400 мин^{-1} .

Практическая значимость полученных материалов оценивалась в биологических испытаниях на семенах пшеницы. Семена выдерживали в водных дисперсиях наночастиц серы, гидрофосфата кальция и их композита, после чего определяли длину побегов и корневой системы.

Таким образом, полученные результаты подтверждают перспективность использования данного материала в качестве стимулятора роста растений и компонента современных наноудобрений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литература:

1. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124-140.
2. Фархутдинов Р.Г., Федяев В.В., Ахметшин Б.С., Гарипова М.И., Уфимцева М.Г. Влияние обработок препаратом на основе полисульфида кальция на всхожесть семян и урожайность растений пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 38-46.
3. Массалимов И.А., Берестова Т.В., Ахметшин Б.С., Садиков Э.И., Мустафин А.Г. Получение наночастиц серы в реакции тиосульфата натрия с

одно- и двухосновными кислотами в области низких концентраций и изучение их антифунгальной активности // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 54. № 5. С. 74-81.

© Лесик Е.А., Мустафокулов Ш.С., Ахметшин Б.С.,
Ильина М.Г., 2026

УДК 66.081

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ЖЕЛЕЗООКИСНЫХ СОРБЕНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ИОНОВ

Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{6+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+}

Мустафокулов Ш.С., Авзалов Д.М., Струков Д.А., Фаздалова И.Р.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В XXI веке загрязнение воды ионами тяжёлых металлов остаётся одной из главных экологических проблем. Для очистки воды используют различные сорбенты: гидроокиси алюминия, окислы железа, глинистые минералы и другие материалы. Эффективность сорбента определяют два параметра: сорбционная способность α (мг/г), рассчитываемая как $\alpha = m_{\text{сорб}} \cdot m_{\text{извл}}$, где $m_{\text{извл}}$ – масса извлечённых ионов металла, а $m_{\text{сорб}}$ – масса сорбента, и степень извлечения R , зависящая от концентрации вещества до (C_0) и после (C) сорбции.

Перспективные сорбенты – окислы трёхвалентного железа: гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) и гетит ($\alpha\text{-FeOOH}$). В работе исследовали сорбционные свойства микронных частиц гематита (96 % $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, железоокисный пигмент) и синтезированных наночастиц гетита для удаления ионов тяжёлых металлов (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{6+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}).

Наночастицы гетита синтезировали из нитрата железа ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) с использованием калия гидротартрата, аммиака, оксалата аммония и других реактивов марки «хч». Исходные растворы солей тяжёлых металлов (концентрация 10–2–10–5 моль/л) готовили из реактивов той же марки.

Сорбцию изучали в статическом режиме: в колбу с 10 мл раствора соли добавляли реагенты для регулировки pH, доводили объём до 25 мл, вносили 1 г сорбента и встряхивали 30 минут на вибрационной мешалке, затем фильтровали. Размер частиц гематита определяли на лазерном анализаторе SALD 7071, ИК-спектры – на спектрометре Bruker FT-IR, проводили рентгенофазовый (ДРОН-3.0) и термический (дериватограф Q-1000) анализ, а также атомно-абсорбционную спектрометрию (ААС-7000). pH контролировали потенциометром ОР-264/1.

Экспериментально установили оптимальные условия сорбции: температурный диапазон составил 20–90°C, диапазон pH – 4,5–9, при этом

максимальное извлечение ионов наночастицами гетита достигалось при рН 6,1–6,5. Для выбора оптимальных условий сорбции катионов металлов из водных растворов экспериментально установлены условия сорбционного концентрирования ряда катионов тяжелых металлов: значение рН среды, температура, время установления сорбционного равновесия. Оптимальные значения рН среды, температура, время установления сорбционного равновесия были определены на частицах гематита и гетита, но так как были получены близкие значения оптимальных параметров, ниже приводятся данные для наночастиц гетита. Изучение сорбции катионов металлов было начато с экспериментального определения оптимального значения температуры сорбции. Далее изучение сорбции катионов металлов на частицах гематита и гетита было продолжено с экспериментального определения оптимального значения кислотности среды рН, соответствующего максимальной сорбции изученных видов катионов металлов, поскольку концентрация ионов водорода H^+ в растворе является важным фактором, определяющим равновесие процессов сорбции. С этой целью для каждого из изученных катионов были построены зависимости степени извлечения (R , %) наночастицами гетита от кислотности среды при различных значениях рН среды, при этом значение R для каждой точки брали как среднее из трёх независимых опытов. Изучение влияния кислотности раствора в интервале рН 4,5–9 на сорбцию катионов наночастицами гетита показало, что максимальное их извлечение наблюдается в области от рН 6,1 до рН 6,5. Результаты исследований для ионов кобальта и кадмия на частицах гетита представлены на рис.4. и они показывают, что протекание процесса сорбции сильно зависит от рН среды. Таким образом, проведено исследование сорбционных свойств микронных частиц гематита и наночастиц гетита.

Литература

1. Массалимов И.А., и др. Извлечение ионов тяжелых металлов микрочастицами пероксида кальция. Журнал Прикладной Химии 2016 Т. 89, Вып. 3. - С. 306-312.
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124.
3. Massalimov I.A., et al. Kinetics of the growth of sulfur nanoparticles during their precipitation from aqueous solutions of calcium polysulfide // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2024. Т. 98. № 1. С. 120-134.
4. Ильясова Р.Р., и др. Изучение сорбционных свойств наночастиц железосодержащего сорбента по отношению к ионам тяжелых металлов. Химическая физика. 2017. Т. 36. № 8. С. 90-93.

© Мустафокулов Ш.С., Авзалов Д.М., Струков Д.А.,
Фаздалова И.Р., 2026

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДАМИ ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ

Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В настоящее время безопасность препаратов по отношению к окружающей среде приобретает решающее значение, и многие традиционные препараты постепенно исключают из списка разрешенных по причинам токсичности или наличия отдаленных экологических последствий.

Наночастицы серы были получены из раствора полисульфида кальция химическим осаждением согласно методикам приведённой в патентах [1,2]. На первом этапе был получен полисульфид кальция (см. ис.1а), а затем методом разбавления водой или кислотой получали гидрозоль серы (рис. 1б). Согласно методике, описанной в [1], а затем из этого раствора по методу, описанному в [2].

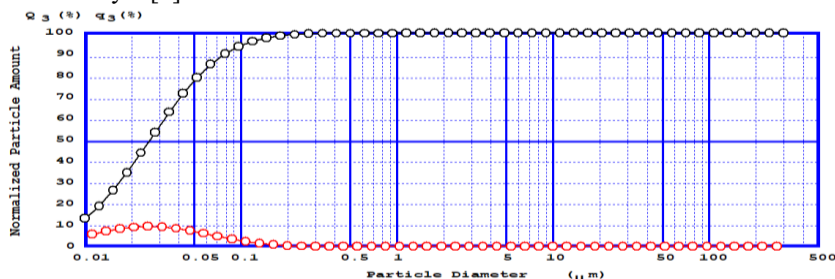


Рис 1. Интегральное и дифференциальное распределение частиц серы по размерам в порошке, выделенном из полисульфида кальция методом химического осаждения.

А для случая получения наночастиц серы с использованием экстракта кожуры граната наночастицы серы были синтезированы следующим образом: 10 мл полисульфида кальция (CaS_5 плотность 1,29 г/мл) растворяли в 100 мл дистиллированной воды, потом разбавляли 100 мл экстракта водный и спиртовой кожуры граната (*Punica granatum*) при слабом перемешивании в течение 40 минут при комнатной температуре. Затем при перемешивании по каплям добавляли 50 мл 10% HCl для равномерного осаждения серы. Полученные суспендированные частицы серы центрифугировали при 4000 оборотах в минуту в течение 10 минут при комнатной температуре. Над осадочную жидкость удаляли, а осадок повторно промывали дистиллированной водой и этанолом, чтобы удалить все биологические материалы. Затем продукт высушивали в вакууме при температуре 60 °C в течение 4 часов.

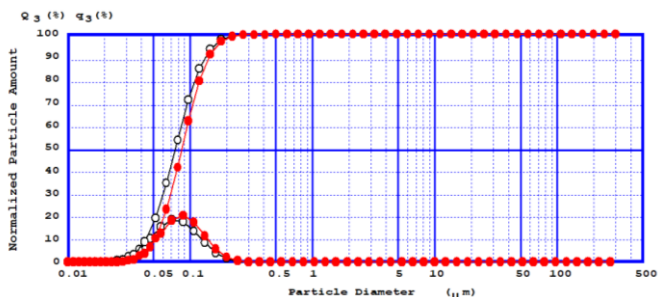


Рис. 2. Интегральное и дифференциальное распределение серы частиц по размерам в порошке, выделенном сразу после синтеза:

- экстракт, полученный в водной среде; ●-экстракт, полученный в спиртовой среде.

Антигрибковая оценка наночастиц серы, полученных из полисульфидных растворов и осажденных кожурой граната, показала превосходную биологическую активность против патогенных грибов: при разбавлении маточного раствора до концентраций 1-2% антифунгальная активность наночастиц в 10–15 раз превышала активность микронной серы со средним размером 45 мкм.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект №25-26-00767).

Литература

1. Массалимов И.А., Массалимов Б.И., Самсонов М.Р., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Способ получения полисульфида кальция. Патент РФ №2777173 от 01.08.2022.
2. Патент РФ №2456231 от 04.03.2011, заявка №2011108605 Массалимова И.А., Мустафин А.Г., Шангареева А.Р., Хусаинов А.Н. Способ получения коллоидной наноразмерной серы.
3. Массалимов И.А., Хусаинов А. Н., Зайнитдинова Р. М., Мусавирова Л. Р., Зарипова Л. Р., Мустафин А. Г. Химическое осаждение наночастиц серы. Журнал прикладной химии, 2014, т.87, №6, С. 705–713.

© Мустафакулов Ш.С., Саидова М.А.,
Ахметшин Б.С., Массалимов И.А., 2026

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ, ПОЛЬСУЛЬФИДА КАЛИЯ, В ЗАЩИТЕ И СТИМУЛЯЦИИ РОСТА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Лесик Е.А.,

Яншаев Д.С., Струков Д.А., Ерин Д.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В работе представлены результаты испытаний наночастиц элементарной серы (средний размер ≈ 20 нм), полученных методом химического осаждения из водных растворов полисульфида калия, в качестве агрохимиката для предпосевной обработки яровой пшеницы сорта «Башкирская 26». Установлено, что наночастицы проявляют антифунгальную активность против патогенов, вызывающих корневые гнили и плесневение семян (*Fusarium* spp., *Helminthosporium* spp., *Alternaria* spp.). При дозе 2,0 л/т эффективность обработки достигает 75–80 %.

Кроме того, препарат оказывает ростостимулирующее действие: всхожесть обработанных семян превышает контрольные значения на 5–9 %, а масса 100 проростков возрастает на 3–12 %, что превосходит показатели стандартных протравителей (ТМТД, комбинация Na-ДМДТК+БМК).

Также проведены полевые испытания препарата «Сульфитек-Агро» на основе наночастиц серы (в сухом состоянии содержит 8,76 % калия и 66,11 % наночастиц серы) [1]. При разбавлении раствора полисульфида кальция водой более чем в 100 раз происходит образование гидрозоля серы: первоначальные частицы размером 10–50 нм (в среднем ≈ 20 нм) в течение часа укрупняются до 1–50 мкм (в среднем ≈ 10 мкм).

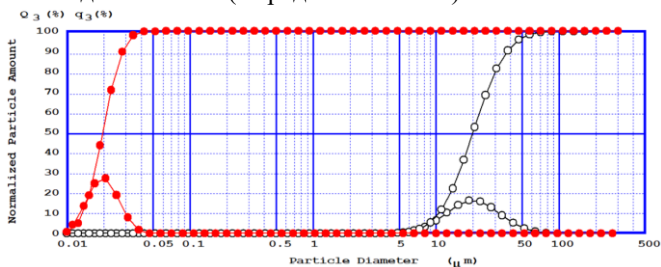


Рис. 2. Интегральное и дифференциальное распределение частиц серы в суспензии при 25°C в разные промежутки времени: (●) - в момент образования; (○) - через 100 минут.

Если собрать осажденную серу промыть ее дистиллированной водой и высушить, то получим порошок серы (рис.3а), который представляет собой высокодисперсный порошок зеленоватого цвета с желтым оттенком.

Рентгеновский фазовый анализ этого частиц порошка, выделенных из гидрозоля, показал, что он совпадает с дифрактограммой серы (рис.3б)

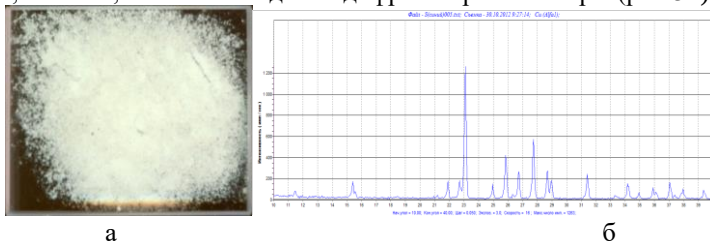


Рис. 3. Изображение частиц порошка, выделенных из гидрозоля серы (а) и рентгенограмма порошка серы (б).

Протравители испытывали в виде паст и водных растворов, используя в качестве эталона известные препараты в рекомендованных дозах. Энергию прорастания, всхожесть и заражённость семян определяли по [4].

Испытания проводили на яровой пшенице сорта «Башкирская 26», заражённой грибами, вызывающими корневые гнили, чёрный зародыш (*Fusarium* sp., *Helminthosporium* sp., *Alternaria* sp.) и плесневение семян (*Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp.).

Протравливание выполняли полусухим способом в круглодонных колбах (расход рабочей жидкости – 10 л/т) за 2–3 дня до прорастивания. Обработанные семена прорастивали на влажных фильтровальных бумагах в чашках Петри при 25 °С.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект №25-26-00767).

Литература

1. Массалимов И.А., Хусаинов А.Н, Зайнитдинова Р.М., Мусавирова Л.Р, Зарипова Л.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы // Журн. прикл. химии. 2014. Т. 87. № 6. С.1-9.;
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124-140.;
3. Массалимов И.А., Мустафакулов Ш.С., Массалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Способ приготовления полисульфида кальция. Патент РФ №2852504 от 09.12.2025.

© Мустафакулов Ш.С., Саидова М.А.,
Лесик Е.А., Яншаев Д.С.,Струков Д.А., Ерин Д.В., 2026

ДВОЙНОЕ ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ, ОСАЖДЕННЫХ ИЗ
ПОЛИСУЛЬФИДА КАЛЬЦИЯ: ФУНГИЦИДНАЯ ЗАЩИТА И
СТИМУЛЯЦИЯ РАННЕГО ОТОГЕНЕЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

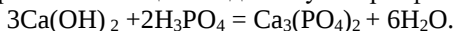
Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

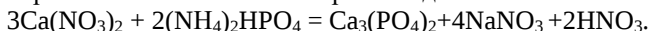
Фосфаты кальция (включая $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, гидрок시아патит и аморфный фосфат кальция) – фосфатсодержащие соединения с однотонным цветом и лёгкими сероватыми оттенками. Они могут быть зернистыми или кристаллическими, с размером частиц около микрометров.

Благодаря биосовместимости эти соединения важны для медицинских и биоматериаловедческих исследований, поскольку играют ключевую роль в структуре костной ткани. Наиболее перспективные для практического применения – дикальцийфосфат дигидрат ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), оксид кальция (CaO), гидрок시아патит ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) и аморфный фосфат кальция.

Существует множество способов получения или образования фосфата кальция. Одним из распространенных методов является способ, когда на гидроксид кальция воздействуют ортофосфорной кислотой:



Второй метод заключается в смешивании двух солей: нитрата кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и гидрофосфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, предварительно растворенный в абсолютном спирте и воде соответственно



Для осуществления процесса соосаждения серы (S) и фосфата кальция CaHPO_4 был выбран метод, в процессе которого через колбу с раствором CaS_5 по каплям приливали раствор фосфорной кислоты (H_3PO_4) в результате протекающей реакции, образуется суспензия, содержащая смесь наночастиц CaHPO_4 и S:



Для отделения частиц CaHPO_4 от серы осадок обрабатывали смесью гидразингидрата и моноэтаноламина. Анализы размеров частиц проводили на лазерном анализаторе методом лазерной дифракции. Мы получили закономерность: при увеличении времени увеличивается размер частиц; при увеличении концентрации кислоты увеличивается размеры частиц.

Для оценки воздействия наночастиц серы и гидрофосфата кальция семена пшеницы, пророщенные при 25 °С, помещали в чашки Петри с дисперсиями этих веществ и их композита разных концентраций (контроль – водопроводная вода). Каждый вариант ставили в трёх повторах (по 15 семян), а через три дня измеряли длину побегов и корешков.

Результаты подтвердили перспективность композита $S/CaHPO_4$ как протравителя семян благодаря содержанию серы, кальция и фосфора.

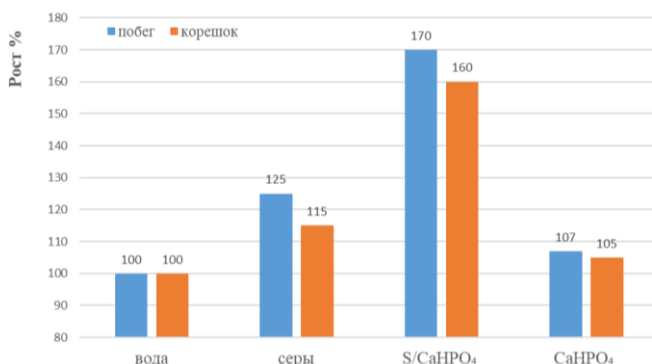


Рис. 2. Зависимость длины побегов и корешков зерен пшеницы от состава водных суспензий для их обработки.

Состав с $S/CaHPO_4$ является более эффективным, так как содержит наряду с серой и кальцием также и фосфор. Необходимо также отметить, что во всех случаях присутствует сера – эффективный и экологически безопасный фунгицид и он уничтожает патогенные грибы, присутствующие на поверхности зерна.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литература

1. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124-140.
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48-59.
3. Фархутдинов Р.Г., Федяев В.В., Ахметшин Б.С., Гарипова М.И., Уфимцева М.Г. Влияние обработок препаратом на основе полисульфида кальция на всхожесть семян и урожайность растений пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 38-46.

© Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А.,
Ахметшин Б.С., Массалимов И.А., 2026

УДК: 542.61:546,72:542

АНТИФУНГАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОПРЕПАРАТА НА
ОСНОВЕ СЕРЫ И СРАВНЕНИЕ С ДАННЫМИ
ДРУГИХ ПРЕПАРАТОВ НА ПШЕНИЦЕ

Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Лесик Е.А.,

Яншаев Д.С., Фаздалова И.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Сера является неметаллом, и относится к тем немногим веществам, которые можно встретить не только в виде соединений, но также и в виде самородного вещества. Возможно, это обстоятельство послужило причиной раннего использования этого химического элемента для нужд человечества.

Хотя в результате многолетних интенсивных исследований свойств элементной серы накоплен значительный фактический материал, необходимость разработки новых путей применения серы требует проведения дальнейших исследований ее характеристик с помощью современной научной аппаратуры. Одним из перспективных направлений получения наночастиц серы является осаждение из растворов полисульфидов. В водных средах получение дисперсных частиц связано с растворением серы. [1-2]

В данной работе представлены результаты испытаний фунгицидного действия варианта препарата на основе наночастиц серы, полученных методами зеленой химии с использованием экстракта кожуры граната. Приготовление водного и спиртового экстракта кожуры граната *Punica granatum* проводилось следующим образом. 20 г сухого порошка кожуры *Punica granatum* смешивали с 500 мл дистиллированной воды и кипятили в течение 30 мин. Затем смесь охлаждали при комнатной температуре и фильтровали на фильтровальной бумаге для удаления твердых частиц. Затем экстракт центрифугировали при 1200 об/мин в течение 5 мин для удаления тяжелых биоматериалов. Фильтрат хранили при комнатной температуре для дальнейшей экспериментальной работы.

Биологическая активность препаратов в качестве стимуляторов роста растений определяется обработкой зерен пшеницы составами препаратов различной концентрации. Препараты представляют собой композицию действующего вещества с различными добавками, усиливающими действие препарата. На первом этапе определяется оптимальная концентрация препарата путем измерения величины проростков без введения различных добавок. Определяется оптимальная концентрация, дающая максимальный прирост, которая используется во всех дальнейших экспериментах с применением различных добавок.

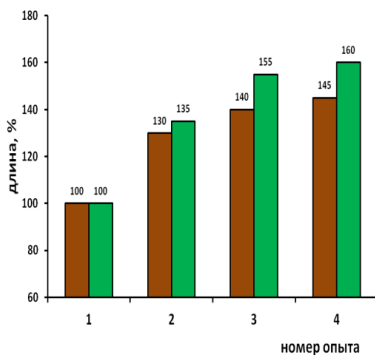


Рис. 1. Зависимость длины побегов и корешков от присутствия наночастиц серы осажденных в различных условиях:

Обозначения на рис. 1 следующие: 1 – контрольный результата, полученный при выдержке в чистой воде; 2 - результат, полученный при выдержке в воде, содержащей наночастицы серы осажденные химическим способом; 3 - результат, полученный при выдержке в воде, содержащей наночастицы серы осажденные с помощью экстракта граната выделенного в водной среде; 4 - результат, полученный при выдержке в воде, содержащей наночастицы серы осажденные с помощью экстракта граната выделенного в этиловом спирте. Из рис. 1 видно, что результаты, полученные методом «зеленой химии» превышают значения, полученные традиционным методом химического осаждения, могут быть рекомендованы для протравливания зерен пшеницы и других злаковых культур.

Таким образом, препарат «Сульфитек-Агро» на основе наночастиц серы, не только существенно подавляют развитие грибковых болезней, но и является эффективным стимуляторы роста пшеницы.

Литература

1. Массалимов И.А., Хусаинов А.Н, Зайнитдинова Р.М., Мусавирова Л.Р, Зарипова Л.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы // Журн. прикл. химии. 2014. Т. 87. № 6. С.1-9.;
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124-140.

© Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Лесик Е.А., Яншаев Д.С.,
Фаздалова И.Р., 2026

ОКИСЛЕНИЕ СЕРЫ НА ПЛАТИНОВЫХ ЭЛЕКТРОДАХ ИЗ СЕРНИСТО-ЩЕЛОЧНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Муфаздалова Р.Р., Ахметшин Б.С., Квятковская А.С., Сабурова Ю.Б.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Очистка высококонцентрированных сернисто-щелочных стоков является критической задачей для нефтеперерабатывающей и химической промышленности. Традиционные методы очистки часто приводят к образованию вторичных отходов. Уровень сульфидов в стоках превосходит ПДК в сотни раз, что не позволяет использовать биологическую очистку [1,2]. Существует способ очистки сернисто-щелочного стока (СЩС) предварительной обработкой серной кислотой и дальнейшем окислении СЩС кислородом воздуха на катализаторе – полифталоцианин кобальта, что приводит к образованию сероводорода, затем авторы [3] предлагают сероводород пропустить через раствор щелочи и получить гидросульфид натрия.

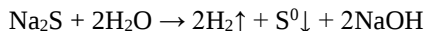
В данной работе предлагается провести очистку стоков с выделением элементной серы на аноде. Процесс анодного окисления сульфид-ионов в высококонцентрированных щелочных растворах проводится при температуре 20-25° С. Установлены оптимальные плотности тока и потенциалы для селективного осаждения элементной серы на поверхности инертного (платинового) электрода. Разработан механизм механического или термического удаления серы, обеспечивающий замкнутость технологического цикла.

При исследовании щелочного раствора, содержащего сульфид натрия, использовали электрохимическую ячейку с платиновыми электродами. Процесс электролиза проводили в растворе, содержащем 15% NaOH и 10% Na₂S·H₂O.

Электролиз раствора сульфида натрия протекает по следующей схеме:

Катод: $\text{Na}^+, \text{H}_2\text{O} \quad 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$

Анод: $\text{S}^{2-}, \text{H}_2\text{O} \quad \text{S}^{2-} - 2\bar{e} \rightarrow \text{S}^0$



Электролиз проводился при разных режимах, сила тока варьировалась от 0,1 А до 3,5 А, время от одного часа до трех часов при комнатной температуре.

Установлено, что при малых значениях силы тока 0,5 А происходит незначительное газообразование, на аноде появляется желтый осадок серы (рис.1). Время электролиза - 1 час. Анализ электролита на содержание серы после электролиза показал снижение сульфидов на 90%.

Методом рентгеновской порошковой дифракции (РФА) определены фазовый состав, размер кристаллитов, микродеформации и параметры

решётки (рис.2). Исследованный образец полученной серы представляет собой высокочистый нанокристаллический α -S₈ со следующими характеристиками: размер кристаллитов: 70–170 нм (среднее ~115 нм), микродеформации: ~0.13%, параметры решётки: слегка анизотропно искажены, но химически чисты, отсутствие кристаллических примесей.

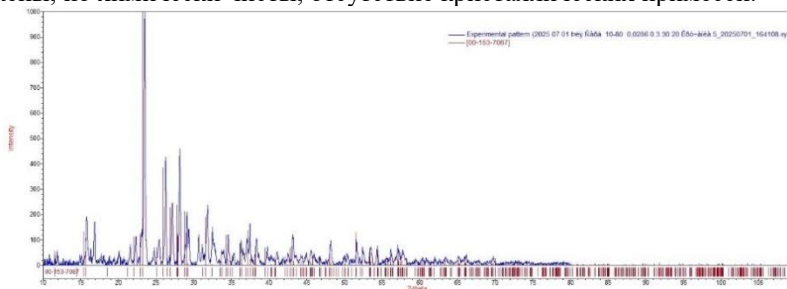


Рис. 1. результаты РФА образца серы после электролиза СЩС.

Предложенный метод очистки сточных вод позволяет не только эффективно очищать промышленные растворы, но и возвращать полученную серу в производство.

Литература

1. Мурзакова А. Р., Бадикова А. Д., Кудашева Ф. Х., Цадкин М. А., Гимаев Р.Н. Вопрос очистки сернисто-щелочных стоков нефтеперерабатывающих предприятий // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2007. №2.
2. Садыкова З. О., Сироткин А. С., Перушкина Е. В. Интенсификация процесса биокаталитического окисления соединений серы с использованием адаптированных микроорганизмов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №15.
3. Бадикова А.Д., Мурзакова А.Р., Кудашева Ф.Х., Цадкин М.А., Гимаев Р.Н. Поиск путей очистки сернисто-щелочных стоков нефтеперерабатывающих предприятий // Нефтегазовое дело, 2005.
4. Алиев З.М., Пивень Н.Ю. Способ утилизации отходов сульфида натрия/ Свидетельство о государственной регистрации RU 2108976 C1 МПК⁶ C02 F 1/46/

© Муфаздалова Р.Р., Ахметшин Б.С.,
Квятковская А.С., Сабурова Ю.Б., 2026

ЛЕТУЧИЕ РАЗНОЛИГАНДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МАГНИЯ КАК ПРЕКУРСОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ MgF_2 МЕТОДОМ МОСVDРихтер Э.А.¹, Аксёнова М.А.^{1,2}, Макаренко А.М.¹,
Евсеев Г.С.³, Кочелаков Д.В.¹¹*Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск, Россия*²*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*³*Институт биохимической физики РАН, Москва, Россия*

Пленки MgF_2 востребованы в качестве вторично-эмиссионных, защитных и антиотражающих слоев. Универсальную платформу для прецизионного контроля состава и характеристик получаемых пленочных материалов представляют химическое осаждение из газовой фазы (МОСVD) и родственные методы. Однако они остаются недостаточно изученными для данного материала. Поскольку летучие фторирующие агенты, в основном, являются агрессивными, токсичными или дорогостоящими, технологически более удобен подход, использующий фторсодержащий прекурсор магния, при разложении которого образуется целевая фторидная фаза.

К настоящему времени описан крайне ограниченный ряд соединений магния, которые могут быть использованы в таких процессах. В основном они представлены комплексами со фторированными β -дикетонатными лигандами, но для магния они имеют олигомерное строение, что понижает летучесть и создает трудности при контроле состава газовой фазы. Для решения этой проблемы удобным подходом является разнолигандное комплексообразование с N-донорными лигандами типа $[Mg(Q)_n(L)_2]$, где Q – нейтральный лиганд, а L^- – β -дикетонат-анион.

В данной работе демонстрируется возможность управления термическими свойствами таких комплексов за счёт варьирования комбинаций β -дикетонатных и нейтральных лигандов. На основании анализа литературы [1], в качестве отправной точки для сравнения выбран комплекс $[Mg(tmeda)(hfac)_2]$, где tmeda – N,N,N',N'-тетраметилэтилендиамин, hfac⁻ – 1,1,1,5,5,5-гексафторпентандион-2,4-ат-анион.

Возможности по варьированию анионного лиганда продемонстрированы путём изменения количества фтора в терминальных заместителях: в меньшую сторону на примере 1,1,1-трифторпентандиона-2,4 (Htfac); в большую сторону на примере 1,1,1,2,2,5,5,5-октафторгептандиона-2,4 (Hofhac) (рис. 1а). Варьирование нейтрального лиганда проводилось в основном в рамках ароматических гетероциклов: бидентатных 2,2'-бипиридина (bipy), 4,4'-дитретбутил-2,2'-бипиридина (bu-bipy), 1,10-фенантролина (phen), 2-диметиламинотилпидридина (dmampy); и монодентатных пиридина (Py) и 4-метилпиридина (4Me-Py) (рис. 1б).

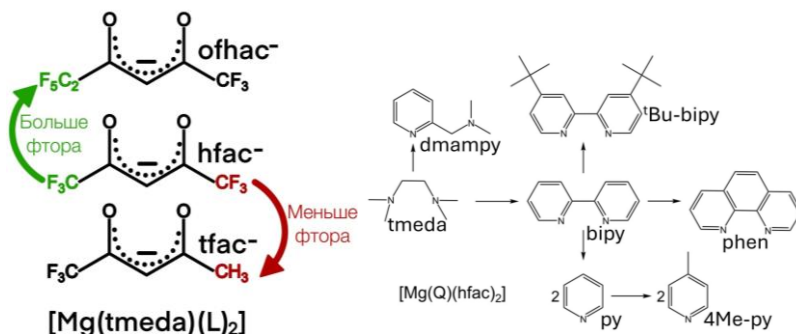


Рис. 1. Лиганды, используемые в работе: (а) β-дикетонат-анионы; (б) N-донорные лиганды

Синтез комплексов проводили в две стадии: на первой получали соответствующие диаквакомплексы $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{L})_2]$ реакцией нейтрализации, на второй проводили замещение воды на N-донорный лиганд. Соединения охарактеризованы с помощью элементного анализа, РФА, ИК- и ЯМР-спектроскопии. Строение установлено методом РСА. Термические свойства исследованы с помощью ТГА, ДСК и тензиметрии. С помощью визуальных измерения на столике Кофлера составлены ряды по температурам плавления. Для комплексов состава $[\text{Mg}(\text{tmeda})\text{L}_2]$: tfac (91°C) < hfac (85°C) < ofhac (81°C); для комплексов состава $[\text{Mg}(\text{Q})_n(\text{hfac})_2]$ phen (238°C) < bipy (220°C) < tthubipy (168°C) < 4Me-Py (133°C) < Py (122°C) < dmampy (97°C) < tmeda (85°C).

Возможность образования MgF_2 при термическом разложении этих комплексов теоретически обоснована с помощью термодинамического моделирования состава конденсированных фаз при различных температурах и содержаниях газа-реагента (H_2 и O_2). Для части комплексов $[\text{Mg}(\text{tmeda})(\text{hfac})_2]$, $[\text{Mg}(\text{bipy})(\text{hfac})_2]$ и $[\text{Mg}(\text{tmeda})(\text{ofhac})_2]$ проведены эксперименты по получению плёнок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 24-79-10272.

Литература

1. Wang L., Yang Y., Ni J., Stern C.L., Marks T.J. Synthesis and Characterization of Low-Melting, Highly Volatile Magnesium MOCVD Precursors and Their Implementation in MgO Thin Film Growth. – Chemistry of Materials, 2005. – Vol. 17, No. 23. – P. 5697–5704.

© Рихтер Э.А., Аксёнова М.А., Макаренко А.М.,
Евсеев Г.С., Кочелаков Д.В., 2026

УДК 544.22.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТОНКОДИСПЕРСНОГО
АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ
ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ СКАНДИЯ (+3)

Сабитов Д.И., Ильясова Р.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В настоящее время синтез сорбционных материалов, с высокой эффективностью извлекающих металлы подгруппы скандия, является актуальной задачей. Проблема стала особенно значимой в последние годы в связи с экономическими санкциями, которые негативно повлияли на рынок сорбентов в РФ, усложнили логистику и вызвали подорожание сорбентов. Потому задачей российских специалистов стал поиск новых эффективных отечественных сорбентов для замены иностранных аналогов [1].

Авторами изучены сорбционные свойства тонкодисперсного активированного угля (ТАУ), полученного механическим измельчением на лабораторной мельнице *Stegler LM-500*, по отношению к ионам скандия (+3) в условиях статической сорбции. Следует отметить, что получение скандия является на сегодня актуальной задачей, так как скандий используется в высокотехнологичных отраслях промышленности и спрос на данный металл очень высок.

Размер частиц вышеуказанного наноразмерного активированного углерода измерен с помощью лазерного анализатора *SALD 7071* фирмы Шимадзу и составил от 1 до 20 мкм с максимум в 10 мкм. Концентрация скандия (+3) измерена фотометрическим методом при длине волны 675 нм [2].

Авторами экспериментальным методом подобраны оптимальные условия статической сорбции ионов скандия (+3) частицами ТАУ: pH 5, температура сорбции 20°C, отношение массы сорбента к объему водного раствора соли скандия 1 г : 25 мл, время контакта фаз 25 минут.

Эффективность сорбции составила 97% при концентрации скандия (+3) 10^{-3} М, что свидетельствует о возможности эффективного извлечения ионов скандия (+3) из промышленных сточных вод.

Литература

1. Кузнецов В.Н. Синтез и применение углеродных сорбентов. Соросовский образовательный журнал, № 12, 1999, с. 29 – 34.
2. ГОСТ 11739.25-90. Фотометрический метод определения скандия.

© Сабитов Д.И., Ильясова Р.Р., 2026

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ ТЕМПОРАЛЬНОГО ИНДЕКСА
КИНЕТИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ
ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

Сидельников А.В., Адеева С.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Мультисенсорные системы на основе массивов неспецифических сенсоров находят широкое применение для анализа многокомпонентных газовых сред [1]. Однако классические методы обработки сигналов, в частности метод главных компонент (РСА), часто не позволяют надёжно различить близкие по составу образцы, поскольку первые главные компоненты описывают преимущественно фоновые процессы, а индивидуальные особенности сигнала распределяются по глубоким компонентам с малой долей дисперсии. В настоящей работе предложен и метрологически аттестован темпоральный индекс кинетической сложности (ТИКС), основанный на анализе частотных портретов глубоких главных компонент (ГК4–ГК50, $\text{SNR} \geq 6$ дБ) для перколяционной сенсорной системы «деревянный нос».

Объектом исследования служила оригинальная перколяционная система, состоящая из двух деревянных дисков с зеркально выгравированными каналами и вложенными медными проводниками [2]. Регистрацию вольт-амперных характеристик выполняли с помощью потенциостата Р-20Х в режиме линейной развёртки напряжения $0 \rightarrow 5$ В за 10 с (частота дискретизации 25 Гц). Получено 300 последовательных измерений, разделённых на три серии по 100 ВАГ. Опорный частотный портрет, построенный по полной базе, содержит 625 уникальных пар «главная компонента – частота». Разработана процедура скользящего окна (удаление 10 последовательных ВАГ, шаг 1, 291 окно) в сочетании с бутстреп-оцениванием погрешности (50 выборок по 80 % данных с возвращением). ТИКС рассчитывали по формуле $\log_{10}((\sigma_f^2/\mu_f^2) \cdot \text{CV}_f \cdot R_f + 1)$, где σ_f^2 – дисперсия, μ_f – среднее, CV_f – коэффициент вариации, R_f – размах характеристических частот.

Установлены ключевые метрологические характеристики метода: средний ТИКС = 0.6315, стандартная погрешность $\sigma = 0.0161$, полуширина 95 % доверительного интервала ± 0.0315 . На этой основе введены статистические критерии для автоматического детектирования значимых изменений газовой среды: событие типа «гора» (ТИКС > 0.663) соответствует значимому повышению кинетической сложности, событие типа «впадина» (ТИКС < 0.600) – значимому понижению. Показана высокая стабильность метода: различия между средними значениями ТИКС для трёх последовательных серий не превышают 0.004, что лежит в пределах погрешности.

Распределение ТИКС по 291 окну близко к нормальному, что подтверждает корректность использования среднеквадратичного отклонения для оценки погрешности.

Принципиально важным результатом является тот факт, что доля объяснённой дисперсии глубоких главных компонент (ГК4–ГК50) составляет менее 11 % в сумме, однако именно эти компоненты содержат устойчивые и воспроизводимые частотные портреты. Это подтверждает, что в темпоральном анализе определяющим является не статистический вес компоненты, а сам факт наличия частоты с достаточным отношением сигнал/шум. Разработанный метод не требует априорных предположений о распределении данных и может быть распространён на другие типы мультисенсорных систем для задач автоматического мониторинга качества воздуха.

Литература

1. Gardner J.W., Bartlett P.N. A brief history of electronic noses // Sensors and Actuators B. 1994. Vol. 18, № 1–3. P. 210–211.
2. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Sidelnikov A.V. Mesoscopic theory of percolation currents associated with quantitative description of VAGs: Confirmation on real data // Chaos, Solitons and Fractals. 2018. Vol. 106. P. 171–183.

© Сидельников А.В., Адеева С.Р., 2026

УДК 543.552:663.93

РОЛЬ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЧАСТОТНЫХ МАРКЕРОВ СТАРЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

Сидельникова Е.А., Бижанова Г.Г., Баширова З.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Процессы старения пищевых продуктов, содержащих природные полифенолы и органические кислоты, в значительной степени катализируются ионами переходных металлов, переходящими в раствор с поверхности металлических электродов [1]. Методом темпоральной вольтамперометрии с частотным анализом временной структуры токовых сигналов мультисенсорной электрохимической системы типа «электронный язык» (электроды: Cu, Fe, нержавеющая сталь, Al) исследованы процессы старения растворов восьми сортов растворимого кофе в течение четырёх суток. Предложен подход ONE-LEAVE-OUT, основанный на последовательном исключении временных интервалов с последующим спектральным анализом, позволяющий количественно оценить вклад ионов металлов в эволюцию частотного портрета.

Показано, что основная матрица растворов кофе характеризуется высокой спектральной стабильностью: доля фоновых частот составляет 92.5–97.0 % от общего спектра сигналов. В процессе хранения наблюдается формирование новых частотных компонент, причём для большинства исследованных образцов выявлен характерный максимум спектральной активности на четвёртые сутки старения. Суммарное количество новых частот варьирует от 11 (Jacobs Gold) до 33 (Jacobs). Уникальные частотные компоненты лежат преимущественно в области высоких нормированных частот ($f_{\text{норм}} > 140$), что соответствует быстрым электрохимическим процессам комплексообразования [2].

Статистический анализ с использованием критерия χ^2 подтвердил неравномерность распределения новых частот по дням для четырёх сортов ($p < 0.05$). Наблюдаемые закономерности интерпретированы в рамках модели, согласно которой на начальном этапе (дни 1–2) доминирует прямое окисление лабильных компонентов кофе, а на позднем этапе (дни 3–4) происходит накопление ионов Cu^{2+} , Fe^{3+} и Al^{3+} до критической концентрации, после чего начинается активное комплексообразование с органическими лигандами, дающее всплеск высокочастотных сигналов. Выявленная сортоспецифичность динамики старения коррелирует с содержанием металлсвязывающих соединений в различных сортах кофе.

Таким образом, ионы переходных металлов, традиционно рассматриваемые как нежелательная примесь, в действительности выступают в роли катализаторов, формирующих уникальные «спектральные автографы» старения. Предложенный подход открывает перспективы для разработки методов аналитического контроля свежести пищевой продукции, основанных на регистрации частотных маркеров металл-органических комплексов.

Литература

1. Flament I. Coffee Flavor Chemistry. Chichester: John Wiley & Sons, 2002. - С. 424.
2. Vlasov Yu., Legin A., Rudnitskaya A. et al. Nonspecific sensor arrays ("electronic tongue") for chemical analysis of liquids // Pure and Applied Chemistry. 2005. Vol. 77, № 11. С. 1965–1983.

© Сидельникова Е.А., Бижанова Г.Г., Баширова З.А., 2026

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ
ПЕРЕРАБОТКИ СЕРО-КАЛЬЦИЕВЫХ ОТХОДОВ В
КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОЛИСУЛЬФИДНЫЕ КОМПОЗИЦИИ**

Струков Д.А., Фаздалова И.Р., Дильмухаметов А.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Разработан метод термохимической переработки техногенных отходов, образующихся при синтезе полисульфида кальция и содержащих элементную серу и кальциевые соединения. Суть способа заключается в обработке исходного осадка раствором гидроксида калия при температуре 90 °С, что обеспечивает перевод серы в растворимую форму и формирование концентрированного полисульфидного раствора смешанного катионного состава (K^+/Ca^{2+}) плотностью 1,35–1,42 г/см³. Экспериментально подтверждено, что в результате обработки содержание элементной серы в твёрдом остатке снижается с 34 % до 3,4 %, при этом полученный раствор может быть использован в качестве многофункционального агрохимиката или гидрофобизирующей добавки в строительных материалах. Дополнительным преимуществом метода является возможность возврата обезвреженного осадка в технологический цикл, что способствует повышению общей экологической и экономической эффективности производства..

Одной из актуальных проблем в химической технологии производства удобрений является утилизация отходов, образующихся при синтезе полисульфида кальция [1]. В процессе реакции получения целевого продукта – водного раствора полисульфида кальция – образуется значительное количество твердого осадка (15-30% от массы исходных реагентов), который содержит элементную серу и соединения кальция, включая карбонат, гидроксид и сульфид кальция [2]. Существующие методы переработки, такие как нейтрализация фосфорной кислотой или добавление полугидрата сульфата кальция с каолином, требуют дополнительных затрат на реагенты и не решают проблему снижения содержания серы в отходах.

В данной работе предложен способ переработки указанных отходов путем их смешивания с раствором гидроксида калия с последующей термохимической обработкой. В ходе реакции при интенсивном перемешивании и температуре 90°С в течение часа удается получить раствор плотностью 1,35–1,42 г/см³, содержащий смесь полисульфидов кальция и калия [3]. Данный раствор отделяется от осадка методом декантации. Экспериментально установлено, что из 3,8 кг исходных отходов, содержащих 34% серы, после обработки получают 3,5 литра концентрированного раствора, при этом остаточное содержание элементной серы в осадке снижается до 3,4% [4].

Таким образом, предложенный метод позволяет не только существенно снизить содержание элементной серы в отходах производства, но и получить дополнительный ценный продукт – концентрированный полисульфидный раствор. Полученный раствор может найти применение в сельском хозяйстве в качестве удобрения, антифунгального средства и раскислителя почвы, а также в строительстве в качестве гидрофобизатора. Преимуществом способа является также возможность возврата обработанного осадка обратно в производственный цикл для синтеза полисульфида кальция, что повышает общую экологичность и экономическую эффективность производства.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литература

1. Массалимов И.А., Мустафакулов Ш.С., Массалимов Б.И. и др. Способ переработки отходов производства полисульфида кальция // Патент России № 2852262. 2025. Бюл. № 34.
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124-140.
3. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48-59.
4. Фархутдинов Р.Г., Федяев В.В., Ахметшин Б.С., Гарипова М.И., Уфимцева М.Г. Влияние обработок препаратом на основе полисульфида кальция на всхожесть семян и урожайность растений пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 38-46.

© Струков Д.А., Фаздалова И.Р., Дильмухаметов А.А., 2026

УДК 543.42:546.22

РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ СУЛЬФИДОВ КАДМИЯ, МЕДИ И СВИНЦА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ

Струков Д.А., Фаздалова И.Р., Дильмухаметов А.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Сульфиды переходных металлов (меди, свинца и кадмия) представляют значительный интерес для современной материаловедения благодаря их уникальным оптическим, электрическим и каталитическим свойствам. Ключевым фактором, определяющим функциональные характеристики данных материалов, является их кристаллическая структура, размер частиц и наличие дефектов решетки. В связи с этим разработка экологически безопасных методов синтеза и последующий контроль структурных параметров являются актуальными задачами.

В данной работе представлен метод химического осаждения сульфидов меди (CuS), свинца (PbS) и кадмия (CdS) из растворов полисульфида калия различной плотности (от 1,10 до 1,30 г/см³) [1]. Использование полисульфидов в качестве источника серы позволяет проводить синтез в мягких условиях и избегать использования токсичного сероводорода. Полученные порошки подвергались механической обработке (истиранию в агатовой ступке) для изучения влияния механического воздействия на структурные параметры [2].

Фазовый состав и структурные характеристики синтезированных образцов изучались методами рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре Tongda TDM-20, а также лазерной дифракции (Shimadzu SALD-7101) и ИК-спектроскопии (Shimadzu FTIR-8400S). Обработка дифракционных данных проводилась с использованием программного обеспечения QualX2. Размер кристаллитов рассчитывался по формуле Шеррера, а микронапряжения оценивались методом Уильямсона-Холла.

Установлено, что плотность исходного раствора полисульфида калия существенно влияет на дисперсность и кристаллические свойства получаемых сульфидов. Для сульфида меди увеличение плотности полисульфида приводит к росту среднего размера частиц с 0,020 мкм до 6,322 мкм [3]. Для сульфида свинца наблюдается немонотонная зависимость размера частиц от плотности осадителя, достигая максимума (11,931 мкм) при плотности 1,20 г/см³. В случае сульфида кадмия увеличение плотности полисульфида, напротив, способствует уменьшению размера частиц.

Рентгенофазовый анализ подтвердил образование однофазных сульфидов соответствующих металлов. Расчеты показали, что размер кристаллитов находится в нанометровом диапазоне (10–27 нм) и зависит от условий синтеза. Механическая обработка порошков приводит к возникновению микронапряжений в кристаллической решетке, что фиксируется по смещению пиков на дифрактограммах. Для сульфида меди наблюдается частичное восстановление структуры после измельчения, тогда как для сульфида кадмия характерно устойчивое изменение размеров кристаллитов и сохранение микронапряжений.

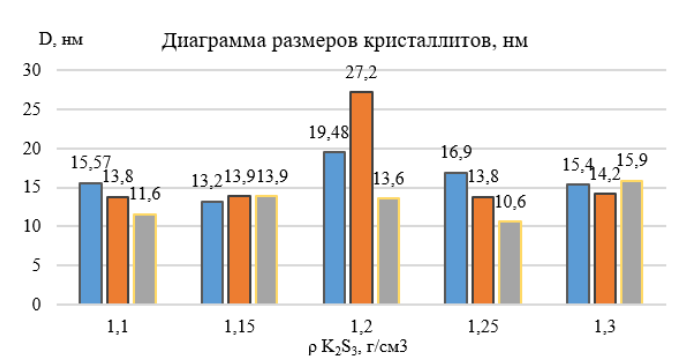


Рис. 1. Диаграмма размеров кристаллитов сульфидов меди, свинца и кадмия при разных исходных плотностях полисульфида калия (синий-CuS; оранжевый-PbS; серый-CdS).

Таким образом, метод осаждения из полисульфидных растворов является эффективным инструментом для управления структурно-размерными параметрами сульфидов металлов, что открывает возможности для целенаправленного синтеза материалов с заданными свойствами.

Литература

1. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида кальция // Журнал физической химии. 2024. Т. 98. № 1. С. 124-140.
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48-59.
3. Massalimov I.A., Akhmetshin B.S., Massalimov B.I., Urakaev F.Kh. Kinetics of the growth of sulfur nanoparticles during their precipitation from aqueous solutions of calcium polysulfide // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2024. Т. 98. № 1. С. 120-134.

© Струков Д.А., Фаздалова И. Р., Дильмухаметов А.А., 2026

УДК 544.653.2:546.74'74

ТРЕХФАЗНАЯ ДИНАМИКА АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ НИТИНОЛА В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДА В НАНОРАЗМЕРНЫЙ РЕЖИМ

Султанова А.И., Ильясова Р.Р., Баширова З.А., Сидельников А.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Никель-титановые сплавы (нитинол) занимают уникальное положение среди современных функциональных материалов благодаря сочетанию сверхупругости, эффекта памяти формы и биосовместимости [1]. Эти свойства обусловили широкое применение нитинола в биомедицинской технике – от сосудистых стентов до ортодонтических устройств. Однако механизм деградации нитинола в физиологических средах на наномасштабном уровне остаётся практически неизученным, что ограничивает возможности прогнозирования срока службы имплантатов и разработки контролируемых методов нанопроизводства [2]. В данной работе методом непрерывной потенциостатической хроноамперометрии исследовано анодное растворение нитиноловой проволоки ($\text{Ni}_{55}\text{Ti}_{45}$, диаметр 400 мкм) в физиологическом растворе (0.9 % NaCl) при постоянном напряжении 5.00 В в течение 24.6 часов с частотой дискретизации 8 Гц.

Эксперимент выполнен в двухэлектродной ячейке с односторонней коммутацией рабочего электрода: электрический контакт подавался только с одной стороны проволоки, что позволило после разрыва сохранить контакт с одним из образовавшихся наноконусов и изучить поведение одиночной наноструктуры без усреднения по ансамблю. Вспомогательный электрод – проволока из нержавеющей стали AISI 316L. Визуальное наблюдение за процессом обеспечивалось прозрачностью ячейки из полиметилметакрилата. Обработку данных проводили в среде Python с использованием фильтра Савицкого–Голея для подавления высокочастотных шумов и расчёта относительных флуктуаций тока (коэффициент вариации CV) в скользящем окне [3].

Анализ хроноамперограммы выявил три качественно различные фазы процесса, разграниченные по уровню флуктуаций тока. Макрофаза (0–13.6 ч) характеризуется стабильным током (8.58 ± 0.16 мА) и низкими относительными флуктуациями ($CV = 3.3$ %). В этот период происходит формирование симметричной шейки в центральной области проволоки; стабильность тока указывает на лимитирование процесса диффузией продуктов растворения. Переходная фаза (13.6–14.6 ч) сопровождается снижением тока и резким ростом флуктуаций до 21.0 %, что связано с достижением критического диаметра шейки (~100 нм) – масштаба, на котором поверхностные эффекты и статистические флуктуации становятся определяющими. Нанофаза (14.6–24.6 ч) наступает после разрыва проволоки:

ток снижается до 0.88 ± 0.58 мА, флуктуации достигают 66.5 %. Благодаря односторонней коммутации активным остаётся только один наноконус.

Геометрическая реконструкция на основе закона Фарадея показывает, что за первые 13.6 ч растворяется ~6 мм центральной части проволоки с образованием двух наноконусов длиной ~2 мм и диаметром кончиков ~100 нм. Отношение поверхности к объёму возрастает в 4000 раз – от 100 до 400 000 см⁻¹. Фарадеевская эффективность тока для растворения металла составляет лишь 5.2 %; остальные 94.8 % заряда расходуются на побочные реакции, преимущественно газовыделение (O₂, H₂). Низкая эффективность типична для процессов с высокими локальными плотностями тока и нанометровой кривизной поверхности.

Установлено, что флуктуации тока служат надёжным диагностическим инструментом для идентификации стадии процесса: превышение порога CV>15 % сигнализирует о приближении критического состояния и может использоваться для прогнозирования момента разрыва имплантата до его фактического наступления. Автономное формирование наноконусов происходит в результате баланса между электрохимическим растворением и действием поверхностной энергии при достижении нанометровых размеров. Полученные результаты создают основу для разработки систем мониторинга деградации биомедицинских имплантатов в реальном времени и контролируемых методов нанопроизводства без применения сложных литографических процессов.

Литература

1. Duerig T., Pelton A., Stockel D. An overview of nitinol medical applications // Materials Science and Engineering: A. 1999. Vol. 273–275. P. 149–160.
2. Shabalovskaya S.A. On the nature of the biocompatibility and on medical applications of NiTi shape memory and superelastic alloys // Bio-Medical Materials and Engineering. 1996. Vol. 6, № 4. P. 267–289.
3. Bard A.J., Faulkner L.R. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. 833 p.

© Султанова А.И., Ильясова Р.Р.,
Баширова З.А., Сидельников А.В., 2026

УДК 544.653.2:546.22

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Такиева Г.А., Фаздалова И.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В современной медицине всё чаще фиксируется увеличение устойчивости микроорганизмов к существующим антибиотическим средствам. В связи с этим актуальной задачей становится разработка новых веществ для антибактериального лечения. Среди перспективных

направлений исследований выделяются комплексы L-лизина с ионами меди (II), которые показывают многообещающие результаты [1].

В данной работе изучено комплексообразование L-лизина с ионами переходных металлов Cu(II), Co(II), Ni(II) в соотношении 2:1 в водной среде в течение 24 часов. В ходе реакции получены комплексы 1-4 общей формулой $[M((NH_3Cl)(CH_2)_4CHNH_2COO)_2] \cdot 2H_2O$ [1] с выходом 60-81%, которые проанализированы методом ИК спектроскопии [2-3] (таблица 1).

Таблица 1

Комплексное соединение	Выход, %	Окраска соединения	Характеристические частоты		
			$\nu_{as}(COO)$	$\nu_s(COO)$	$\delta(NH_2)+\delta(CH)$
L-lysH	-	белый	1584 о.с.	1408 ср.	1158 м.
[Cu(L-lys) ₂] (1)	81	светло-синий	1661 о.с. 1618 о.с.	1393 ср. 1385 ср.	1133 м. 1108 м. 1079 м.
[Co(L-lys) ₂] (2)	80	темно-фиолетовый	1629 о.с. 1621 о.с. 1615 о.с.	1390 ср. 1380 ср.	1178 м. 1145 м.
[Ni(L-lys) ₂] (3)	60	бирюзовый	1582 о.с.	1414 ср.	1087 м.

Исследования продемонстрировали, что комплексы 1-3 являются индивидуальными кристаллическими соединениями с высокой растворимостью в воде. Эти вещества обладают значительным потенциалом в качестве антибактериальных препаратов.

Литература

1. Z. Wu, Z. Fu, Y. Tian, M. Hasan, L. Huang, Y. Yang, C. Li, A. Zafar, X. Shu. Fabrication and characterization of lysine hydrochloride Cu(ii) complexes and their potential for bombing bacterial resistance // Green Processing and Synthesis. 2022. Vol. 11. P. 445–457
2. Berestova T. V., Khursan S. L., Mustafin A. G. // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular. 2020. V.229. 117950.
3. Berestova, T.V., Gizatov, R.R., Galimov, M.N., Mustafin, A.G. // J. Mol. Struct. 1236. 2021. 130303

© Такиева Г.А., Фаздалова И.Р., 2026

УДК: 542.61:546,72:542

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЕ СИЛИКАГЕЛЯ

Фаздалова И.Р., Гайнуллина Ю.Ю., Ахметшин Б.С.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В работе представлена методика получения функционального композитного материала, в котором наночастицы элементной серы (20–50 нм) иммобилизованы в пористой матрице силикагеля. Исходным сырьём служила комовая сера – побочный продукт сероочистки нефти. Синтез включал подготовку водной дисперсии высокопористого силикагеля при 50 °С с последующим введением полисульфидного прекурсора и механической активацией смеси в режиме, аналогичном мокрому измельчению (стеклянные шарики, 900 об/мин), что обеспечило равномерное распределение и фиксацию наночастиц серы внутри пор носителя. Успешность иммобилизации подтверждена комплексом физико-химических методов: рентгенофазовый анализ выявил характерный рефлекс при $2\theta \approx 46^\circ$, соответствующий кристаллической фазе серы, а данные электронной микроскопии визуализировали полное заполнение пористой сети без агломерации частиц. Полученный нанокompозит сочетает высокую удельную поверхность силикагеля с селективными сорбционными свойствами элементной серы, что открывает перспективы его применения в качестве стационарной фазы для хроматографического разделения, мембранных технологий и селективного концентрирования ионов тяжёлых

Процесс получения наночастиц серы начинается с подготовки начального раствора, для которого 5 г силикагеля с высокой пористостью и адсорбционной способностью заливают 50 мл воды. Полученную смесь нагревают до 50 °С и при этом перемешивают на скорости 300 об/мин, чтобы обеспечить равномерное распределение компонентов. Далее в полученный раствор добавляют наночастицы серы, обладающие наноразмерами, что позволяет им активно взаимодействовать с пористой структурой силикагеля [2].

Для усиления эффекта и более эффективной иммобилизации наночастиц используют метод, аналогичный мокрому измельчению: 25 г наночастиц серы растворяют в насыщенном растворе, к которому добавляют 5–7 г стеклянных шариков, создающих эффект мельницы, что способствует механическому измельчению и равномерному распределению наноразмерных частиц. После этого смесь перемешивают при скорости 900 об/мин до полного испарения растворителя, что способствует осаждению наночастиц внутри пор силикагеля. В завершение осадок отделяют при помощи фильтрации и помещают в эксикатор для высушивания, чтобы

удалить остаточную влагу и обеспечить стабильность продукта и наночастиц серы в готовом материале [3].

Для подтверждения успешной иммобилизации наночастиц серы в порах силикагеля используют дифрактометрический метод. В частности, спектр был получен с помощью порошкового дифрактометра Tongda TMD-20. На спектре, представленном на рис. 1, отчетливо виден пик при $23^\circ \theta$ (двойной угол 2θ), что говорит о наличии кристаллической фазы серы. Этот пик подтверждает, что наночастицы серы успешно иммобилизовались в порах силикагеля, занимая пористую структуру и сохраняя свою кристаллическую природу.

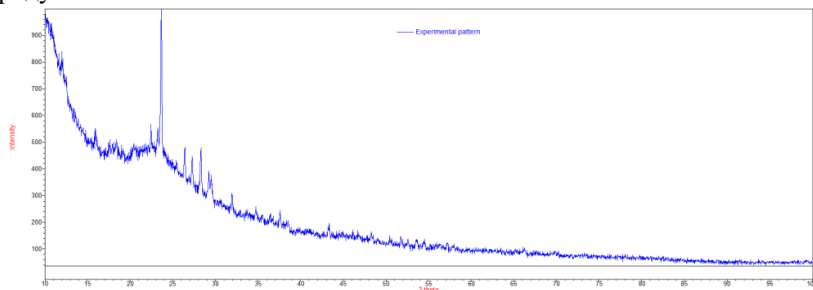


Рис. 1. Дифрактограмма наночастиц серы в порах силикагеля в соотношении 1:3.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00767).

Литературы

1. И.А. Массалимов, Б.С. Ахметшин, Б.И. Массалимов, Ф.Х. Уракаев. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида калия // Журнал физической химии, 2024, том 98, № 1, с. 124–140.
2. Массалимов И.А., Ахметшин Б.С., Массалимов Б.И., Ильясова Р.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы в водно-органических средах // Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 75. № 8. С. 48-59.
3. Massalimov I.A., Akhmetshin B.S., Massalimov B.I., Urakaev F.Kh. Kinetics of the growth of sulfur nanoparticles during their precipitation from aqueous solutions of calcium polysulfide // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2024. Т. 98. № 1. С. 120-134.

© Фаздалова И.Р., Гайнуллина Ю.Ю., Ахметшин Б.С., 2026

УДК 661.183.6, 621.039.736

АЛЮМОЗАМЕЩЕННЫЙ ЦЕОЛИТ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ Y^{90} : ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА

Фёдорова Н.А., Зернов Я.Г., Белов А.А.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Алюмосиликатные материалы с цеолитной структурой являются перспективными матрицами для иммобилизации радионуклидов за счёт высокой химической устойчивости и способности к ионному обмену [1]. Особый интерес представляют цеолиты типа NaY, в которых изоморфное замещение катионов позволяет регулировать физико-химические свойства и повышать эффективность связывания радиоактивных элементов, включая продукты распада стронция-90, такие как иттрий-90 [2].

В работе исследован материал состава $NaYSi_2O_6$, полученный методом золь-гель синтеза с последующим электроимпульсным плазменным спеканием. Термообработка проводилась при температуре 900 °С, скорости нагрева 100 °С/мин и давлении 3,8 МПа с выдержкой 5 минут. Применение ЭИПС позволяет сократить время спекания и обеспечить формирование плотной структуры.

Фазовый состав образца определяли методом рентгенофазового анализа. Данный анализ подтверждает образование фазы $NaYSi_2O_6$, которая является целевой для получения иммобилизирующей матрицы. Одновременно наблюдается повышенный фон и уширение пиков, указывающие на частичную аморфность материала и неполную кристаллизацию.

В результате синтеза получен преимущественно кристаллический алюмосиликат с цеолитоподобной структурой и незначительной долей аморфной фазы. Полученный материал может быть использован также в качестве эффективного наполнителя для полимерных композитных материалов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования № FZNS-2026–0018 и на инфраструктуре инжинирингового центра Дальневосточного федерального университета «Материалы и технологии для Мирового океана и Арктики» (соглашение № 075–15-2025-566).

Литература

1. Zhang, L. Recent progress in zeolite-based separation of radioactive nuclides: a comprehensive review // Separation and Purification Technology. – 2026. – Vol. 384. – P. 136221.
2. Mukiza, E. Recent advances in immobilization of radioactive cesium and strontium-bearing wastes in alkali activated materials – a review // Journal of Environmental Management. – 2024. – Vol. 370. – P. 122746.

© Фёдорова Н.А., Зернов Я.Г., Белов А.А., 2026

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ЧАСТОТНЫХ ПОРТРЕТОВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НА МАТРИЦАХ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СЕНСОРОВ

Шарипова Л.Д., Давыдычева А.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Физико-химические процессы на поверхности полупроводниковых газовых сенсоров – адсорбция, поверхностные реакции и десорбция молекул – определяют кинетику отклика сенсорной матрицы и, как следствие, частотные характеристики регистрируемого сигнала [1]. В настоящей работе методом темпоральной вольтамперометрии с использованием массива из девяти параллельных MQ-сенсоров (MQ-2,3,4,5,6,7,8,9,135) исследованы закономерности формирования частотных портретов семи эфирных масел (мята, сосна, эвкалипт, чайное дерево, апельсин, лимон, можжевельник), содержащих типичные летучие органические соединения: терпены, спирты, альдегиды и кетоны.

Измерения проводили в режиме анодной развёртки 2.0–5.0 В со скоростью 1 В/с при частоте дискретизации 100 Гц. Для каждого образца регистрировали 200 последовательных вольтамперограмм. Частотный анализ выполняли с использованием быстрого преобразования Фурье после РСА-разложения до 199 главных компонент. Установлено, что частотные пики с отношением сигнал/шум более 6 дБ регистрируются в компонентах с 4-й по 129-ю (в отдельных случаях – вплоть до ГК198), что значительно расширяет информационное поле по сравнению с традиционным РСА-анализом, ограниченным первыми тремя компонентами [2]. Первые три главные компоненты содержат общешумовые частоты (0.4–0.8 Гц), общие для всех масел, и не несут специфической информации о химическом составе.

Количество детектируемых пиков варьирует от 34 (мята) до 139 (чайное дерево), что коррелирует с химической сложностью образцов. Выделены характеристические частоты, предположительно связанные с конкретными компонентами масел: 1.6 и 39.1 Гц (ментол, мята), 1.6 и 4.2 Гц (α -пинен, сосна), 10.2 и 49.1 Гц (1,8-цинеол, эвкалипт), 0.4 и 43.5 Гц (D-лимонен, апельсин), 0.4 и 2.6 Гц (лимонен, лимон). Наблюдается распределение сигнала по диапазонам главных компонент: ГК4–30 – основной сигнал (210 пиков, SNR 8–14 дБ), ГК31–100 – тонкая структура (132 пика, SNR 6–8 дБ), ГК101–129 – высокочастотные компоненты (18 пиков, SNR 6–7 дБ).

Предложена интерпретация наблюдаемых частот с точки зрения кинетики поверхностных процессов: диапазон 0.4–0.8 Гц соответствует процессам адсорбции/десорбции, 1–5 Гц – поверхностным реакциям, 5–20 Гц – эффектам, связанным с молекулярной структурой аналита. Обнаружение единичных пиков на ГК198 (сосна, чайное дерево) свидетельствует о

многоуровневом характере сенсорного отклика, не описываемого в рамках моделей с малым числом компонент. Полученные результаты создают основу для разработки методов идентификации летучих органических соединений по их частотным портретам без необходимости хроматографического разделения.

Литература

1. Morrison S.R. The Chemical Physics of Surfaces. New York: Plenum Press, 1977. 415 p.
2. Barsan N., Weimar U. Conduction model of metal oxide gas sensors // Journal of Electroceramics. 2001. Vol. 7, № 3. P. 143–167.

© Шарипова Л.Д., Давыдычева А.А., 2026

СЕКЦИЯ
«ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Берберин относится к числу природных изохинолиновых алкалоидов и является представителем протоберберинового структурного типа. Подобные соединения обнаруживаются у различных лекарственных растений, преимущественно накапливаясь в корнях и корневищах растений. Берберин обладает широким спектром биологической активности: желчегонное, спазмолитическое, кровоостанавливающее, противовоспалительное, противовирусное, проявляет антиоксидантную активность. Благодаря многообразию проявляемых биологических эффектов берберин активно изучается как перспективное фармакологически значимое соединение.

Цель данной работы - разработать методы получения новых потенциально биоактивных веществ на основе берберина с использованием *ipso*-замещения положений C-9 и C-12.

Нами был получен 12-бромберберин (схема 1), который был введен во взаимодействие с амином, содержащим несколько гидроксильных групп. Реакцию проводили до 120 °С в расплаве амина 9 часов (схема 2).

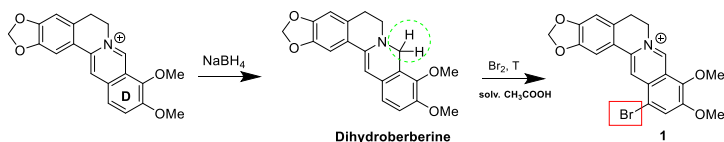


Схема 1

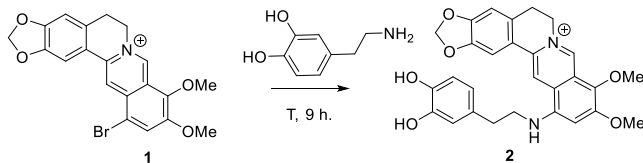


Схема 2

Также была предпринята попытка аминирования берберина по 9 положению (схема 3) с отщеплением метоксигруппы.

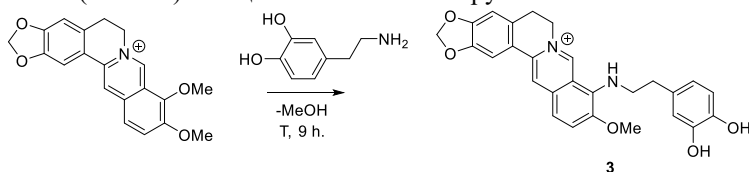


Схема 3

Таким образом, все рассмотренные нами C-9,12 аминопроизводные получены путем *ipso*-замещения, их структуры были доказаны методами ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопии.

Литература

1. K. Iwasa, D.-U Lee, S.-I. Kang, W. Wiegrebе / Antimicrobial Activity of 8-Alkyl- and 8-Phenyl-Substituted Berberines and Their 12-Bromo Derivatives // J. Nat. Prod. 1998, 61, 1150-1153
2. Shengkuan Peng, Wenhao Zhang, Qiaoyi Sun, Wenqiang Zhang, Yadong Chen, Zhicheng Lv, Zhihang Fang, Xian Wei, Tao Lu, Guo Chen and Yu Jiao / Discovery of THB Derivates as Ferroptosis Inhibitors for the Treatment of Acute Kidney Injury by Targeting VDAC // J. Med. Chem. 2025, 68, 11340–11364

© Алешин В.А., Манушко М.В., Поперешняк А.С., 2026 г.

УДК 547.854.4

1,3,5-ЗАМЕЩЕННЫЕ УРАЦИЛЫ КАК НОВЫЕ АНАЛОГИ ИБУПРОФЕНА

Андреев Д.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Циклооксигеназы (ЦОГ) представляют собой семейство ферментов, инициирующих биосинтез простагландинов и играющих ключевую роль в патогенезе боли, лихорадки и воспаления. Несмотря на высокую востребованность в клинике, разработка новых ингибиторов ЦОГ остается актуальной задачей ввиду серьезных ограничений безопасности существующих препаратов. Так, применение неселективных средств (ибупрофена, диклофенака) сопряжено с риском гастроинтестинальных поражений, тогда как селективные блокаторы ЦОГ-2 (целекоксиб, рофекоксиб) провоцируют сердечно-сосудистые осложнения, вызванные дисбалансом простагландина и тромбосана. Именно эта проблема профиля безопасности стимулирует поиск новых молекул.

Актуальность работы усиливается данными о сверхэкспрессии ЦОГ-2 в злокачественных новообразованиях: ее продукт, простагландин E₂, способствует опухолевой пролиферации и метастазированию [1]. Поскольку химиопрофилактика подразумевает длительный прием препаратов, их токсичность становится критическим ограничением. В рамках решения этих задач нами синтезирован ряд аналогов ибупрофена на основе урацила.

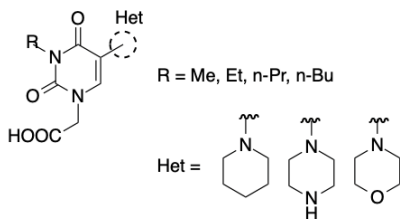


Рис. 1. Структура полученных соединений

Все соединения были проверены методами молекулярного докинга (возможность связывания с ЦОГ-2), MMGBSA (оценка свободной энергии связывания) и молекулярной динамики (стабильность лиганд-белкового комплекса). Три лучших соединения по методам были отобраны и синтезированы, структуры подтверждены ЯМР.

Литература

1. Menter D.G., Dubois R.N. Prostaglandins in cancer cell adhesion, migration, and invasion. *Int J Cell Biol.* 2012; 2012:723419.

© Андреев Д.А., 2026

УДК 547.46.052

СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХРОМЕНА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРИМЕРА МАЛОНОНИТРИЛА В РЕАКЦИЯХ С САЛИЦИЛОВЫМ АЛЬДЕГИДОМ

Андреева А.Н., научный руководитель: доцент Бардасов И.Н.
ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия

Функционализированные хромены – структурные аналоги распространённых природных флавоноидов – в последние десятилетия вызывают интерес не только своей биологической активностью (антимикробной, противовирусной, противоопухолевой, антидиабетической), но и огромным синтетическим потенциалом для создания уникальных конденсированных систем. Это, в свою очередь, открывает путь к получению соединений, находящихся применение не только в медицинской химии, но и в смежных областях – например, в качестве красителей или компонентов органической электроники.

Один из основных способов синтеза хроменов основан на конденсации Кнёвенагеля между производными салицилового альдегида и соединениями с активной метиленовой группой, после чего происходит гетероциклизация с участием гидроксильного фрагмента [1]. В реакциях салицилового альдегида с такими соединениями важно не только их строение, но и условия проведения, а также молярное соотношение реагентов. Например, при

использовании малононитрила после образования иминохромена может присоединяться одна или две дополнительные его молекулы, что ведёт к образованию сложных полициклических систем.

Если у метиленактивного соединения есть несколько нуклеофильных центров, возможны каскадные реакции гетероциклизации. Так, взаимодействие салицилового альдегида с димером малононитрила (в том числе в многокомпонентных реакциях) приводит к формированию разнообразных конденсированных структур с хроменым фрагментом. [2].

Нами предлагаются результаты изучения реакций салицилового альдегида **1** и калиевой солью тримера малононитрила **2**. Тример малононитрила, получаемый в виде калиевой соли, является малоизученным метиленактивным соединением. При этом его использование дает возможность ввести в молекулу 1,1,3,3-тетрацианопропенидный фрагмент, что предоставит дополнительные возможности для дальнейшей модификации, а также придает водорастворимость.

Было обнаружено, что направление взаимодействия соединений **1** и **2**, и строение продуктов сильно зависят от условий проведения реакции – растворитель, температурный режим, основание. Так, в результате реакции могут быть производные 2-иминохромена **3** и хромено[2,3,4-*ij*][2,7]нафтиридина **4**. Соединение **3** легко гидролизуеться, что приводит к образованию кумариновой соли **5**, при подкислении которой можно выделить её протонированную форму **6**. Кроме этого, соединения **5** при кипячении в водно-органической среде взаимодействуют с молекулой воды, а дальнейшая гетероциклизация и дегидрирование приводит к образованию соединения **7**. Данный процесс можно объяснить высокой электрофильностью атома углерода C4, что подтверждается данными квантово-химических расчетов.

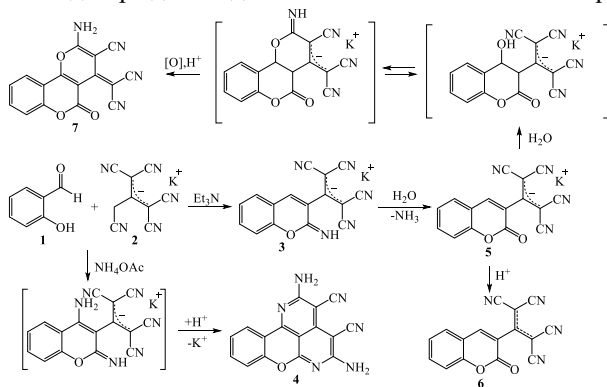


Рис. 1. Взаимодействие салицилового альдегида с калиевой солью тримера малонитрила.

Строение соединений доказано комплексом физико-химических методов, включая ЯМР ^1H , ^{13}C , COSY, HSQC, HMBC и данными PCA.

Литература

1. Katiyar M. K., Dhakad, G. K., Shivani, Arora S., Bhagat S., Arora T., Kumar R. Synthetic Strategies and Pharmacological Activities of Chromene and Its Derivatives: An Overview. // J. Mol. Struct. 2022. Vol. 1263. 133012.
2. Davis, T.; Bagley, M. C.; Dix, M. C.; Murziani, P. G. S.; Rokicki, M. J.; Widdowson, C. S.; Zayed, J. M.; Bachler, M. A.; Kipling, D. Synthesis and in Vivo Activity of MK2 and MK2 Substrate-Selective p38 α MAPK Inhibitors in Werner Syndrome Cells. Bioorganic& Medicinal Chemistry Letters 2007, 17 (24), 6832–6835.

© Андреева А.Н., 2026

УДК 547.31

4,4-ДИМЕТИЛ-1,3-ДИОКСАН: ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА С УЧАСТИЕМ ТРЕТ-БУТАНОЛА И ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА HZSM-5 (M=40)

Ахатова Д.И., Исмагилов Р.Р.,

Тухватшин В.С., Фаттахов А.Х., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Главным промышленным методом синтеза мономерного изопрена является диоксанный метод, содержащий две химические стадии. На первой стадии путём конденсации изобутилена или *трет*-бутанола с формальдегидом по реакции Принса в присутствии кислотного катализатора получают 4,4-диметил-1,3-диоксан (ДМД) [1]. Далее проводят реакцию термокаталитического разложения ДМД, в результате которой получают целевой изопрен. Несмотря на низкие энергетические затраты, главным недостатком этого способа является низкая селективность. Так, на первой стадии образуется до 30-35% масс. побочных продуктов (гидрированные пираны, 1,3-диоли и др.).

В то же время ранее было установлено [2], что использование пористых носителей позволяет селективно стабилизировать переходное состояние реакции образования 1,3-диоксанов и тем самым избирательно катализировать их образование.

Исходя из этого, в данной работе проведена линейная оптимизация параметров получения 4,4-диметил-1,3-диоксана при конденсации формальдегида с *трет*-бутанолом в присутствии катализатора HZSM-5.

Для каждого из параметров (время реакции, температура, содержание цеолита) реакции взаимодействия формальдегида с *трет*-бутанолом, были построены графики зависимостей выхода ДМД от оптимизируемого параметра при фиксированных остальных. По полученным графикам определены экстремальные точки. Так, наиболее оптимальными параметрами проведения конденсации являются: время реакции (120-180 мин), температура (120-130°C), содержание пористого материала (3% масс.).

Таким образом, при проведении конденсации *трет*-бутанола с формальдегидом в указанных условиях, селективность образования ДМД повышается с 51% до 82-84%.

Литература

1. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. - М: Наука, 2002, 696 с.
2. Kupova O.Y., Vakulin I.V., Talipov R.F. Computational and Theoretical Chemistry. 2013. 1013, 57.

© Ахатова Д.И., Исмагилов Р.Р., Тухватшин В.С.,
Фаттахов А.Х., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В., 2026

УДК 547.841+54.44

ВЛИЯНИЕ СИБУНИТА НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ 4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3 ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА

Бикжанов А.И., Исмагилов Р.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

На сегодняшний день основным способом производства изопрена считается диоксановый метод, в основе которого лежит разложение 4,4-диметил-1,3-диоксана (ДМД), получаемого путем конденсации формальдегида с компонентами фракции С-4 по реакции Принса. Главное преимущество этого метода заключается в доступности сырья. Однако, метод имеет недостаточную селективность на этапе синтеза ДМД (не более 70%). Это связано с тем, что в процессе активно образуются нецелевые побочные продукты, такие как непредельные спирты, 1,3-диолы и гидрированные пираны.

Предшествующие теоретические и практические исследования показали, что применение пористых материалов позволяет увеличить выход 1,3-диоксанов [1-3]. Этот эффект объясняется принципом «transition state shape selectivity», который ограничивает формирование нежелательных структур на молекулярном уровне.

Целью нашей работы было изучение влияния пористого материала сибунита на селективность образования ДМД по реакции Принса. Также, в рамках данного исследования была выполнена линейная оптимизация

условий синтеза 4,4-диметил-1,3-диоксана в присутствии сибунита в качестве сокатализатора.

Эксперименты проводились в проточном реакторе. Для каждого фактора процесса – продолжительности синтеза, температурного режима, ОСПС – были установлены зависимости селективности образования ДМД. Исследование проводилось путем варьирования одного параметра при фиксации остальных. На основе полученных данных были определены оптимальные условия: температура 110–120 °С, объемная скорость подачи сырья (ОСПС) 1 ч⁻¹, давление 10 атм. В данных условиях конденсация трет-бутанола с формальдегидом на сибуните обеспечивает селективность образования ДМД на уровне 88%.

Таблица 1
Зависимость селективности образования ДМД от температуры

Температура, °С	100	110	120	130
Селективность ДМД*	85	88	88	75

*Давление 10 атм., ОСПС 1 ч⁻¹.

Таблица 2
Зависимость селективности образования ДМД от ОСПС

ОСПС, ч ⁻¹	0,5	1	1,3
Селективность ДМД*	77	88	56

*Температура 110 °С, давление 10 атм.

Таблица 3
Зависимость селективности образования ДМД от давления

Давление, атм.	5	10	20
Селективность ДМД*	85	88	84

*Температура 110 °С, ОСПС 1 ч⁻¹.

Литература

1. Латыпов, А. Х. Влияние силикагелей марок АСКГ и ШСМГ на селективность образования 4,4-диметил-1,3-диоксана / А. Х. Латыпов, Р. Ф. Талипов, А. Х. Фаттахов // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 7. – С. 57-60.
2. Вакулин И.В., Пасько П.А., Талипов Р.Ф., Талипова Г.Р., Купова О.Ю. Кинетика и катализ. 2019. 3, 340.
3. Талипов Р.Ф., Сафаров М.Г. Башкирский химический журнал. 1997. 3, 10.

© Бикжанов А.И., Исмагилов Р.Р., 2026

УДК: 547.787.1:547.792:547.772.1: 547.796.1:547.56:547.563.13: 547.581.2
 СИНТЕЗ, ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОАКТИВНЫХ
 СУЛЬФАНИАМИДНЫХ АРИЛГИДРАЗОНОВ ОКСАЗОЛ-5(4H)-ОНА

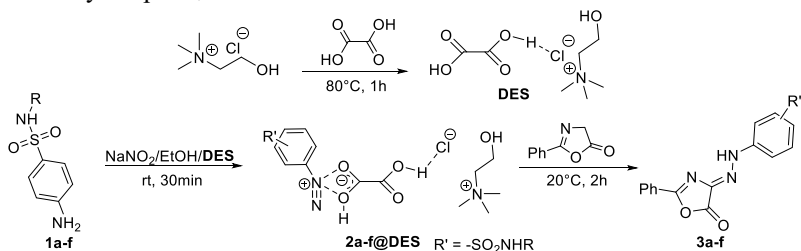
Биккулова Э.Р.¹, Скляр А.Е.¹, Евстигнеева С.С.^{1,2},
 Евдокимова А.А.^{1,2}, Гринёв В.С.^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского», Саратов, Россия

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов
 Российской академии наук, ФИЦ СНЦ РАН, Саратов, Россия

Сегодня проблема антибиотикорезистентности микроорганизмов стоит особенно остро, что обуславливает необходимость поиска новых антибактериальных препаратов или модификации уже существующих. Сульфаниамиды различного строения **1a-f** применяются в медицине в качестве антимикробных агентов. В то же время в научной литературе известно о биологическом и фармацевтическом потенциале соединений, содержащих оксазолоновый фрагмент. В связи с чем, такие соединения как сульфаниамидные замещённые гидразоны оксазолонна являются перспективными антибактериальными агентами [1]. С применением данных красителей в качестве биоактивных, либо биоортогональных агентов с выраженной флуоресценцией для задач имиджинга биоплёнок бактерий и связан наш интерес к гибридным структурам, активно развивающихся в органической химии.

Синтез сульфаниамидных гидразонов в классических условиях проходит с крайне низким выходом и образованием большого количества побочных продуктов. В связи с чем, нами был предложен подход проведения реакции диазотирования и азосочетания в глубоких эвтектических растворителях (DES) на основе хлорида холина и щавелевой кислоты, что соответствует принципам «зелёной» химии:



Использование DES позволило не только синтезировать первых представителей сульфаниамидных гидразонов оксазолонна (**3a-f**), но и повысить чистоту и выход конечного продукта без необходимости получения солей диазония **2a-f** при низких температурах.

Арилгидразоны, в том числе содержащие сульфаниламидные фрагменты, в растворах проявляют типичное поведение гидразонов в присутствии основания (рис. 1 а,б) и выраженную флуоресценцию (рис. 1 в).

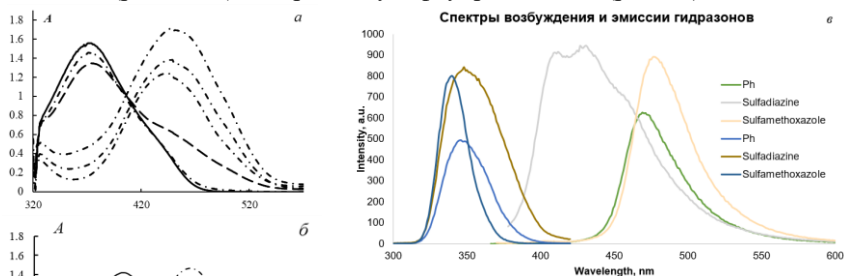


Рис. 2. Спектры в УФ-видимой области представителей арилгидразонов оксазол-5(4Н)-она **3a,b** в нейтральной и основной средах (а, б), возбуждения и эмиссии **3a,b** (в сравнении с фенилзамещённым) (в)

При этом, в зависимости от строения ароматического фрагмента гидразонов возможна тонкая подстройка Стоксова сдвига для использования красителей в задачах биоимиджинга.

Сульфаниламидные арилгидразоны **3a-f** демонстрируют значительно более высокую аффинность к белкам-мишеням микроорганизмов, по сравнению с исходными сульфаниламидными аминами (**2a-f**).

Энергия связывания гидразонов **3a-f** составляет до -12.9 ккал/моль (рис. 2), что на 3.4 ккал/моль ниже, чем у исходных аминов **2a-f** (до -8.1 ккал/моль).



Рис. 3. Комплекс **7d** с белком PDB 4h8e

Химическая модификация сульфаниламидов привела к существенному усилению межмолекулярных взаимодействий с мишенями. Наибольший эффект наблюдается для белка PDB 4h8e, где выигрыш энергии связывания между гидразонами **3** и аминами **2** достигает 4.9 ккал/моль. Для остальных белков-мишеней (PDB 1mxs, 2uxh, 2uxi, 2w9s, 2zsq, 4iw3) выигрыш в энергии связывания составляет от 2.2 до 3.5 ккал/моль.

Литература

1. Гринёв В. С. и др. Известия академии наук. Серия химическая. – 2023. – Т. 72. – №. 7. – С. 1654-1660.

© Биккулова Э.Р., Скляр А.Е., Евстигнеева С.С.,
Евдокимова А.А., Гринёв В.С., 2026

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ И СЕЛЕКТИВНОСТИ ФЛОТОРЕАГЕНТОВ БОРСОДЕРЖАЩИХ РУД

Валеева К.Р., Вакулин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Получение бора на Дальневосточном ГОК (РФ) путем переработки датолита ($\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$) осложняется недостаточной селективностью используемых флотореагентов, которые не обеспечивают достаточной степени разделения от сопутствующих минералов (кальцит - CaCO_3 , пр.). Флотореагент разработанный в 1982г. на основе нафтенных кислот, получаемых из нефти, перестал обеспечивать необходимые показатели. Одним из путей решения может явиться использование в качестве флотореагентов солей гидроксамовых кислот (ГК) $\text{RC}(=\text{O})\text{NH}-\text{ONa}$ применяемых для флотационного разделения РЗЭ.

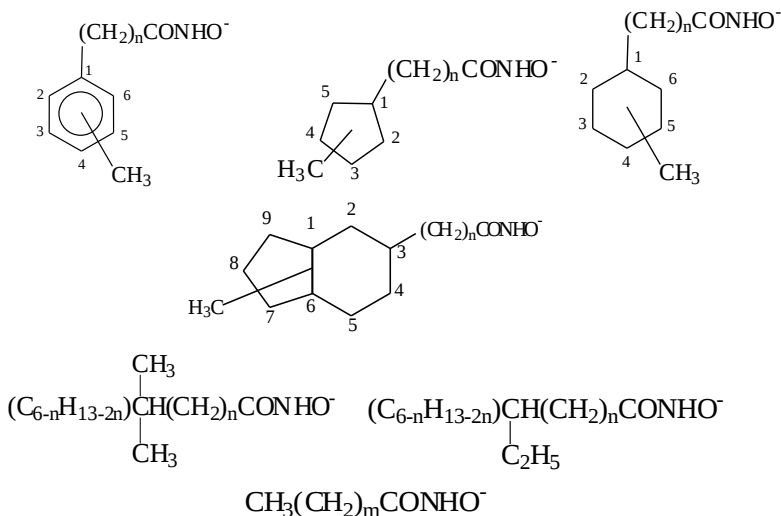


Рис. 1. Структуры рассмотренных анионов ГК ($n=0-2$, $m=3-16$)

С использованием полужемпирического приближения RM1 и методов моделирования адсорбции (Adsorption Locator/Material Studio v8.0) мы рассмотрели влияние структуры углеводородного радикала на величину энергии адсорбции ($E_{\text{адс}}$) ГК на датолите и кальците, определили теоретическую селективность флотации по разности $E_{\text{адс}}$. Нами учитывались следующие структурные особенности: число атомов С в радикале; наличие третичного и четвертичного атомов С и их удаленность от анионного центра; характер и размер цикла в радикале, его удаленность от анионного центра и положение заместителя в цикле. Адекватность использованного

приближения для определения разности в связывании органических молекул и интермедиатов с твердыми поверхностями по данным моделирования адсорбции показана нами ранее [1, 2, 3].

Анализ $E_{\text{адс}}$ и $\Delta E_{\text{адс}}$ в паре датолит vs кальцит показывает, что гидроксомувые кислоты адсорбируются на датолите или кальците лучше, чем аналогичные карбоновые кислоты. Также показано, что наибольшая $\Delta E_{\text{адс}}$ или селективность достигается для третичного атома С в радикале при его отдаленности от анионного центра на 1 атом С, а для четвертичного при его непосредственном связывании с кислотной группой. Для циклических радикалов селективность уменьшается в ряду $\text{C}_6\text{H}_{11} > \text{Ph} > \text{C}_9\text{H}_{15}$ (бицикл) $> \text{C}_5\text{H}_9$, при этом оптимальная отдаленность C_6H_{11} и C_5H_9 составляет 2 атома С независимо от наличия и положения алкильного заместителя в цикле. Для Ph и бициклического радикала какой-либо закономерности во влиянии отдаленности заместителя от функциональной группы на селективность не установлено.

Влияние положения алкильного заместителя в цикле на селективность связывания алкилгидроксомувых кислот с датолитом или кальцитом зависит от размера и строения цикла. В случае цикла C_5 селективность снижается в ряду положений заместителя следующим образом $3 > 2$. В случае Ph заместителя наиболее выгодным является пара положение и ряд снижения селективности от положения заместителя выглядит как $\text{п-} > \text{о-} > \text{м-}$. Для бициклического радикала C_9H_{15} зависимость величины селективности от положения заместителя описывается следующим рядом $2 \sim 7 > 4 \sim 9 > 8$. При этом для всех указанных заместителей введение алкильного радикала повышает селективность связывания алкилгидроксомувых кислот с датолитом. Интересно отметить, что положение алкильного радикала в циклогексильном заместителе не приводит к повышению селективности связывания алкилгидроксомувых кислот с датолитом. Также для цикла C_6 отсутствует закономерность во влиянии положения заместителя на величину энергии адсорбции.

Литература

1. Quantum chemical semi-empirical approach in transition-state-shape-selectivity-based catalytic activity prediction: application to zeolites. Vakulin I.V., Rakhmanov D., et al. // Catalysis Surveys from Asia. 2025.
2. Theoretical substantiation of the possibility of predicting the catalytic activity of carbon nanotubes in the diels-alder reaction // Vakulin I.V., Talipov R.F., Yakupov I.Sh., Fakhretdinov D.Sh., Latypova E.R. Catalysis Letters. 2024. Т. 154. № 3. С. 1284-1295.
3. Homochiral zeolites as chiral modifier for voltammetry sensors with high enantioselectivity. Vakulin I.V., Zilberg R.A., Galimov I.I., Sycheva M.A. // Chirality. 2023. Т. 36. № 2. С. e23635.

© Валеева К.Р., Вакулин И.В., 2026

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ И СЕЛЕКТИВНОСТИ
ФЛОТОРЕАГЕНТОВ ПРИ ФЛОТАЦИИ ДАТОЛИТА И ГЕМАТИТА

Валеева К.Р., Вакулин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Извлечение бора из датолита $\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$ (ДТ) на Дальневосточном ГОК (РФ) осложняется недостаточной селективностью используемых флотореагентов. Применяемый флотореагент на основе нафтенных кислот, не обеспечивает достаточной степени разделения от гематит Fe_2O_3 (ГМ). Одним из путей решения может явиться использование в качестве флотореагентов солей гидроксамовых кислот (ГК) $\text{RC}(=\text{O})\text{NH}\cdot\text{ONa}$.

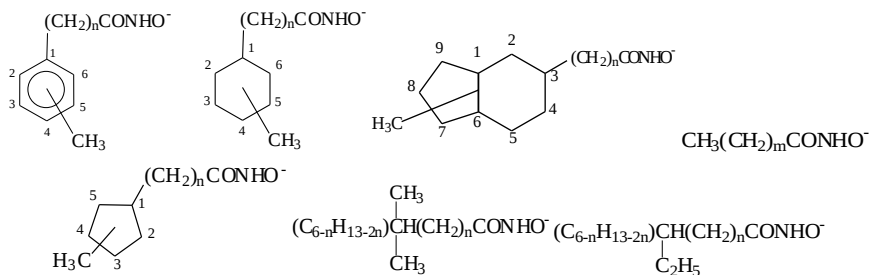


Рис. 1. Структуры ГК (в общем виде)

С использованием ранее апробированных подходов [1, 2, 3] - полуэмпирическое приближение RM1 и метод моделирования адсорбции (Adsorption Locator/Material Studio v8.0) мы определили теоретическую селективность флотации датолита и гематита по разности $\Delta E_{\text{адс}}$ (ДТ vs ГМ) в зависимости от структуры углеводородного радикала ГК (рис.1). Анализ $E_{\text{адс}}$ и $\Delta E_{\text{адс}}$ в паре датолит и гематит показывает, что гидроксамовые кислоты адсорбируются на датолите или гематите лучше, чем аналогичные карбоновые кислоты. Однако только ГК линейного строения адсорбируются на датолите лучше, чем на гематите. При этом максимум $\Delta E_{\text{адс}}$ (ДТ vs ГМ) достигается для радикалов $\text{C}_{11}\text{--}\text{C}_{15}$.

Литература

1. Quantum chemical semi-empirical approach in transition-state-shape-selectivity-based catalytic activity prediction: application to zeolites. Vakulin I.V., Rakhmanov D., et al. // Catalysis Surveys from Asia. 2025.
2. Theoretical substantiation of the possibility of predicting the catalytic activity of carbon nanotubes in the diels-alder reaction // Vakulin I.V., Talipov R.F., Yakupov I.Sh., Fakhretidinov D.Sh., Latypova E.R. Catalysis Letters. 2024. T. 154. № 3. С. 1284-1295.

3. Homochiral zeolites as chiral modifier for voltammetry sensors with high enantioselectivity. Vakulin I.V., Zilberg R.A., Galimov I.I., Sycheva M.A. // Chirality. 2023. Т. 36. № 2. С. e23635.

© Валеева К.Р., Вакулин И.В., 2026

УДК 547.841

СИНТЕЗ 4,4-ДИМЕТИЛ-1,3-ДИОКСАНА ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА В ПРИСУТСТВИИ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ NWC DH-4B

Гарипова Г.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В настоящее время ведущим методом получения изопрена является диоксанный метод. Основная стадия этого метода – кислотно-катализируемая конденсация изобутилена с формальдегидом, приводящая к образованию 4,4-диметил-1,3-диоксана (ДМД). Достоинства диоксанового метода заключаются в высокой чистоте изопрена и доступности сырья. Однако синтез ДМД в промышленности характеризуется невысокой селективностью из-за побочных реакций - не более 70% [1,2].

Целью работы является исследование влияния активированного угля NWC DH-4B на селективность образования ДМД в реакции Принса между изобутиленом и формальдегидом.

Эксперименты проводили в стальном автоклаве с перемешивающим устройством. Водный раствор формальдегида готовили из параформы. Изобутилен генерировали *in situ* дегидратацией трет-бутанола. Для определения влияния пористого материала на селективность образования ДМД проводились эксперименты в присутствии 5% ортофосфорной кислоты в качестве катализатора и 5% пористого материала в качестве сокатализатора.

Однопараметрическая оптимизация по температуре показала, что наибольшее значение селективности наблюдается при температуре 130°C (рис. 1).

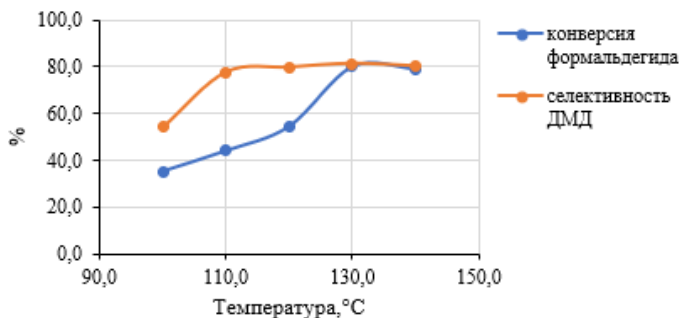


Рис. 1. Зависимость конверсии формальдегида и селективности ДМД от температуры

Таким образом, нами показано, что в присутствии пористого материала и ортофосфорной кислоты селективность образования ДМД достигает 81%, что выше значений, достигаемых в промышленности. Конверсия формальдегида при этом достигает 80%.

Литература

1. Латыпов, А. Х. Влияние силикагелей марок АСКГ и ШСМГ на селективность образования 4,4-диметил-1,3-диоксана / А. Х. Латыпов, Р. Ф. Талипов, А. Х. Фаттахов // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 7. – С. 57-60.
2. Валиев Р.И., Шамсутдинова Г.С., Хамитова Г.Г., Овчинников Г.А., Крайкин В.А., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф. Влияние добавок углеродсодержащих пористых материалов на избирательность образования 4,4-диметилдиоксана-1,3 по реакции Принса // II Всероссийская молодежная конференция «Проблемы и достижения химии кислород- и азотсодержащих биологически активных соединений». - Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. - С. 140-141.
© Гарипова Г.Ф., 2026

УДК 547.94:834.2

СИНТЕЗ ФЕРРОЦИНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИЗОХИНОЛИНОВЫХ АЛКАЛОИДОВ (±)-САЛЬСОЛИДИНА И (±)- САЛЬСОЛИНА

Гимранова Р.Р.², Сорокина В.А.¹, Ковальская А.В.¹

¹Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

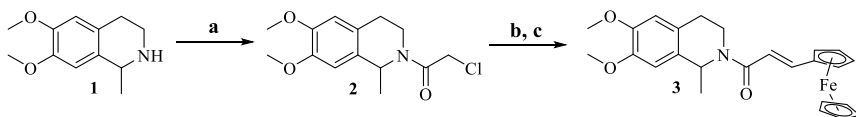
²Уфимский университет науки и технологий (Стерлитамакский филиал), Стерлитамак, Россия

Природные изохинолины и их многочисленные производные обладают высокой биологической активностью [1]. Сальсолидин – тетрагидроизохинолиновый алкалоид, впервые выделенный из солянки Рихтера (*Salsola Richteri*), основными источниками которого являются растения семейства *Cactaceae* и *Chenopodiaceae* [2]. Для его производных установлены спазмолитические, антигипертензивные, гипогликемические, нейротропные, антиоксидантные, противовирусные, антибактериальные, противомаларийные, противоопухолевые свойства [3-7]. В то же время, показано, что синтез «гибридных молекул» на основе алкалоидов различных структурных групп и ферроцена является перспективным вариантом создания новых эффективных противоопухолевых средств [8].

С целью синтеза новых производных алкалоида (±)-сальсолидина и (±)-сальсолина с потенциальной противоопухолевой активностью была осуществлена их конъюгация с ферроценильным фрагментом на основе реакции Виттига и 1,3-диполярного циклоприсоединения азидов (схема 1, схема 2).

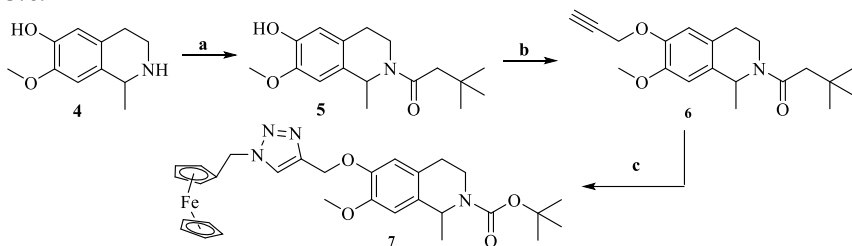
Ацилирование вторичной аминогруппы ($\pm$)-сальсолидина **1** хлоруксусным ангидридом в присутствии триэтиламина привело к образованию амида **2** с выходом 95%, который далее был вовлечен в реакцию Виттига с ферроценкарбальдегидом в присутствии метилата натрия в метаноле, что позволило получить соответствующий конъюгат **3** с выходом 60% (соотношение «*Z*» и «*E*» изомеров 1:1) (схема 1).

Схема 1



Реагенты и условия: а) Et_3N , ClCH_2COCl , CHCl_3 , б) $\text{P}(\text{Ph})_3$, толуол, $110\text{ }^\circ\text{C}$; в) CH_3ONa , MeOH , FcCHO , $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Далее, для синтеза стартового эфира **6** была осуществлена *трет*-бутоксикарбонильная защита вторичной аминогруппы ($\pm$)-сальсолина **4** действием Вос-ангидрида в смеси *трет*-бутанол-вода = 1:1. Последующее алкилирование гидроксильной группы **5** пропаргиллом бромистым в кипящем ацетоне, в присутствии Cs_2CO_3 позволило получить соединения **6**, с выходом 98%.



Реагенты и условия: а) Boc_2O , NaOH , $t\text{-BuOH}:\text{H}_2\text{O} = 1:1$, rt ; б) $\text{BrCH}_2\text{CCH}_3$, Cs_2CO_3 , ацетон, $56\text{ }^\circ\text{C}$; в) FcCH_2N_3 , $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$; NaAsc ; $t\text{-BuOH}:\text{H}_2\text{O} = 1:1$, $45\text{ }^\circ\text{C}$.

Схема 2

Синтез ферроценсодержащего триазола **7** осуществили путем 1,3-диполярного циклоприсоединения ферроценилазида к эфиру **6**. Сначала соединение **6**, $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и аскорбат натрия перемешивали при комнатной температуре в течение 15 минут в смеси *трет*-бутанола и воды, после чего добавляли ферроценилазид (1.5 ммоль) и повышали температуру до $45\text{ }^\circ\text{C}$ (схема 2). Конъюгат **7** был получен с выходом 96%.

Работа выполнена в рамках государственного задания УФИХ УФИЦ РАН «№ 125020601629-0».

Литература

1. Abe K., Saitoh T., Horiguchi Y., Utsunomiya I., Taguchi K. Biol. Pharm. Bull. – 2005. – V. 28. – P. 1355-1362.
2. Proskurnina N., Orekhov A. Bull. Chim. Soc. Fr. – 1937. – V. 4. – P. 1265.
3. Kaufman T.S. Tetrahedron Assymetry. – 2004. – V. 15. – P. 1203-1237.
4. Okuda K., Kotake Y., Ohta Sh. Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2003. – V. 13. – P. 2853-2855.
5. Scott J.D., Williams R.M. Chem. Rev. – 2002. – V. 102. – P. 1669-1730.
6. Kuznetsova N.N., Abdullaeva L.K., Sadikov A.A. Chem. Nat. Compd. – 2005. – V. 41. – P. 234-235.
7. Debono A.J., Mistry S.J., Xie J., Muthiah D., Phillips J., Ventura S., Callaghan R., Pouton C.W., Capuano B., Scammells P.J. Chem. Med. Chem. **9**, 399-410, (2014).
8. Tsypysheva I.P., Koval'skaya A.V., Petrova P.R., Lobov A.N., Erastov A.S., Zileeva Z.R., Vakhitov V.A., Vakhitova Yu.V. Tetrahedron. – 2021. – Vol. 76. – P. 130902.

© Гимранова Р.Р., Сорокина В.А., Ковальская А.В., 2026

УДК 547.833.3

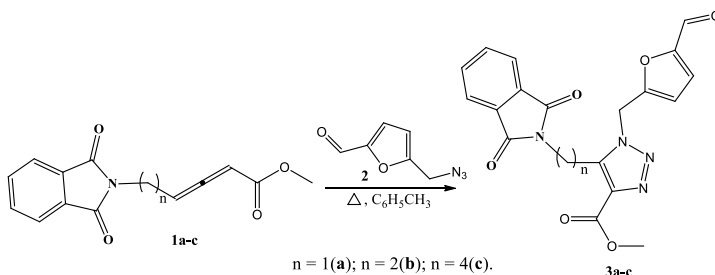
СИНТЕЗ ФУРАНСОДЕРЖАЩИХ 1,2,3-ТРИАЗОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 2,3-АЛЛЕНОАТОВ

Гиндуллина Г.М.¹, Мусаргалина Л.М.², Сахаутдинов И.М.¹

¹*Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия*

²*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

Известно, что азотсодержащие гетероциклические соединения входят в состав многих лекарственных препаратов благодаря своей высокой фармакологической активности. Среди этого огромного многообразия особое место занимают 1,2,3-триазолы – уникальные пятичленные циклы, обладающие широким спектром биологической активности (противовирусной, противогрибковой, противотуберкулезной, противоопухолевой, анти-ВИЧ) [1–3], что определяет их ценность для медицины. Также 1,2,3-триазолы используются в качестве красителей, фотостабилизаторов, агрохимикатов и тд [4]. Это обуславливает необходимость разработки новых, эффективных и экологически безопасных методов их синтеза. Особый интерес в этом плане представляет использование 5-ГМФ (5-гидроксиметилфурфурола) в качестве исходного соединения, открывающее новые перспективы для применения 1,2,3-триазолов в создании лекарств, материалов и технологий.



Предлагаем региоселективный синтез фураносодержащих 1,2,3-триазолов **3a-c**. Метод включает 1,3-дипольное циклоприсоединение между 2,3-диеноатами (полученными из N-замещенных аминокислот) **1a-c** и 5-(азидометил)-2-фураальдегидом (синтезированным из хлорпроизводного 5-ГМФ) **2**. Строение полученных и выделенных в индивидуальном виде соединений подтверждено спектральными методами: УФ-, ИК-, масс- и ЯМР ^{13}C -спектрами и данными элементного анализа.

Работа выполнена в рамках госзадания №125020601600-9 «Новые перспективные органические материалы с заданными функциональными свойствами для промышленности, медицины и сельского хозяйства» с использованием научного оборудования центра коллективного пользования «Химия» и «Агидель» УФИЦ РАН»

Литература

1. Zhang B. Comprehensive review on the anti-bacterial activity of 1,2,3-triazolehybrids. – Eur. J. Med. Chem., 2019. – Vol. 168. – P. 357–372.
2. Jiang Z., Gu J., Wang C., Wang S., Liu N., Jiang Y., Dong G., Wang Y., Liu Y., Yao J., Miao Z., Zhang W., Sheng C., Design, synthesis and antifungal activity of novel triazole derivatives containing substituted 1,2,3-triazole-piperidine side chains. – Eur. J. Med. Chem., 2014. – Vol. 82. – P. 490–497.
3. Feng L.-S., Zheng M.-J., Zhao F., Liu D. 1,2,3-Triazole hybrids with anti-HIV-1 activity. – Arch. Pharm., 2021. – Vol. 354(1). – P. 1521–4184.
4. Kamata K., Nakagawa Y., Yamaguchi K., Mizuno N., 1,3-Dipolar Cycloaddition of Organic Azides to Alkynes by a Dicopper-Substituted Silicotungstate. – J. Am. Chem. Soc. – 2008. – Vol. 130(46). – P. 15304–15310.

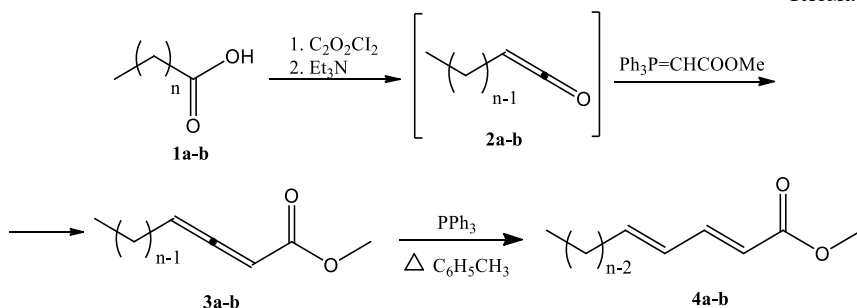
© Гиндуллина Г.М.,
Мусаргалина Л.М., Сахаутдинов И.М., 2026

НОВЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ СОПРЯЖЕННЫХ 2,4-ДИЕНОАТОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Гиндулина Г.М.¹, Валеева Р.А.², Сахаутдинов И.М.¹¹Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Фрагмент 2,4-диеноата является ключевым структурным элементом многих инсектицидных соединений растительного происхождения и феромонов насекомых [1–3]. Среди них особое значение имеют фитогормон абсцизовая кислота [4] и содержащийся в доннике лекарственном мелилтозид – кумарин [5]. В связи с этим развитие методов синтеза сопряженных диеновых систем является актуальной задачей. В работе продемонстрирована эффективность трифенилфосфина как катализатора в перегруппировке 2,3-алленоатов в соответствующие 2,4-диеноаты, что открывает доступ к широкому ряду востребованных структур.

Схема 1

 $n = 12$ (**a**); $n = 14$ (**b**).

Синтетический путь включал получение кетенов **2a-b** из хлорангидридов, полученных из жирных кислот **1a-b** и их последующую реакцию с илдом фосфора, приводящую к алленоатам **3a-b**. Полученные аллены **3a-b** подвергали трифенилфосфин-индуцированной перегруппировке для получения целевых 2,4-диеноатов **4a-b**. Структуры целевых соединений доказаны с использованием комплекса физико-химических методов анализа, включая ЯМР, ИК спектроскопию.

Работа выполнена в рамках госзадания №125020601600-9 «Новые перспективные органические материалы с заданными функциональными свойствами для промышленности, медицины и сельского хозяйства» с использованием научного оборудования центра коллективного пользования «Химия» и «Агидель» УФИЦ РАН»

Литература

1. Henrick C. A., Staal G. B., Siddall J. B. Alkyl 3,7,11-trimethyl-2,4-dodecadienoates, a new class of potent insect growth regulators with juvenile hormone activity. – J. Agric. Food Chem., 1973. – Vol. 21 (3). – P. 354–359.
2. Davies S. G., Fletcher A. M., Foster E. M., Lee J. A. Roberts., P. M., Thomson J. E. Asymmetric syntheses of APTO and AETD: the β -amino acid fragments within microsclerodermins C, D, and E. – J. Org. Chem., 2013. – Vol. 78. – P. 2500–2510.
3. Rothstein A., Trifonov L., Keidar N., Afri M., Korshin E. E., Gruzman A. Acid-Catalyzed Transformation of Pyranosides into Furanosides as a Tool for Preparation of Furanoside Synthetic Blocks. – Org. Lett., 2024. – Vol. 26. – P. 8565–8571.
4. Davis L. A., Addicott F. T. Absciscic Acid: Correlations with Abscission and with Development in the Cotton Fruit. – Plant Physiol., 1972. – Vol. 49 (4). – P. 644–648.
5. Федосеева Л. М., Харлампович Т. А. – Химия раст. сырья, 2012. – Т. 3, 135–141 с.

© Гиндулина Г.М., Валеева Р.А., Сахаутдинов И.М., 2026

УДК 547.814.1

НОВЫЙ ОДНОКОЛБОВЫЙ ТРЁХКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ ГИБРИДНОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ 3- [(ДИМЕТИЛАМИНО)МЕТИЛЕН]ХРОМАН-2,4-ДИОНА И ДИМЕДОНА Гребенникова В.А., Мажукина А.О.

*ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Институт
химии, Саратов, Россия*

В последние годы в органическом синтезе всё больше внимание уделяется разработке однокольбовых (one-pot) многостадийных реакций. Такие подходы обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с классическими многостадийными синтезами, такими как: существенное сокращение времени синтеза, минимизация потерь продукта на стадиях выделения, снижение расхода растворителей и реагентов, повышение атомной эффективности и соответствие принципам «зелёной химии».

Нами была разработана однокольбовая трёхкомпонентная конденсация, включающая 4-гидрокси-2Н-хромен-2-он, диметилформамиддиметилацеталь (DMF-DMA) и 5,5-диметилциклогексан-1,3-дион (димедон). Реакция позволяет в одну стадию конструировать гибридную систему, содержащую фрагменты кумарина и димедона.

Для установления последовательности вступления реагентов в реакцию были проведены эксперименты с различным порядком смешения компонентов. Во всех случаях образовывался один и тот же продукт 4 – 3-[(диметиламино)(2-гидрокси-4,4-диметил-6-оксоциклогексил)метил]-4-гидроксихроман-2-он. Выходы продукта практически не зависели от порядка добавления реагентов и составляли 46–58 %.

Таблица 1

Выходы при разном смешении соединений 4,4а

Смешение	Выход, %
3+(1+2)	53
1+(3+2)	46
(1+2+3)	58

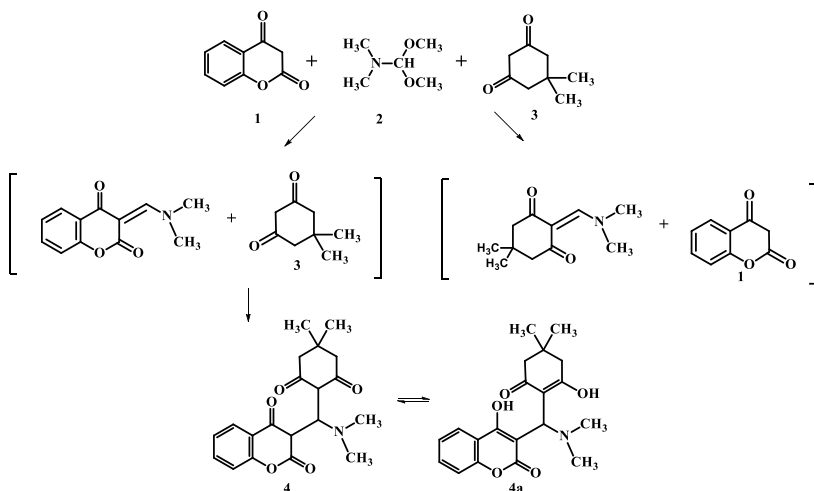


Схема 1. Одноколбовая трёхкомпонентная конденсация с системой ДМФА-ДМА (1,2,3)

Структура соединения 4 была установлена комплексом спектральных методов. В ^1H ЯМР-спектре (CDCl_3) наблюдаются характерные сигналы двух енольных гидроксильных протонов (широкие синглеты в области 12–14 м.д.), один синглет метинового протона при 5,08 м.д., а также сигналы диметиламиногруппы и ароматических протонов. Отсутствие сигналов кетонных карбонил в ^{13}C ЯМР и наличие двух сигналов енольных углеродов подтверждают, что продукт существует в растворе преимущественно в диенольной форме.

Литература

1. Govori S. Convenient Methods for the Synthesis of Pentacyclic Fused Heterocycles with Coumarine Moiety // Synth. Commun. – 2016. – Vol. 46. – P. 645–659.
2. Hamdi N., Lidrissi C., Saoud M. et al. Synthesis of Some New Biologically Active Coumarin Derivatives // Chem. Heterocycl. Compd. – 2006. – Vol. 42. – P. 320–325.
3. Abdou M.M. Recent advances in 4-hydroxycoumarin chemistry. Part 1: Synthesis and reactions // Arab. J. Chem. – 2017. – Vol. 10. – P. S3324–S3343.

© Гребенникова В.А., Мажукина А.О., 2026

УДК 541.14:547.551.2

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ 12- И 13- ПРОИЗВОДНЫХ БЕРБЕРИНА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОТИВОРАКОВЫХ АГЕНТОВ

Дряпак А.Н.¹, Демёхин О.Д.¹, Семенова А.С.¹,

Буров О.Н.¹, Енин Я.С.², Златник Е.Ю.²

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

²ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, Ростов-на-Дону, Россия

Берберин **1** – алкалоид протоберберинового ряда, - один из наиболее изученных природных алкалоидов, получивший название «природный метформин» [1]. Благодаря ярко выраженным противомикробным свойствам, растения, содержащие протобербериновые алкалоиды, издавна применялись в традиционной медицине Востока, - на территориях современных Китая, Индии, Тибета, Японии и Южной Кореи.

Соединения берберинового типа продолжают подтверждать свою значимость в различных областях медицины: от борьбы с простейшими бактериями до подавления роста онкологических клеток. Причиной столь разнообразной биологической активности нативного алкалоида и его синтетических аналогов исследователи считают их склонность к связыванию с G-квадруплексами – особыми неканоническими структурами ДНК. Благодаря такой избирательной способности достигается угнетение процессов деления и размножения раковых клеток.

Наряду с таким биологическим и фармацевтическим потенциалом существует проблема биодоступности исходной молекулы. В связи с этим, заинтересованность в модификации данной структуры только лишь растёт с целью изменения физико-химических свойств оригинальной структуры и, как следствие, повышения фармакокинетической эффективности, поэтому в данной работе нами были проведены модификации исходной молекулы сразу по нескольким положениям (см. схему)

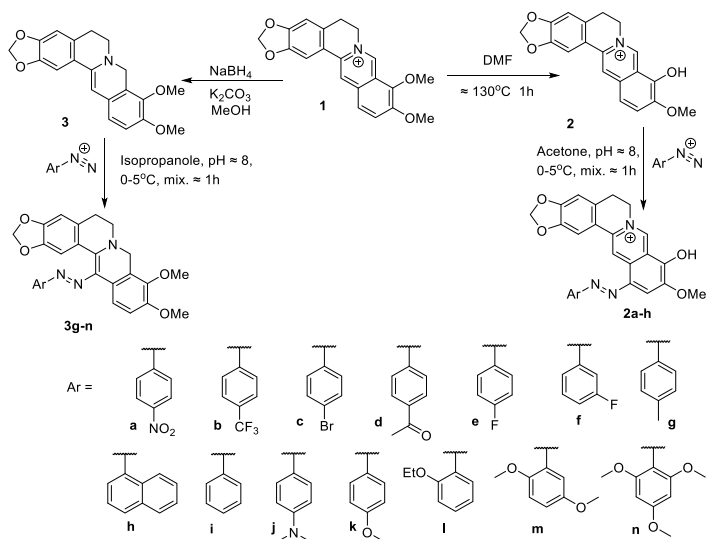


Схема 1. Получение 12- и 13-производных берберина

В настоящей работе нами была проведена модификация молекулы берберина по С-12 и С-13 положениям. Результаты квантово-химических расчётов показали, что не катионные производные берберина могут выступать и как стабилизаторы G-квадруплексов, что является перспективным для дальнейшего исследования полученных соединений в качестве противораковых агентов [2]. Кроме того, все полученные соединения проявили себя как антибактериальные агенты, в том числе и для высоко патогенных микроорганизмов.

Литература

1. Нечепуренко И.В., Салахутдинов Н.Ф., Толстиков Г.А. Берберин: химия и биологическая активность // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. Т. 18, № 1. С. 1-23.
2. Азосочетание производных берберина: экспериментальное и квантово-химическое изучение // Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2023. Т. 59, № 8. С. 604-609.

© Дряпак А.Н., Демёхин О.Д., Семенова А.С., Буров О.Н.,
Енин Я.С., Златник Е.Ю., 2026

ПРИМЕНЕНИЕ СОЕДИНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩЕГО МОЛЕКУЛЫ КУРКУМИНА И БЕРБЕРИНА, В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА, ОБЛАДАЮЩЕГО ЦИТОТОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПРОТИВ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК

Дряпак А.Н.¹, Буров О.Н.¹, Енин Я.С.², Сагалянц А.Б.²

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

²ФГБОУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии»
Министерства здравоохранения РФ, Ростов-на-Дону, Россия

Несмотря на широкий потенциал в медицине, а именно способности индуцировать апоптоз через эпигенетическую регуляцию и модуляцию различных сигнальных путей, основной полифенольный компонент куркумы – куркумин **4** и один из самых цитируемых алкалоидов – берберин **1** обладают неблагоприятными фармакокинетическими характеристиками, а именно, низкой биодоступностью.

Логичным и современным подходом к преодолению этих ограничений является создание гибридной молекулы, где два активных фрагмента ковалентно связаны в единую структуру.

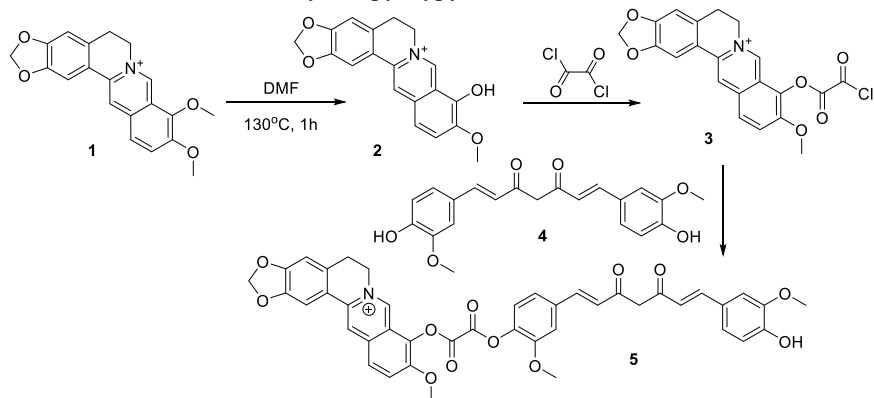


Схема 1. Получение куркумoberберина

По результатам исследования нами было получено гибридное соединение **5**, с высокой стабильностью и повышенной биодоступностью: добились терапевтически приемлемого уровня по сравнению с исходными молекулами [1]. Соединение проявило избирательную цитотоксическую активность в отношении нескольких линий солидных опухолей человека (легкого, желудка, толстой кишки), минимально затрагивая нормальные стволовые клетки, такие данные позволяют проводить доклинические

исследования на животных моделях с целью подтверждения его противоопухолевой эффективности и безопасности *in vivo*.

Литература

1. Патент № 2853910 С1 Российская Федерация, МПК C07D 455/03, A61K 31/4375, A61K 47/55. Применение соединения, содержащего молекулы куркумина и берберина, в качестве средства, обладающего цитотоксической активностью против опухолевых клеток : заявл. 04.03.2025 : опубл. 26.12.2025 / Е. Ю. Златник, С. Ю. Филиппова, А. Б. Сагакянц [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр онкологии" Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN FWSZDY.

© Дряпак А.Н., Буров О.Н., 2026

УДК 541.14:547.551.2

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОИЗВОДНОГО БЕРБЕРИНА ПОЛИФЕНОЛЬНОГО РЯДА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Дряпак А.Н., Демёхин О.Д., Буров О.Н., Алешин В.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Берберин – алкалоид из растения *Berberis vulgaris* высоко ценился в древнеиндийской и древнекитайской медицине из-за наличия антипаразитарных свойств. Позднее было установлено, что данная молекула имеет широчайший круг биологических активностей таких как противоопухолевые [1], антиглиомные [2] и антибактериальные [3].

Но несмотря на такое богатое разнообразие биологических свойств, берберин обладает низкой биодоступностью, поэтому вопрос о его модификации стоит довольно остро. Существует несколько способов его трансформации, основными являются модификации по кольцу С и D. Исследования *in silico* показали, что именно кольца С и D внедряются в спираль ДНК хозяина, в то время как кольца А и В выступают из внутренней части спирали в малую бороздку [4].

Деметилированное производное берберина – берберрубин – имеет в С-9 положении ОН-группу, наличие которой значительно повышает сродство неканоническим структурам ДНК, что увеличивает противоопухолевую активность, по сравнению с исходным берберином [5].

Из-за появления фенольного фрагмента в такой структуре становится возможным проводить реакции электрофильного замещения по положению С-12 и О-9 соответственно (см. рисунок).

В связи с этим нами была проведена попытка модификации фенольного фрагмента в гидрохиноновый, с целью возможного увеличения растворимости исходного соединения. Согласно спектральным данным (^1H ЯМР), мы получили продукт, модифицированный по положению С-13. Для изучения механизма образования полученного соединения нами были проведены квантово-химические расчеты, и рассмотрены два основных пути: через эпексидирование (**A** и **B**) и альтернативный механизм (**C** и **D**) (схема 1).

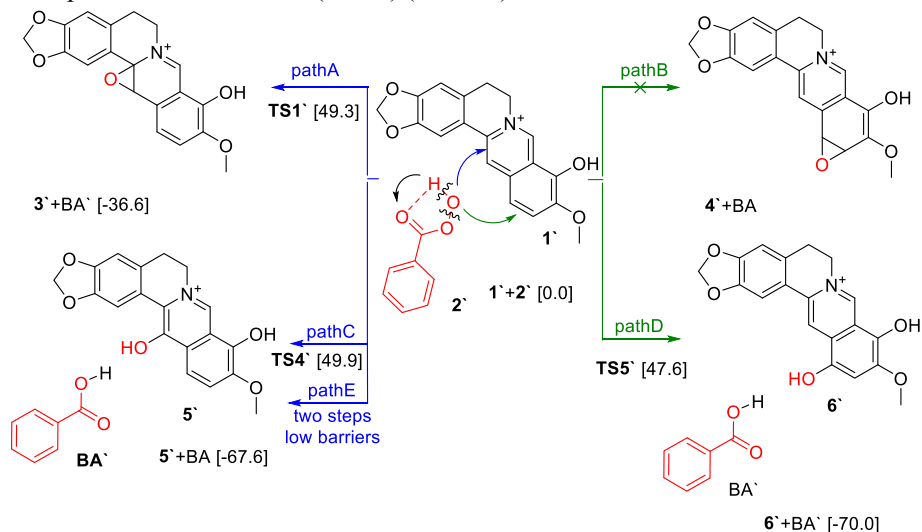


Схема 1. Предполагаемые пути реакции

Согласно проведённым расчётам, пути **A** и **B** включают последовательное эпексидирование, раскрытие трёхчленного цикла и прототропный сдвиг. Установлено, что термическое раскрытие эпексидного цикла энергетически невыгодно в термических условиях. В свою очередь, альтернативный механизм характеризуется высокими активационными барьерами.

Однако, в присутствии хлорид-иона реализуется иной путь **E** - присоединение хлора к субстрату, после чего происходит синхронный перенос водорода и элиминирование хлора. Эти происходят с низким барьером, что и объясняет наблюдаемую селективность реакции.

Литература

1. Kettmann, V. In vitro cytotoxicity of berberine against HeLa and L1210 cancer cell lines / V. Kettmann // Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2004. – Т. 59. – №. 7. – С. 548-551.
2. Lin, J. P. Berberine induced down-regulation of matrix metalloproteinase-1,-2 and-9 in human gastric cancer cells (SNU-5) in vitro / J. P. Lin // In vivo. – 2008. – Т. 22. – №. 2. – С. 223-230.
3. Amin, A. H. Berberine sulfate: antimicrobial activity, bioassay, and mode of action / A. H. Amin // Canadian journal of microbiology. – 1969. – Т. 15. – №. 9. – С. 1067-1076.

© Дряпак А.Н., Демёхин О.Д., Буров О.Н., Алешин В.А., 2026

УДК 547-314+547-316

НОВЫЙ ИСХОДНЫЙ БЛОК ДЛЯ СИНТЕЗА КРОСС-СОПРЯЖЕННЫХ ЦИКЛОПЕНТЕНОНОВЫХ ПРОСТАГЛАНДИНОВ

Загитов В.В.^{1,2}, Востриков Н.С.¹, Кабиров И.М.², Нуйков Н.А.²

¹Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Устойчивость к терапии и рецидивы при гематологических злокачественных новообразованиях во многом обусловлены наличием опухолевых стволовых клеток (CSCs). Этот субклон способен к самообновлению и дифференцировке, резистентен к стандартной химиотерапии и поэтому служит ключевой мишенью для новых терапевтических подходов. В последнее время особый интерес вызывают циклопентеноновые простагландины (CyPGs) – биоактивные липидные медиаторы из полиненасыщенных жирных кислот, регулирующие воспаление, пролиферацию и апоптоз.

В плане синтеза нового базового блока для получения кросс-сопряженных циклопентеноновых простагландинов мы исходили из известного лактон диола Кори **1**. Из последнего гладко и с высоким выходом можно получить моно-TBS производное **2** по отлаженной методике. Полученное соединение со свободной вторичной гидроксильной группой нами было подвергнуто реакции окисления Анелли [1], что дало смесь **3**, состоящую из замкнутой лактольной формы **3I** и открытой кислотной формы **3a** в соотношении 3:1 (установлено по данным спектрального анализа).

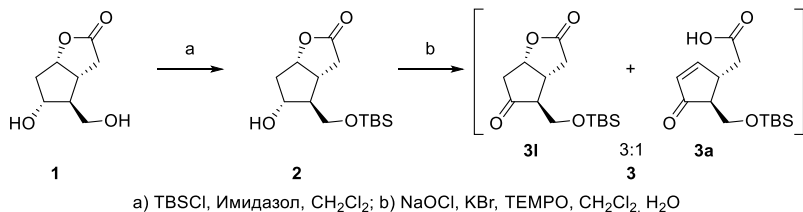


Рис. 1. Получение равновесной смеси **3a-3l**.

Полученная смесь без дополнительного разделения может как вовлекаться в реакции метилирования или амидирования, что может дать потенциально цитотоксические соединения, так и послужить блоком для синтеза кросс-сопряженных простагландинов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-73-00259

Литература

1. Anelli P.L., Biffi C., Montanari F., Quici S. Fast and selective oxidation of primary alcohols to aldehydes or to carboxylic acids and of secondary alcohols to ketones mediated by oxoammonium salts under two-phase conditions // The Journal of Organic Chemistry. – 1987. – Vol. 52. – № 12. – P. 2559–2562.

© Загитов В.В., Востриков Н.С., Кабиров И.М., Нуйков Н.А., 2026 г.

УДК 547.914.2:547.789.61

ЭФФЕКТИВНЫЙ СИНТЕЗ ИЗОЦИАНИДА МЕТИЛОВОГО ЭФИРА *N*-(АМИНОБУТИЛ)-МАЛЕОПИМАРИМИДА

Закиева А.И., Смирнова А.А., Третьякова Е.В.

Уфимский Институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Изоцианиды, ключевые реагенты многокомпонентных реакциях (МКР) типа Уги и Пассерини, представляют собой уникальный класс органических соединений с двухвалентным углеродом. Их реакционная способность обусловлена образованием нитрильных интермедиатов, обеспечивающих высокую атомную экономию и структурное разнообразие продуктов. Ранее нами продемонстрирован первый синтез дитерпенового изоцианида на примере *N*-(аминоэтил)-малеопимаримида, а также показана возможность его использования в МКР для синтеза широкого ряда биологически активных α -ацилкси-, α -ациламино- и тетразольных производных [1,2].

В настоящей работе показана универсальность разработанного метода для гомологов *N*-(аминоэтил)-малеопимаримида, открывающая возможности создания расширенной библиотеки дитерпеновых изоцианидов для МКР. В частности, на примере метилового эфира *N*-(4-аминобутил)-

малеопимаримида реализован эффективный двухстадийный синтез изоцианида **3**, перспективного для дальнейших трансформаций в гибридные биологически активные структуры.

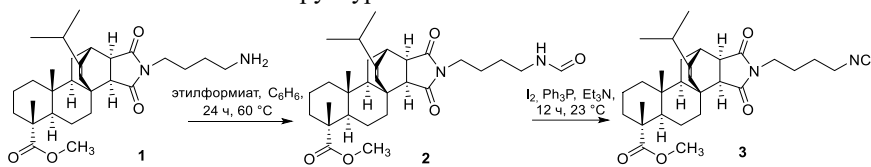


Схема 1.

Первая стадия включала конденсацию метилового эфира *N*-(4-аминобутил)-малеопимаримида **1** с этилформиатом в безводн. C₆H₆ при 60 °C в течение 24 ч, приводящую к формамидному производному **2** с выходом 97%. На второй стадии дегидратация формамида **2** системой Ph₃P/I₂/Et₃N в безводн. CH₂Cl₂ приводит с выходом 80% к изоцианиду **3** (Схема 1).

Структуры синтезированных соединений подтверждены методами масс-спектрометрии, ИК- и ЯМР-спектроскопии.

Литература

1. Tretyakova E., Smirnova A., Kazakova O. A First Diversity-Oriented *N*-Maleopimarimido-Isocyanide for Multicomponent Reactions: Synthesis, Application, and In Silico Evaluation. *Int. J. Mol. Sci.* 2026, 27, 3494.
2. Третьякова Е.В., Смирнова А.А., Казакова О.Б. Способ получения изоцианида метил малеопимарата / Патент № 2857310. Оpubл. 02.03.2026
© Закиева А.И., Смирнова А.А., Третьякова Е.В., 2026

УДК 547.541.2

ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ТАЛЛОВЫХ МАСЕЛ

Замахина К.Д.¹, Раскильдина Г.З.¹, Нелькенбаум К.С.²

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет,

Уфа, Россия

²ООО «Синтез ТНП», Уфа, Россия

Ключевая проблема нефтегазопереработки – создание эффективных ингибиторов коррозии из доступного сырья. В связи с экологическими требованиями активно исследуются ингибиторы на основе растительных масел и других природных ресурсов (биополимеров, растительных экстрактов) как безопасная замена токсичным аналогам¹.

Обзор литературы показал, что производные жирных кислот, такие как этиловый эфир, этоксилат, сульфат, имидазолин, сульфатноаминная соль, гидразиды, тиосемикарбазиды, фенилгидразиды, триазолы, оксадиазолы,

фенилтиосемикарбазид и др., отмечены как эффективные ингибиторы коррозии мягкой стали в агрессивных средах².

В работе представлены результаты исследований по приготовлению ингибиторов коррозии на основе растительных и талловых масел. Так, нами синтезированы ингибиторы коррозии на основе жирных кислот растительного масла (ЖКРМ) и жирных кислот таллового масла (ЖКТМ) с диэтиленetriамином (ДЭТА), триэтилентетрамином (ТЭТА). Полученным азотсодержащим ингибиторам коррозии определены их физико-химические параметры – методом поляризационного сопротивления с привлечением коррозиметра «Монитор-2М» найдено их защитное действие (в интервале 87-94%) для стали Ст20 в H₂S-содержащей агрессивной среде, моделирующей реальные условия эксплуатации нефтепромысловых труб. Показано, что полученные нами экономически выгодные ингибиторы коррозии на основе растительного и таллового сырья, способны эффективно защищать металлическую поверхность нефтеперерабатывающего оборудования.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR – 2025-0001 «Нефтехимические реагенты, добавки и материалы».

Литература

1. Verma C., Ebenso E., Quraishi M.A., Mustansar C. Recent developments in sustainable corrosion inhibitors: design, performance and industrial scale applications // Material Avances.– 2021.– V.12, №2.– Pp.38063850.
2. Benitez J.L., Cervantes A.T., Martinez A.E., Ordóñez N.N. [Corrosion inhibitor derived from vegetable oils and its process of obtaining]. Patent US no.20170029960A1, 2017.

© Замахина К.Д., Раскильдина Г.З., Нелькенбаум К.С., 2026

УДК 547.82

ДФТ РАСЧЁТ РЯДА ЦИКЛИЧЕСКИХ АЦЕТАЛЕЙ 4-ПИРИДИНКАРБОКСАЛЬДЕГИДА – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Зинатуллин Р.Р., Борисова Ю.Г., Раскильдина Г.З.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия*

В исследованиях соединений-ингибиторов коррозии большую роль играет использование методов вычислительной химии, в частности анализ квантово-химических параметров молекул методом функционала плотности DFT [1, 2]. В этой связи представляется актуальным использование этого подхода для анализа электронной структуры циклических ацеталей 4-пиридинкарбоксальдегида, для которых ранее была определена антикоррозионная активность в сероводородсодержащей среде [3], и

сопоставление результатов расчёта с экспериментально определёнными показателями активности.

В данной работе с помощью программного комплекса Gaussian 16W в рамках приближения DFT были рассчитаны следующие квантово-химические параметры исследуемых ацеталей: энергии высшей занятой ($E_{\text{ВЗМО}}$) и низшей свободной ($E_{\text{НСМО}}$) молекулярных орбиталей, их разница ΔE , электроотрицательность χ , жёсткость η и дипольный момент μ . Расчёт включал в себя геометрическую оптимизацию молекул (базис 6-31(G)) с последующим частотным анализом для нахождения истинного энергетического минимума молекулы.

Результаты расчёта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Квантово-химические параметры ацеталей 4-пиридинкарбоксальдегида

Название и номер соединения	$E_{\text{ВЗМО}}$ (эВ)	$E_{\text{НСМО}}$ (эВ)	ΔE (эВ)	χ (эВ)	η (эВ)	μ (Дебай)
2-пиридин-1,3-диоксан(1)	-0,238	-0,023	0,215	0,131	0,108	5,39
5-метил-2-пиридин-1,3-диоксан (2)	-0,238	-0,023	0,215	0,131	0,108	5,482
5,5-диметил-2-пиридин-1,3-диоксан (3)	-0,238	-0,023	0,215	0,131	0,108	5,271
5,5-дибромметил-2-пиридин-1,3-диоксан (4)	-0,244	-0,034	0,21	0,139	0,105	3,645

Из результатов расчёта следует, что значения $E_{\text{ВЗМО}}$ и $E_{\text{НСМО}}$ почти у всех исследуемых ацеталей одинаковы. Согласно литературным данным, чем больше ΔE , тем более затруднена для молекулы хемосорбция, следовательно, соединение **4** будет хуже всего связываться с поверхностью металла по этому механизму; данное предположение также подтверждает более высокое по сравнению с другими ацеталами значение χ (тенденция быть скорее акцептором, чем донором электронов). Это соответствует результатам экспериментальных исследований, согласно которым соединение **4** обладает наименьшими значениями степени защиты и коэффициента торможения [3]. При этом наилучшую активность проявляет соединение **3**, что предположительно обусловлено наличием алкильных заместителей в положении 5 диоксанового кольца; эти данные не согласуются с результатами

расчёта, что может быть связано с необходимостью изменить его условия (учесть d-функции для тяжёлых атомов и р-функции для атомов водорода в исходном базисе, рассчитать исследуемые параметры, используя модель сольватации и проч.). Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований для более точной интерпретации экспериментальных данных.

Авторы выражают благодарность коллективу лаборатории коррозии Ляонинского нефтехимического университета (КНР, г. Фушунь) за возможность использования программного комплекса Gaussian 16W для проведения расчётов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR-2025-0001 «Нефтехимические реагенты, добавки и материалы».

Литература

1. Obot I. B., Macdonald D. D., Gasen Z. M. Density functional theory (DFT) as a powerful tool for designing new organic corrosion inhibitors. Part 1: An overview. – Corrosion Science 99 (2015).
2. Tian J., et. al. (Substituted-quinoline-1-yl) Methylbenzylammonium Chloride: Quaternization Reaction Process, Corrosion Inhibition Behavior, and Calculation Process. – Molecules, 2025, 30, 4782.
3. Зинатуллин Р.Р., Борисова Ю.Г., Султанова Р.М., Раскильдина Г.З., Злотский С.С. Синтез и антикоррозионная активность циклических ацеталей 4-пиридинкарбоксальдегида. Нефтегазохимия, 2025. – № 3-4. – С. 19–22.

© Зинатуллин Р.Р., Борисова Ю.Г., Раскильдина Г.З., 2026

УДК 541.78:547.82

СИНТЕЗ РЯДА ПРОИЗВОДНЫХ 1,2-БИСХЛОРМЕТИЛБЕНЗОЛА НА ОСНОВЕ АЗОТСОДЕЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ

Зинатуллин Р. Р.¹, Абрамов А. В.², Андрюков М. А.², Борисова Ю. Г.¹,
Раскильдина Г. З.^{1,3}

¹ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

²ГБОУ «Республиканская полилингвальная многопрофильная гимназия – №2 «СМАРТ», Уфа, Россия

³ГБНУ «Академия наук Республики Башкортостан», Уфа, Россия

Известно, что различные производные азотсодержащих гетероциклов обладают широким спектром активности [1,2], что обуславливает актуальность исследования этой группы соединений. В данной работе были получены производные 1,2-бисхлорметилбензола на основе пиридина и 1,2-диметилимидазола. Целевые производные – четвертичные аммониевые соли

– были получены в ходе нагрева реакционных масс в хлороформе в течение 8 часов (в случае 1,2-диметилимидазола) и 15 часов (в случае пиридина); продукты выпадали в осадок, после чего промывались этилацетатом.

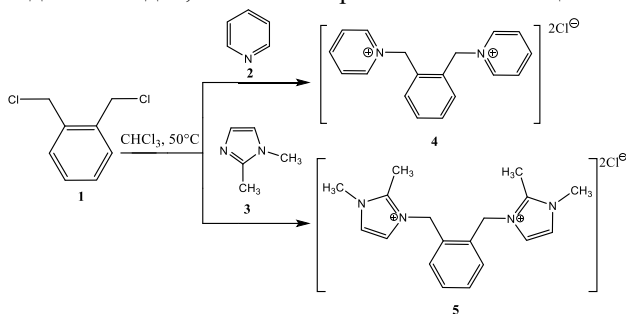


Рис. 1. Схема реакции

В случае 1,2-диметилимидазола наблюдали количественный выход, в случае пиридина ~ 70%. Протеканию реакции способствовало наличие ароматической системы в молекуле 1,2-бисхлорметилбензола. При этом более высокий выход в случае 1,2-диметилимидазола обусловлен его повышенной нуклеофильностью по сравнению с пиридином (за счёт электронодонорного эффекта метильных групп).

Следует отметить, что в случае пиридина за 8 часов образовалась смесь моно- и дизамещённых продуктов.

Качественный и количественный состав реакционных масс определяли с использованием газожидкостной хроматографии (аппаратно-программный комплекс «Кристалл 2000») и хромато-масс-спектрометрии (прибор «Хроматэк-Кристалл 5000М»). Строение полученных соединений 4, 5 было доказано методом спектроскопии ЯМР (¹H, ¹³C).

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR-2025-0001 «Нефтехимические реагенты, добавки и материалы».

Литература

1. Filip B. Quaternary Ammonium Compounds: Simple in Structure, Complex in Application. – Topics in Current Chemistry, 2019. – Vol. 377. – № 14. – P. 1–21.
2. Раскильдина Г.З., и др. Биологическая активность четвертичных аммониевых солей, содержащих 1,3-диоксациклоалкановый или гем-дихлорциклопропановый фрагмент. – Баш. хим. журнал, 2023. – т. 30. – №1 – С. 7–12.

© Зинатуллин Р.Р., Абрамов А.В., Андрюков М.А.,
Борисова Ю.Г., Раскильдина Г.З., 2026

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БАШКИРСКОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ЛИПОВОГО МЁДА

Имашева К.Р., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Сравнительный анализ физико-химических показателей башкирского и зарубежного липового мёда выявил региональные особенности. Все исследуемые образцы башкирского липового меда соответствуют ГОСТ 31766-2022 по влажности (13,9–19,3%) и свободной кислотности (7,0–20,5 мэкв/кг), что гарантирует их устойчивость к брожению. Тем не менее, башкирский мёд характеризуется высокой вариативностью концентрации пероксида водорода (от 4,84 до 17,95 мг/кг·ч) и повышенными значениями pH (до 5,73). Для сравнения, европейские аналоги (Румыния, Польша) имеют более стабильный и сдвинутый в кислую сторону pH (в среднем 3,6–4,1) [1–3] (см. табл. 1). Это позволяет предположить, что башкирский липовый мёд обладает менее агрессивной кислотной средой, что может влиять на его антибактериальные свойства (зависящие от пероксида водорода) и органолептику, делая вкус более мягким по сравнению с европейскими сортами.

Таблица 1

Сравнение физико-химических показателей башкирского и зарубежного липового мёда

Показатели	Башкирский липовый мед	Липовый мед (Румыния / Польша)
Концентрация пероксида водорода С, мг/кг·ч	4,84-17,95	-
Водородный показатель (pH)	3,91 – 5,73	3,68 – 4,11
Свободная кислотность, мэкв/кг	7,0 – 20,5	до 37,8
Влажность (W), %	13,9 – 19,3	15,5 – 18,5

Башкирский липовый мёд отличается более широким диапазоном pH (ближе к нейтральному), что говорит о его более мягком вкусе по сравнению с более кислыми европейскими аналогами.

Литература

1. Majewska E. et al. Food Sci Biotechnol. 2019;28(5):1307–1314.
2. Bratosin E.D. et al. Foods. 2025;14:2372.
3. Stanojević S.P. et al. Foods. 2024;13:3573.

© Имашева К.Р., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В., 2026

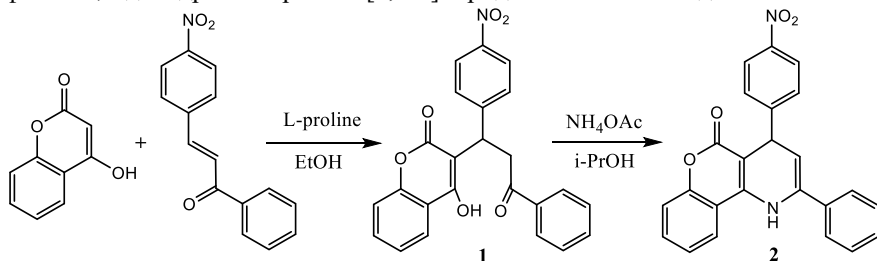
СИНТЕЗ И N-ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИЯ 4-ГИДРОКСИ-3-(1-(4-НИТРОФЕНИЛ)-3-ОКСО-3-ФЕНИЛПРОПИЛ)-2Н-ХРОМЕН-2-ОНА

Исаева С.А., Седышев С.А., Ибрагимова Д.Н.

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»,
Институт химии, Саратов, Россия

Производные 4-гидроксикумарина обладают широким спектром биологической активности: антикоагулянтной, антигипертензивной и спазмолитической. Особый интерес представляют 1,5-дикарбонильные соединения кумаринового ряда, которые удобно использовать для синтеза азотсодержащих гетероциклов, в частности дигидропиридинов.

Нами осуществлён синтез 4-гидрокси-3-(1-(4-нитрофенил)-3-оксо-3-фенилпропил)-2Н-хромен-2-она (**1**) реакцией Михаэля 4-гидрокси-2Н-хромен-2-она с 1-(4-нитрофенил)-3-фенилпроп-2-ен-1-оном в присутствии L-пролина в среде этанола. Полученный продукт **1** подвергся затем N-гетероциклизации под действием ацетата аммония при кипячении в изопропиловом спирте, результатом которой явился 4-(4-нитрофенил)-2-фенил-1,4-дигидро-5Н-хромено[4,3-б]пиридин-5-он **2** с выходом 67%.



Состав и строение полученных соединений установлены на основании данных элементного анализа и ЯМР-спектроскопии. В ЯМР ¹H спектре соединения **1** присутствуют характерные сигналы: синглет гидроксильной группы при 11.93 м.д., мультиплет метинового протона в области 5.09-5.22 м.д., два дублета дублетов протонов метиленовой группы при 4.01 и 4.16 м.д. и мультиплет ароматических протонов в области 7.31-8.75 м.д. В ЯМР ¹H соединения **2** появился синглет NH-группы дигидропиридинового цикла при 9.64 м.д., а также дублеты винильного и метинового протонов при 5.07 и 4.94 м.д. Мультиплет ароматических протонов найден в области 7.52-8.52 м.д. Исчезновение сигнала гидроксильной группы исходного соединения и изменение мультиплетности сигналов алифатической части свидетельствуют о завершении N-гетероциклизации.

© Исаева С.А., Седышев С.А., Ибрагимова Д.Н., 2026

СИНТЕЗ ПОПЕРЕЧНО-СШИТЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИМИДАЗОЛА И ИХ СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ПЛАТИНЫ(IV) И ПАЛЛАДИЯ(II)

Казанцев Д.А., Пестов А.В.

ФГБУН Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского
Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Истощение первичных месторождений и рост технологического спроса на Pt и Pd обуславливают необходимость их извлечения из вторичного сырья. Перспективным решением данной задачи является использование сорбентов на основе поливинилимидазола (ПВИ). Имидазольные фрагменты обеспечивают селективное связывание Pt(IV) и Pd(II), химическую стойкость и регенерационную стабильность материала [1, 2]. Однако традиционная ковалентная сшивка ПВИ характеризуется низкой степенью модификации вследствие стерических и кинетических ограничений, что лимитирует плотность анионообменных центров.

В настоящей работе разработан двухстадийный метод синтеза сорбционных материалов на основе поливинилимидазола с максимальным значением степени модификации полимера сшивающим агентом. На первом этапе (Рис. 1) получены и выделены в чистом виде продукты взаимодействия диэлектрофилов с N-винилимидазолом. На втором этапе была осуществлена полимеризация полупродуктов в этаноле с использованием азобисизобутиронитрила (AIBN).

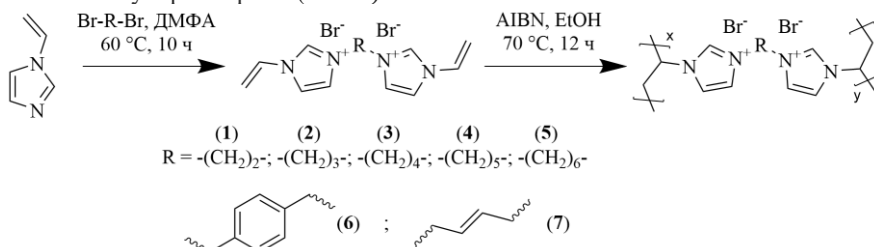


Рис. 1. Двухстадийный метод синтеза сорбционных материалов на основе поливинилимидазола

Строение и состав полученных сорбционных материалов подтверждены методами ИК-спектроскопии (НПВО) и элементного анализа (СНН и меркуриметрическое титрование для определения содержания брома). В ИК-спектрах продуктов реакции отмечены характеристические полосы поглощения в областях $3100 - 3150 \text{ см}^{-1}$, $1645 - 1665 \text{ см}^{-1}$, $1540 - 1560 \text{ см}^{-1}$, $750 - 760 \text{ см}^{-1}$, что характерно для 1,3-дизамещенных кватернизированных производных имидазола.

Сорбционные эксперименты проводили в статических условиях, в течение 24 ч, при перемешивании со скоростью 200 об/мин при 25 °С. Сорбция осуществлялась из солянокислых растворов (pH = 3,11) платины(IV) и палладия(II) в присутствии равных концентраций соединений металлов ряда Ирвинга – Уильямсона (Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+}). Синтезированные в работе материалы проявили высокую селективность сорбции по отношению к комплексным ионам платины(IV) и палладия(II), сохраняя высокую сорбционную емкость (Таблица 1).

Таблица 1

Выходы продуктов полимеризации аддуктов динуклеофилов и N-винилимидазола и их сорбционная емкость по отношению к платиновым металлам

Эксперимент	Выход продукта полимеризации, %	Сорбционная емкость, мг/г	
		Pt(IV)	Pd(IV)
1	98	3362	5523
2	100	3410	5648
3	100	3330	5443
4	82	3364	5576
5	50	3394	5659
6	100	3351	5523
7	100	3284	5256

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственных заданий Института органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук (тема № 124020200072-0) с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Спектроскопия и анализ органических соединений”.

Литература

1. Кузнецова К.Я., Якурнова О.Д., Казанцев Д.А., Петрова Ю.С., Пестов А.В., Неудачина Л.К. Синтез полимерного материала на основе поли(*n*-винилимидазола) и оценка его сорбционных свойств по отношению к палладию(II) и золоту(III) // Журнал прикладной химии. - 2024. - Т. 97. - №11-12. - С. 776-782.
2. Kuznetsova K.Y. et al. Selectivity of cross-linked poly(N-vinylimidazoles) toward gold (III), palladium (II), platinum (IV): synthesis, mechanism, and recovery// Separation Science and Technology. – 2026. – V. 61. - №1. – С. 160-171.

© Казанцев Д.А., Пестов А.В., 2026

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ СШИВАЮЩЕГО АГЕНТА НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИМИДАЗОЛА

Каримов Р.Р.¹, Казанцев Д.А.², Пестов А.В.²¹ Уральский федеральный университет, Институт естественных наук и математики, Екатеринбург, Россия² ФГБУН Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

В современной гидрометаллургии золота доминирует технология «уголь в пульпе» (СІР), однако применение активированного угля сопряжено с рядом технологических ограничений: низкой селективностью к ионам $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$, склонностью к механическому истиранию и пассивации поверхности, а также трудностями десорбции в присутствии конкурирующих анионов. Альтернативный метод «сорбент в пульпе» (SIP) с использованием синтетических ионообменных полимеров лишён этих недостатков, обеспечивая повышенную ёмкость, ускоренную кинетику, высокую химико-механическую стабильность и возможность направленной модификации сорбционных центров. Перспективным классом таких материалов выступают сшитые полимеры на основе винилимидазола [1, 2].

В настоящей работе разработан метод модификации поливинилимидазола при помощи различных диэлектрофилов, содержащих уходящие группы при sp^3 -гибридном атоме углерода. Высоких степеней модификации полимера сшивающим агентом удалось добиться при проведении реакции в следующих условиях: нагревание реакционной смеси, состоящей из поливинилимидазола, диэлектрофила и ДМФА при 70 °С и перемешивании 200 об/мин в течение 12 ч (Рис. 1).

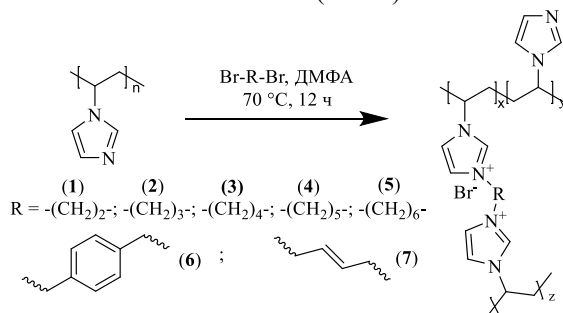


Рис. 1. Схема синтеза сорбционных материалов путем кватернизации поливинилимидазола диэлектрофилами

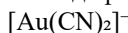
Строение и состав полученных сорбционных материалов подтверждены методами ИК-спектроскопии (НПВО) и элементного анализа (СНН и меркуриметрическое титрование для определения суммарного содержания

галогенов). В ИК-спектрах продуктов реакции отмечены характеристические полосы поглощения в областях 3100 – 3150 см⁻¹, 1645 – 1665 см⁻¹, 1540 -1560 см⁻¹ и 750-760 см⁻¹, что характерно для 1,3-дизамещенных кватернизированных производных имидазола.

Сорбционные эксперименты проводили в статических условиях, в течение 24 ч, при перемешивании со скоростью 200 об/мин при 25 °С. Сорбция осуществлялась из цианидных щелочных растворов (pH = 9,01) в присутствии равных концентраций соединений металлов ряда Ирвинга – Уильямсона (Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺), цианидных комплексов серебра(I). Синтезированные в работе материалы проявили хорошую сорбционную емкость по отношению к цианидным комплексам золота (Таблица 1).

Таблица 1

Степени модификации поли(N-винилимидазола) сшивающим агентом и сорбционная емкость продуктов модификации по отношению к ионам



Сшивающий агент	Степень модификации поли(N-винилимидазола), %	Сорбционная емкость, мг/г
1	48	34
2	75	55
3	98	55
4	100	56
5	100	56
6	81	59
7	96	55

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственных заданий Института органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук (тема № 125021302074-7) с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Спектроскопия и анализ органических соединений”.

Литература

1. Кузнецова К.Я., Якурнова О.Д., Казанцев Д.А., Петрова Ю.С., Пестов А.В., Неудачина Л.К. Синтез полимерного материала на основе поли(n-винилимидазола) и оценка его сорбционных свойств по отношению к палладию(II) и золоту(III) // Журнал прикладной химии. - 2024. - Т. 97. - №11-12. - С. 776-782.
2. Kuznetsova K.Y., et al. Selectivity of cross-linked poly(N-vinylimidazoles) toward gold (III), palladium (II), platinum (IV): synthesis, mechanism, and recovery// Separation Science and Technology. – 2026. – V. 61. - №1. – С. 160-171.

© Каримов Р.Р., Казанцев Д.А., Пестов А.В., 2026

ТРЕХКОМПОНЕНТНОЕ 1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ В РАСШИРЕНИИ РЯДА ПОТЕНЦИАЛЬНО БИОАКТИВНЫХ СПИРОИНДОЛИНОПИРРОЛИЗИДИНОВ

Кочуков А.С.¹, Давыдов Н.И.¹, Плотников Н.А.¹, Возягин Д.П.¹,

Жидкова А.А.¹, Борисова С.В.², Сорокин В.В.¹

¹ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского», Саратов, Россия

²Саратовское высшее военное инженерное училище радиационной,
химической и биологической защиты, Саратов, Россия

Ранее нами синтезированы спиропирролизидинкарбодинитрилы путём 1,3-диполярного циклоприсоединения азометин-илида на основе изатина и пролина к диполярофилам - бензилиденмалонодинитрилам, некоторые из которых проявили хорошую антибактериальную активность *in vitro* [1-7].

В продолжение исследований изучалась возможность синтеза новых спиропирролизидинов, содержащих карбоксамидные и сложноэфирные группы, с использованием в качестве диполярофилов различных замещенных бензилиденцианоэфиров и бензилиденцианокрбоксамидов. Установлено, что новые 2'-арил-2-оксо-1'-циано-1',2',5',6',7',7a'-гексагидроспиро[индолин-3,3'-пирролизин]-1'-карбоксамиды образуются и выделяются из раствора только в случае отсутствия в фенильном фрагменте исходных диполярофилов заместителей в пара- или метоположении.

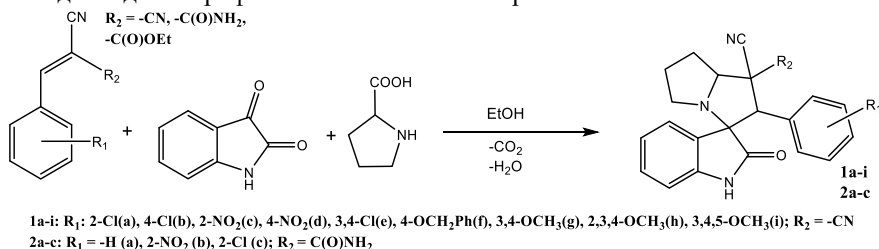


Рис. 1. Одностадийное [3+2] циклоприсоединение с образованием
полизамещенных спироиндолинопирролизидинов

Все соединения получены путём трёхкомпонентных реакций изатина, пролина и соответствующих диполярофилов в среде этанола при 30°C. Предполагаемый механизм реакции включает начальное *in situ* образование азометин-илида путём конденсации пролина и изатина с последующим [3+2] присоединением диполярофила по двойной связи. Состав и строение продуктов подтверждены данными элементного анализа, различных видов ЯМР-спектроскопии. В настоящее время изучается протекание процесса 1,3-диполярного циклоприсоединения с использованием бензилиденцианоэфиров.

Таким образом, разработаны условия синтеза соединений 1a-i, 2a-c для ранее неизвестных спироиндолинопирролизидинов, что расширяет ряд потенциально биологически активных спирогетероциклических систем.

Литература

1. Борисова С. В., Мещерякова А. А., Сорокин В. В. Взаимные превращения продуктов 1,3-диполярного циклоприсоединения азометинилидов и илиденмалонитрилов // Журнал общей химии. – 2024. – Т. 94, №4. – С. 489-502.
2. Борисова С. В., Абдуллаева С. Ч., Кочуков А. С., Сорокин В. В. Илиденмалонитрилы в трёхкомпонентном синтезе новых гетероциклических систем // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии: межвуз. сб. науч. тр. XV Всерос. конф. молодых ученых с междунар. участием. Саратов: Саратовский источник, 2021. – С 57–58.
3. Пат. 2836731 Российская Федерация. 1'-(3,4-дихлорфенил)-2-оксо-5',6',7',7a'-тетрагидроспиро[индолин-3,3'-пирролизин]-2',2'(1'H)-дикарбонитрил, обладающий антимикробными свойствами / С. В. Борисова, В. В. Сорокин, Е. А. Константинова, А. А. Мещерякова, Г. Л. Бурыгин. – Заявка № 2024120868 от 24.07.2024; опубл. 20.03.2025, Бюл. № 8.
4. Пат. 2834263 Российская Федерация. 1'-(2,3,4-триметоксифенил)-2-оксо-5',6',7',7a'-тетрагидроспиро[индолин-3,3'-пирролизин]-2',2'(1'H)-дикарбонитрил, обладающий антимикробными свойствами / С. В. Борисова, Е. А. Константинова, А. А. Мещерякова, Г. Л. Бурыгин, В. В. Сорокин. – Заявка № 2024120870 от 24.07.2024; опубл. 04.02.2025, Бюл. № 4.
5. Пат. 2835552 Российская Федерация. 2-оксо-2'-фенил-5',6',7',7a'-тетрагидроспиро[индолин-3,3'-пирролизин]-1',1'(2'H)-дикарбонитрил, обладающий антимикробными свойствами / С. В. Борисова, Е. А. Константинова, А. А. Мещерякова, Г. Л. Бурыгин, В. В. Сорокин. – Заявка № 2024120874 от 24.07.2024; опубл. 27.02.2025, Бюл. № 6.
6. Пат. 2840264 Российская Федерация. 2-оксо-2'-(3,4-дихлорфенил)-5',6',7',7a'-тетрагидроспиро[индолин-3,3'-пирролизин]-1',1'(2'H)-дикарбонитрил, обладающий антимикробными свойствами / С. В. Борисова, В. В. Сорокин, Е. А. Константинова, А. А. Мещерякова, Г. Л. Бурыгин. – Заявка № 2024120733 от 23.07.2024; опубл. 20.05.2025, Бюл. № 14.
7. Пат. 2838320 Российская Федерация. 1'-(2,3,4-триметоксифенил)-2-оксо-5',6',7',7a'-тетрагидроспиро[индолин-3,3'-пирролизин]-2',2'(1'H)-дикарбонитрил, обладающий антимикробными свойствами / С. В. Борисова, В. В. Сорокин, Е. А. Константинова, А. А. Мещерякова, Г. Л. Бурыгин. – Заявка № 2024139901 от 27.12.2024; опубл. 14.04.2025, Бюл. № 11.

© Кочуков А.С., Давыдов Н.И., Плотников Н.А., Возягин Д.П., Жидкова А.А., Борисова С.В., Сорокин В.В., 2026

УДК: 547.917

КОМПЛЕКС ВКЛЮЧЕНИЯ И КОНЬЮГАТ β -ЦИКЛОДЕКСТРИНА С *p*-ГИДРОКСИАЦЕТАНИЛИДОМ

Кутяшева Н.В.

ООО «УралСтройЛаб», Челябинск, Россия

Известно, что циклодекстрины, представляющие собой регулярно построенные циклические олигосахариды, которые нашли широкое применение в различных областях науки. В них присутствует три типа различных по природе гидроксильных групп – один набор первичных (при C^6) на узкой стороне тора и два набора вторичных гидроксильных групп (при C^2 и C^3) на широкой стороне циклодекстринового остова. Возможность образования достаточно прочных соединений включения типа «гость–хозяин» с подходящими по размеру и природе «гостями» – это является одним из уникальных свойств циклодекстринов. Поэтому данное свойство циклодекстринов привлекло особое внимание в фармакологии, где они используются как молекулярные контейнеры [1].

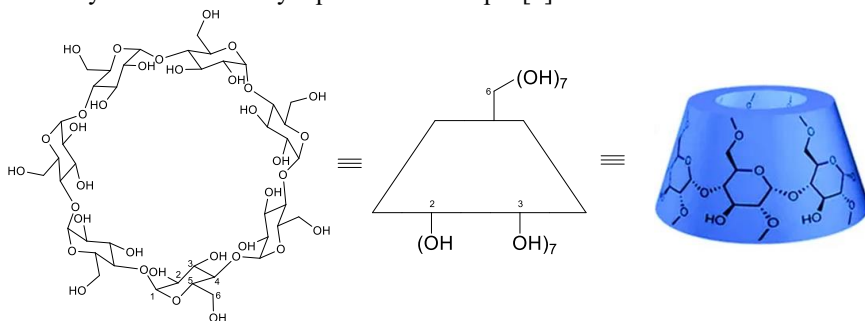


Рис. 1. β -циклодекстрин

В настоящей работе исследовали образование соединения включения **3**. Комплекс включения был получен обработкой β -циклодекстрина **1** в водном растворе при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ с *p*-гидроксиацетанилидом **2** (лекарственное соединение препарата «Парацетамол»), обладающий жаропонижающим и обезболивающим действием.

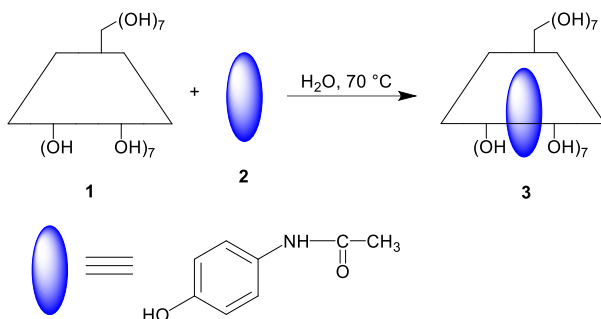


Рис. 2. Соединение включения β -циклодекстрина с *n*-гидроксиацетанилидом

В ряде случаев, с целью повышения эффективности лекарственного действия, получают т.н. конъюгаты, т.е. когда лекарственное соединение ковалентно привязано к циклодекстрину. Конъюгат **4** был получен по общей методике, опубликованной ранее [2].

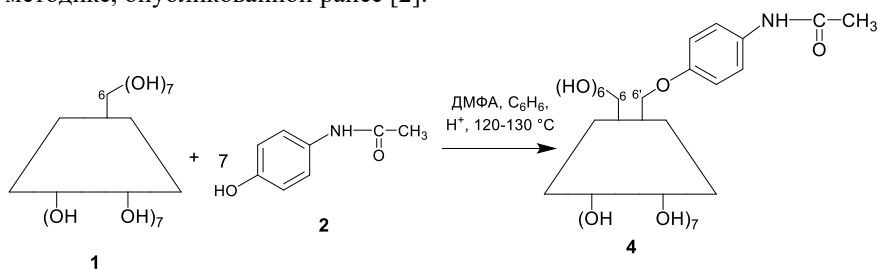


Рис. 3. Конъюгат β -циклодекстрина с *n*-гидроксиацетанилидом

Состав и строение полученного комплекса и конъюгата подтверждали методом спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C , а также элементного анализа.

Таким образом, предложены способы получения стабильного комплекса включения и конъюгат *n*-гидроксиацетанилида с β -циклодекстрином, представляющие практический интерес для медико-биологических исследований в различных направлениях.

Литература

1. Ed. S. Founnentin, G. Grini, E. Lichtfouse. Cyclodextrin Fundamentals, Reactivity and Analysis. – Heidelberg: Springer, 2018. – 262 p.
2. Кутяшева Н.В., Курочкина Г.И., Соломатин Е.А., Грачев М.К. Прямая моноэтерификация первичных гидроксильных групп β -циклодекстрина // ЖОрХ. – 2021. – Т. 57. – № 1. – С. 121-126.

© Кутяшева Н.В., 2026

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 4-(ЭТОКСИМЕТИЛЕН)-2-ФЕНИЛОКСАЗОЛ-5(4H)-ОНА С АЦЕТИЛАЦЕТОНОМ

Лебедева А.Р., Егорова А.Ю.

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Институт химии, Саратов, Россия

Уже много десятилетий оксазолы являются одной из главных тем интереса для медицинских химиков, поскольку они проявляют ряд фармакологических активностей [1].

Производные оксазол-5(4H)-она (также известные как азлактоны) представляют собой важный класс пятичленных гетероциклических соединений, содержащих один атом азота и один атом кислорода. Эти соединения давно привлекают внимание исследователей благодаря своей высокой реакционной способности и широкому спектру биологической активности, включая антимикробную, противовоспалительную, противораковую, анти-ВИЧ и антидиабетическую активность [2].

Данная работа посвящена синтезу и изучению реакции взаимодействия 4-(этоксиметил)-2-фенилоксазол-5(4H)-она с C-нуклеофилами. Синтез исходного соединения **3** был проведен реакцией гиппуровой кислоты (**1**) с триэтилортоформиатом (**2**) в среде пропионового ангидрида при нагревании, выход 68%.

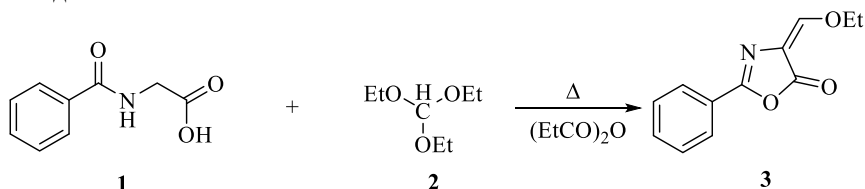


Рис. 1. Синтез 4-(этоксиметил)-2-фенилоксазол-5(4H)-она

Состав и строение 4-(этоксиметил)-2-фенилоксазол-5(4H)-она (**3**) установлены на основании данных элементного анализа, ИК-, ЯМР спектроскопии.

Целевой N-(5-ацетил-6-метил-2-оксо-2H-пиран-3-ил)бензамид (**4**) был получен реакцией нуклеофильного замещения ацетилацетона к 4-(этоксиметил)-2-фенилоксазол-5(4H)-ону в присутствии триэтиламина как основания с последующей внутримолекулярной циклизацией в среде диоксана при нагревании.

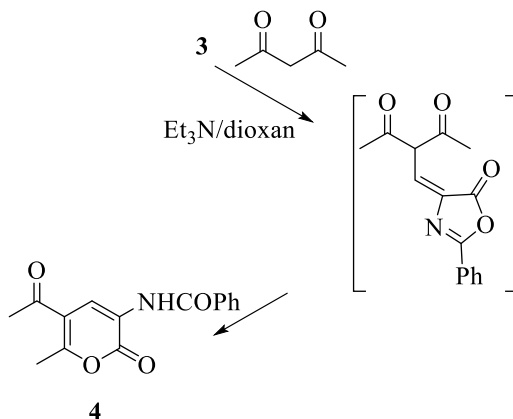


Рис. 2. Схема получения N-(5-ацетил-6-метил-2-оксо-2H-пиран-3-ил)бензамида

Строение N-(5-ацетил-6-метил-2-оксо-2H-пиран-3-ил)бензамида охарактеризовано методами ИК- и комплексной ЯМР спектроскопии. Доказательством строения служит наличие в ЯМР ¹H спектре двух синглетов метильных групп. Ключевым сигналом в ¹³C спектре является наличие сигнала кетонного карбонила.

Таким образом, нами разработана методика синтеза 4-(этоксиметил)-2-фенилоксазол-5(4H)-она и условия для осуществления реакции с C-нуклеофильным агентом (ацетилацетон). Полученный продукт представляет интерес как для скрининга биологической активности (противораковой, противовоспалительной, антимикробной), так и в качестве синтетического интермедиата для конструирования более сложных гетероциклических систем.

Литература

1. Haneen D.S.A., Abou-Elmagd W.S.I., Youssef A.S.A. 5(4H)-oxazolones: synthesis and biological activities // *Synthetic Communications*. – 2021. – Vol. 51, No. 2. – P. 215–233.
2. Neelottama K., Kushwaha S. Oxazolone: synthesis, reactivity and biological activity // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. – 2021. – Vol. 12, No. 3. – P. 1–27.

© Лебедева А.Р., Егорова А.Ю., 2026

УДК 547.772.2:547.022.4

СИНТЕЗ ПОЛИЗАМЕЩЁННЫХ СПИРОПИРАЗОЛИНКАРБОКСАМИДОВ И КАРБОНИТРИЛОВ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АКТИВАЦИИ

Мещерякова А.А., Кочуков А.С., Айена К.-Д., Возягин Д.П.,

Оприщенко Н.В., Сорокин В.В.

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского», Саратов, Россия

Полизамещённые пиразолы представляют значительный интерес в связи с их биологической активностью [1-3]. Ранее на нашей кафедре были получены спиропиразолиновые карбонитрилы трёхкомпонентной конденсацией циклоалканонов, малононитрила и гидразидов ароматических кислот [3]. В продолжение исследований нами изучена возможность синтеза новых аминокспиропиразолинов с использованием в качестве метиленовых компонентов малононитрила и амида циануксусной кислоты. Новые 3-амино-2-изоникотиноил-1,2-дiazаспиро[4.4-4.7]алк-3-ен-4-карбоксамиды и карбонитрилы получены путём трёхкомпонентных реакций циклоалканонов (циклогептанон, циклооктанон), метиленовых компонентов и гидразидов (изониазид, 2-,3-нитробензгидразиды) в водно-этанольной смеси в условиях ультразвуковой активации при 45°C в присутствии каталитических количеств NaOH или триэтиламина.

Реакция включает конденсацию Кнёвенагеля метиленового компонента и циклоалканона с образованием интермедиата арилиденмалонитрила, последующие нуклеофильную атаку гидразидом и гетероциклизацию. Состав и строение продуктов подтверждены данными элементного анализа, ИК-спектроскопии и ЯМР-спектроскопии.

Таким образом, предложен экономичный и экологичный метод синтеза ранее неизвестных спиропиразолинкарбоксамидов и карбонитрилов, расширяющий ряд потенциально биологически активных азотсодержащих гетероциклических систем.

Литература

1. Hikisz P. et al. Multifaceted Anticancer Activity of Flavanone/Chromanone Intermediates for Five-Membered Heterocyclic Derivatives: Targeting Oxidative Stress, Apoptosis, and MAPK Signaling in Colorectal Cancer //Molecules. – 2026. – Т.31. – №.3. – С.534.
2. Farghaly T.A. et al. A review article on synthesis of different types of bioactive spiropyrazole derivatives / Polycyclic Aromatic Compounds. – 2023. – Т.43. – №.6. – С.5639-5734.
3. Мещерякова, А.А., Неумоина К.С., Сорокин В.В. Трёхкомпонентный синтез спиропиразолиновых систем на основе бензгидразидов / Журнал органической химии. – 2023. – Т. 59, № 8. – С. 1025-1031.

© Мещерякова А.А., Кочуков А.С., Айена К.-Д., Возягин Д.П.,
Оприщенко Н.В., Сорокин В.В., 2026

ПОЛУЧЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ ЯМР РЕГИОИЗОМЕРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХРОМАНА НА ОСНОВЕ ПУЛЕГОНА

Мосалёв П.О.¹, Охиров Ш.М.¹, Лобов А.Н.², Латыпова Э.Р.¹, Талипов Р.Ф.¹

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Производные хромана рассматриваются как перспективные скаффолды для разработки новых фармакологически активных соединений благодаря их структурной гибкости и возможности тонкой функционализации [1].

Ранее нами была показана возможность получения 2-метил-8-этилхромана при взаимодействии циклогексанона с ацетальдегидом в присутствии каталитических количеств TiCl_4 [2]. В данной работе с использованием пулегона (1) при проведении реакции в вышеуказанных условиях были синтезированы новые хроманы (2) и (3) (рис. 1).

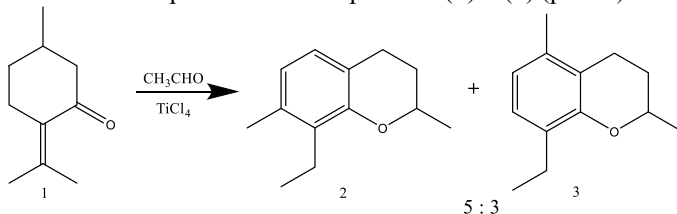


Рис. 1. Синтез 2,7-диметил-8-этилхромана (2) и 2,5-диметил-8-этилхромана (3) на основе пулегона

Структура и региоизомерия полученных соединений определена по данным корреляционных взаимодействий в 2D спектрах $\{^1\text{H}, ^{13}\text{C}\}$ HSQC, $\{^1\text{H}, ^{13}\text{C}\}$ HMBC и $\{^1\text{H}, ^1\text{H}\}$ NOESY. Различия в спектральных характеристиках продуктов обусловлены положением метильной группы в ароматическом фрагменте: в орто- (2) или пара- (3) положении относительно этильного заместителя.

В частности, в NOESY-спектре соединения 3 наблюдается кросс-пик между протонами метильной группы бензольного кольца и протоном дигидропиранового цикла, тогда как для основного продукта 2 характерна корреляция с участием ароматического протона.

Литература

1. C. Bastien, W. Erb, Y. S. Halauko, V. E. Matulis, T. Roisnel, Y. Sarazin, F. Mongin, *Eur. J. Org. Chem.* 2024, 27, e202400566.
2. Мосалёв П.О. Синтез и спектральные исследования нового производного 2-метилхромана / П.О. Мосалёв // XXIV Каргинские чтения: тезисы докладов. – Тверь: Тверской государственный университет, 2026. – 249 с.

© Мосалёв П.О., Охиров Ш.М., Лобов А.Н.,
Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф., 2026

СИНТЕЗ АДДУКТОВ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА ИЗОЛЕВОГЛЮКОЗЕНОНА С ДИЕНОМ ДЭЙН

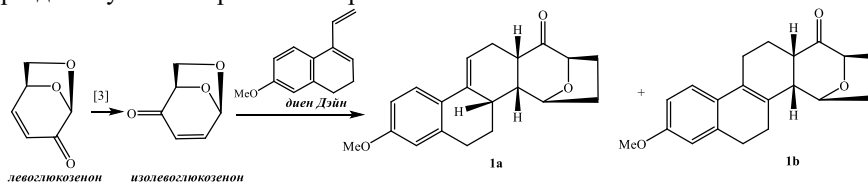
Муслюмова Д.М.¹, Абзалилов Д.И.², Файзуллина Л.Х.¹

¹Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Разработка новых стероидных соединений с селективной антиэстрогенной или эстрогенной активностью путем направленной модификации стероидного ядра или синтез их хиральных дериватов на основе доступных природных объектов является приоритетным направлением в медицинской химии [1].

Ранее в нашей лаборатории был разработан синтез региоизомерных аддуктов Дильса-Альдера левоглюкозенона и диена Дэйн [2]. В продолжении исследований в направлении синтеза аналога эстрона по циклу D мы получили изолевоглюкозенон из левоглюкозенона [3] и осуществили реакцию Дильса-Альдера изолевоглюкозенона с диеном Дэйн. Как и в случае левоглюкозенона [2] полученные продукты представляли собой не разделимую смесь региоизомеров в соотношении 1:2.



Таким образом, изучена реакция циклоприсоединения изолевоглюкозенона к 7-метокси-4-винил-1,2-дигидронафталину, приводящая к хиральному аддукту Дильса-Альдера для использования в синтезе эстрона и аналогов.

Анализы выполнены на оборудовании ЦКП «Химия» УФИХ РАН и РЦКП «Агидель» УФИЦ РАН. Работа выполнена по теме госзадания № 125020601627-6.

Литература

1. Ivanov, A., et al., Synthesis, Functionalization and Biological Activity of Arylated Derivatives of (+)-Estrone. *Bioorg. Med. Chem.* 2017, 25, 949-962.
2. Faizullina, L. K.; et al., Reaction of Levoglucosenone with Dane's Diene. *Rus. J. Org. Chem.* 2015, 51, 1725-1728
3. I. M. Biktagirov, et al., Synthesis of α -bromoisolevoglucosenone and its cyclopentaannulation. *Rus. J. Org. Chem.* 2014, 50, 1317-1322.

© Муслюмова Д.М., Абзалилов Д.И., Файзуллина Л.Х., 2026

ВЛИЯНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КАТИОНОВ НА КОНФОРМАЦИОННОЕ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕКТИНА В РАСТВОРЕ

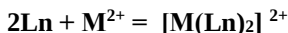
Нигматзянова С.И., Вакулин И.В

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

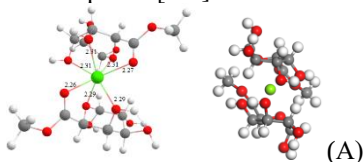
Пектин и его аналоги широко используются в медицине и пищевой промышленности благодаря своим желирующим свойствам и способностью пектина эффективно связываться с ионами тяжелых металлов. Гели на основе пектина характеризуются высокой биосовместимостью, гипоаллергенностью и могут использоваться для получения лекарственных форм пролонгированного действия.

Показано, что склонность пектина к гелеобразованию резко возрастает в присутствии ионов металлов, например Ca^{2+} . Считается, что механизм ионотропного гелеобразования характерен только низкоэтерифицированного пектина. При этом наличие в структуре звеньев донорных групп ($-\text{OH}$ и $-\text{COOH}$) и достаточная конформационная подвижность цепи не исключают возможности связывания Me^{2+} с этерифицированными звеньями. Также в литературе постулируется, что ион металла связывается с двумя звеньями пектина посредством множества дативных связей с образованием сэндвичеподобных комплексов «egg box», однако строение и структурные особенности таких комплексов детально не изучались.

В данном исследовании методами квантовой химии мы рассмотрели особенности связывания ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} с низкоэтерифицированным пектином и структуру образующихся комплексов в зависимости от взаимной ориентации цепей, например «голова к голове» или «голова к хвосту», и числа звеньев. Взаимодействие описывалось следующей схемой:



В качестве лигандов рассматривались галактуроновая кислота, ее метиловый эфир, анион галактуроновой кислоты, а также олигомеры пектина с числом звеньев от 3 до 15. Моделирование проводилось в программах FireFly v8.10 и MaterialStudio v2017 в полуэмпирическом приближении PM3. Адекватность используемых приближений и подходов для решения подобных задач показана нами ранее [1-3].



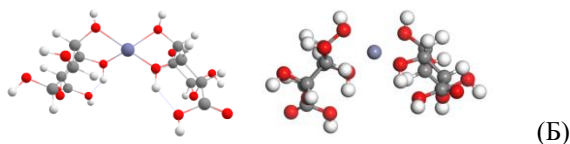


Рис. 1. Наиболее устойчивые формы комплексов MLn_2

При комплексообразовании с мономерами пектина, на структуру комплекса наибольшее влияние оказывает тип металла. Только для Ca^{2+} и Mg^{2+} обнаружены как комплексы типа А (рис.1), в которых ион металла имеет $KЧ=6$ и находится в полости ограниченной плоскостями пиранозных циклов, так и комплексы типа Б, ($KЧ=4$). Дативные связи с металлом всегда формируются с участием $2x$ $-COOH$ групп, а участие $-OH$ и $-O-$ групп варьируется в зависимости от пространственной ориентации пиранозных циклов («голова к голове» или «голова к хвосту»). В случае Zn^{2+} реализуются только комплексы $[ZnLn_2]^{2+}$ типа Б ($KЧ=4$) с разным пространственным расположением мономеров, при этом участие $-OH$ и $-O-$ фрагментов в образовании дативной связи вместо карбоксильной группы снижает прочность комплексов.

В случае комплексообразования с тримером ни один из металлов не дает комплексов с параллельным расположением цепей, угол между цепями составляет от 15° до 60° . При этом плоскости пиранозных циклов в цепях могут располагаться как параллельно, так под углом до 90° .

Найденные предпочтительные формы комплексов на примере взаимодействия галактурановой кислоты и тримера пектина с ионами металлов были использованы для определения зависимости энтальпии реакции образования комплексов от числа звеньев в цепи. На примере олигомеров с числом звеньев от 3 до 15 нами показано, что для всех рассмотренных металлов изменением в энтальпии реакции можно пренебречь начиная с числа звеньев в цепи >7 . Таким образом олигомер пектина с $n=7$ является достаточным для моделирования надмолекулярных структур и расчета термодинамических параметров.

Литература

1. Quantum chemical semi-empirical approach in transition-state-shape-selectivity-based catalytic activity prediction: application to zeolites. Vakulin I.V., Rakhmanov D., et al. // *Catalysis Surveys from Asia*. 2025.
2. Theoretical substantiation of the possibility of predicting the catalytic activity of carbon nanotubes in the diels-alder reaction // Vakulin I.V., Talipov R.F., Yakupov I.Sh., Fakhretdinov D.Sh., Latypova E.R. *Catalysis Letters*. 2024. Т. 154. № 3. С. 1284-1295.
3. Homochiral zeolites as chiral modifier for voltammetry sensors with high enantioselectivity. Vakulin I.V., Zilberg R.A., Galimov I.I., Sycheva M.A. // *Chirality*. 2023. Т. 36. № 2. С. e23635.

© Нигматзянова С.И., Вакулин И.В., 2026

Ранее на основе циклогексанона и (R)-(+)-пулегона с использованием реакции Принса были получены тетраокса[4.4.4]пропеллан и его метиламещённый аналог – 7-метилтетрагидро-8а,4а-(эпоксиметаноксиметано)-1,3-бензодиоксин [1, 2]. Согласно прогнозу программы PASS Online, данные соединения могут проявлять широкий спектр фармакологических свойств. С целью расширения ряда фармакологически активных пропелланов была проведена реакция Принса с тетрагидрофураноном-3 **1**. Однако в реакционной массе вместо ожидаемого пропеллана **2** образовалась смесь продуктов - спиросоединение **3** и ненасыщенный спирт **4** в соотношении 2:1, образование которых возможно при обработке пропеллана **2** 10 % соляной кислотой в гексане. Варьирование условий проведения реакции позволили увеличить выход продуктов реакции.

Согласно прогнозу программы PASS Online, соединения **3-4** могут проявлять различные виды биологической активности (таблица 1) при их низкой токсичности, рассчитанной на основе программы Gussar Online.

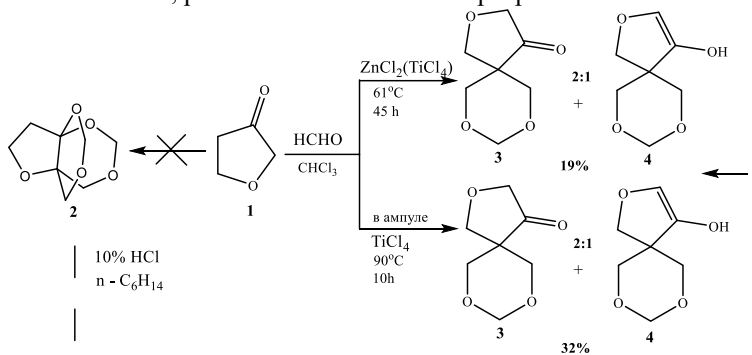


Таблица 1

Фармакологическая активность соединений **3 - 4** согласно
программе Pass Online

Соединение	Виды активности	Pa
3	Ингибитор поглощения нейротрансмиттера	0,846
	Лечение фобических расстройств	0,836
4	Ингибитор пероксидазы NADPH	0,781
	Ингибитор сахара-фосфатазы	0,759

Pa – вероятность наличия у соединения активности на основании его структуры

Литература

1. Okhirov S. M., Gromiko N. V., et al. Transformations of (R)-(+)-Pulegone into Potentially Pharmacologically Active N-Containing Derivatives Using the Prins Reaction. *Chemistry of Natural Compounds*, 61(3), 473-477.
2. Okhirov Sh.M., Latypova E.R. et al. Synthesis and Antioxidant Properties of Novel Nitrogen-Containing Cyclogesanonone Derivatives. *J. Sib. Fed. Univ. Chem.*, 2026, 19(1), 177–188.

© Охиров Ш.М., Байракаева Г.А.,
Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф., 2026

УДК 547

СИНТЕЗ СПИРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕТРАГИДОФУРАНОНА-3

Охиров Ш.М., Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.
Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

С целью расширения круга соединений с фармакологическими свойствами на основе тетрагидрофуранона-3 (**1**) провели его взаимодействие с аллилбромидом (**2**). В результате был синтезирован 3-аллилтетрагидрофуран-3-ол (**3**), обработка которого солью периодата натрия и метабисульфитом натрия в растворе трет-бутилового спирта привела к образованию 1,7-диокспиро[4,4]нонан-3-ола (**4**). Полученный спирт **4** окисляли хлорхроматом пиридиния (PCC), что дало 1,7-диокспиро[4,4]нонан-3-он (**5**).

Согласно прогнозу программы PASS Online, соединения (**3–5**) могут проявлять различные виды биологической активности (таблица 1) при их низкой токсичности, рассчитанной на основе программы Gussar Online.

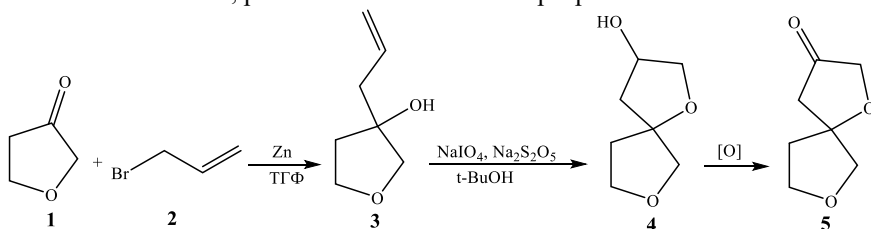


Таблица 1

Фармакологическая активность соединений 3 - 5 согласно
программе Pass Online

Соединение	Виды активности	Pa
3	Ингибитор аспульвинон диметилаллилтрансферазы	0,871
	Антиэдематические	0,832
4	Лечение рака простаты	0,910
	Противоопухолевые	0,901
5	Лечение фобических	0.824
	Противоопухолевые	0,810

Pa – вероятность наличия у соединения активности на основании его структуры.

© Охиров Ш.М., Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф., 2026

УДК 547

СИНТЕЗ СПИРОСОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦИКЛОПЕНТАНОНА ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА

Охиров Ш.М., Байракаева Г.А., Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

С целью расширения круга соединений с фармакологическими свойствами на основе промышленно доступного циклопентанона (**1**) вовлекли его в реакцию Принса по разработанной нами ранее методике [1, 2]. В результате вместо ожидаемых пропелланов образовалась смесь продуктов: 7,9-диоксаспиро[4.5]декан-1-он (**2**), 5,7-диоксаспиро[2.5]октан-1-он (**3**) и 4а,8а-пропано[1,3]диоксино[4,5-*d*][1,3]диоксин (**4**). При этом основным продуктом оказалось спирособъединение **2**, которое образуется из пропеллана **4** в кислой среде. С целью повышения выхода продуктов реакции изменили условия проведения процесса – провели реакцию в запаянной ампуле при 90 °С. Однако в этих условиях основными продуктами стали продукты конденсации циклопентанона с формальдегидом: циклоеноны **5** и **6**. Таким образом, повышение температуры и давления сместили реакцию в сторону конденсации вместо ожидаемого увеличения выхода продуктов реакции Принса.

Согласно прогнозу программы PASS Online, соединения **2–6** могут проявлять различные виды биологической активности (таблица 1) при их низкой токсичности, рассчитанной на основе программы Gussar Online.

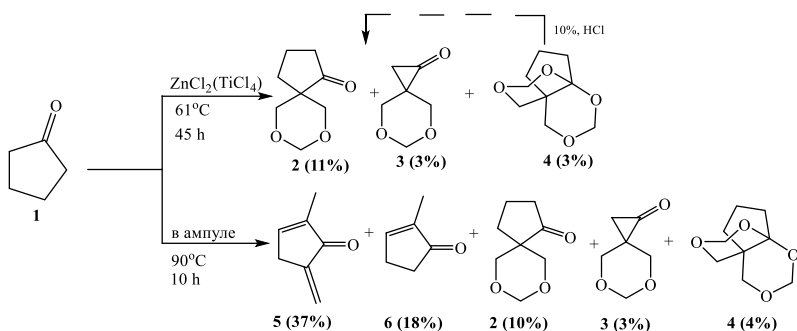


Таблица 1

Фармакологическая активность соединений 2-6 согласно программе Pass Online

Соединение	Виды активности	Pa
2	Ингибитор поглощения нейротрансмиттеров	0,828
	Тестостерон 17бета-дегидрогеназа (НАДП+) ингибитор	0,828
3	Агонист целостности мембраны	0,863
	Ингибитор сахаропепсина	0,802
4	Лечение заболеваний печени	0.812
	Ингибитор поглощения нейротрансмиттера	0,807
5	Противоопухолевые	0,874
	Глутамат-5-полуальдегид-дегидрогеназа ингибитор	0,907
6	Тестостерон 17бета-дегидрогеназа (НАДП+) ингибитор	0,915
	Карминативный	0,912

Pa – вероятность наличия у соединения активности на основании его структуры.

Литература

- Okhirov S.M., Gromiko N.V., et al. Transformations of (R)-(+)-Pulegone into Potentially Pharmacologically Active N-Containing Derivatives Using the Prins Reaction. *Chemistry of Natural Compounds*, 61(3), 473-477.
- Okhirov Sh. M., Latypova E.R., et al. Synthesis and Antioxidant Properties of Novel Nitrogen-Containing Cyclogesanonone Derivatives. *J. Sib. Fed. Univ. Chem.*, 2026, 19(1), 177–188.

© Охиров Ш.М., Байракаева Г.А., Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф., 2026

СИНТЕЗ ГИБРИДНОГО ИМИДАЗОЛСОДЕРЖАЩЕГО СОРБЕНТА С АНИОНООБМЕННЫМИ И π -КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИМИ ЦЕНТРАМИ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ Pt И Pd

Патрило И.В.¹, Казанцев Д.А.², Пестов А.В.²

¹ Уральский федеральный университет, Институт естественных наук и математики, Екатеринбург, Россия

² ФГБУН Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Платина и палладий относятся к стратегически важным благородным металлам, критически необходимым для синтеза ряда катализаторов и изготовления радиоэлектронных деталей. В условиях истощения природных месторождений и роста объемов вторичного сырья актуальной задачей становится разработка сорбционных материалов, обеспечивающих селективное извлечение платиновых металлов из сложных многокомпонентных сред. Перспективным направлением развития сорбционных технологий является создание гибридных материалов, сочетающих в своей структуре анионообменные центры и функциональные группы, способные выступать в качестве лиганда по отношению к сорбируемому иону [1].

В настоящей работе в качестве основы выбран ранее апробированный сшитый поли(N-винилимидазол), демонстрирующий высокую сорбционную емкость за счет сочетания анионообменных центров и не кватернизованных имидазольных фрагментов [2]. Для повышения селективности сорбционного материала по отношению к комплексным ионам платины(IV) и палладия(II), была осуществлена сшивка поли(N-винилимидазола) при помощи 1-бром-3-хлорпропана, позволяющая формировать не только анионообменные центры в структуре материала, но и аллильные фрагменты (рис. 1).

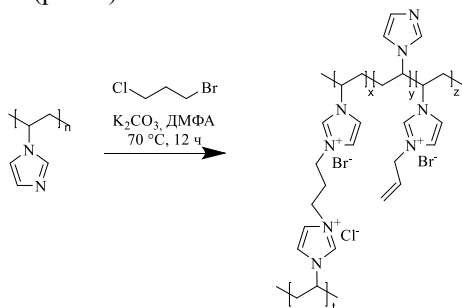


Рис. 1. Схема взаимодействия поли(N-винилимидазола) и 1-бром-3-хлорпропана

Строение и состав полученных сорбционных материалов подтверждены методами ИК-спектроскопии (НПВО) и элементного анализа (СНН и меркуриметрическое титрование для определения суммарного содержания галогенов). В ИК-спектрах продуктов реакции отмечены характеристические полосы поглощения в областях 3075-3090 см⁻¹, 1630-1650 см⁻¹ и 1420-1290 см⁻¹, что говорит о наличии в структуре материалов аллильных фрагментов.

Сорбционные эксперименты проводили в статических условиях, в течение 24 ч, при перемешивании со скоростью 200 об/мин при 25 °С. Сорбция осуществлялась из солянокислых растворов (рН = 3,25) в присутствии равных концентраций соединений металлов ряда Ирвинга – Уильямсона (Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺), селената и теллурата натрия. Синтезированные в работе материалы проявили высокую селективность сорбции по отношению к комплексным ионам платины(IV) и палладия(II), сохраняя высокую сорбционную емкость.

Таблица 1

Степени модификации поли(N-винилимидазола) сшивающим агентом и сорбционная емкость продуктов модификации по отношению к платиновым металлам

Эксперимент	Степень модификации поли(N-винилимидазола), %	Сорбционная емкость, мг/г	
		Pt(IV)	Pd(II)
1	51	3549	6012
2	50	3535	5982
3	49	3516	5899
4	51	3494	5826
5	51	3466	5714

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственных заданий Института органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук (тема № 124020200072-0) с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Спектроскопия и анализ органических соединений”.

Литература

1. Liu J., Jin C., Ce W. Hyperbranched Thiourea-Grafted Electrospun Polyacrylonitrile Fibers for Efficient and Selective Gold Recovery // J. Colloid Interface Sci. 2020. Vol. 561. P. 449–458
2. Кузнецова К.Я., и др. Синтез полимерного материала на основе поли(n-винилимидазола) и оценка его сорбционных свойств по отношению к палладию(II) и золоту(III) // Журнал прикладной химии. - 2024. - Т. 97. - №11-12. - С. 776-782.

© Патрило И.В., Казанцев Д.А., Пестов А.В., 2026

СИНТЕЗ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕТРАКАРБОНИЛ-СОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Патрина А.Н.¹, Пестов А.В.^{1,2}¹ Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН,
Екатеринбург, Россия² Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

Тетракарбонильные хелатирующие лиганды – это соединения, в которых четыре донорных атома кислорода карбонильных групп формируют координационные связи, обеспечивая формирование хелатных циклов [1,2]. Координационные соединения на основе хелатирующих лигандов применяются в разных областях: металлокомплексный катализ органических реакций, создание новых медицинских препаратов и биологически активных соединений, получение элементов молекулярной электроники. Такие лиганды на протяжении многих лет обеспечивают формирование самых разнообразных и нетривиальных по строению координационных соединений. Целью данной работы является разработка метода синтеза новых хелатирующих лигандов на основе тетракарбонил-содержащих производных и синтез координационных соединений на их основе с s- и d-металлами. Для получения хелатирующих лигандов на первой стадии необходимо синтезировать α,ω-бис(2'-ацетилфенокси)алканы. Для этого использовали реакцию алкилирования 2-гидроксиацетофенона с 1,2-дибромэтаном, 1,4-дибромбутаном, 1,6-дибромгексаном [1], что позволило получить α,ω-бис(2'-ацетилфенокси)алканы с высоким выходом (Схема 1). Далее осуществляли сложноэфирную конденсацию с этилтрифторацетатом в моноглиме в присутствии LiH в качестве основания для получения α,ω-бис(2'-трифторацетоацетилфенокси)алканов (Схема 1). Состав и строение полученных производных установлены данными элементного анализа, ИК- и ЯМР ¹H спектроскопии и РСА.

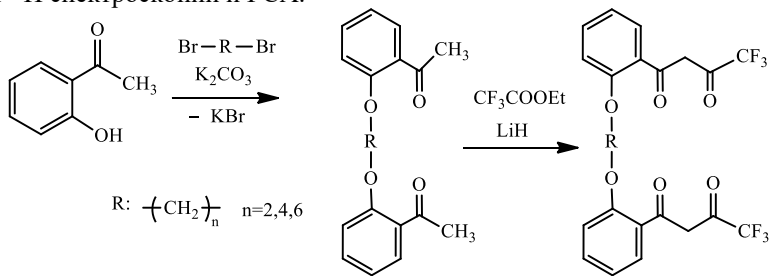


Схема 1

На основе α,ω -бис(2/-трифторацетоацетилфенокси)алканов были получены координационные соединения и изучено их строение (Схема 2). Взаимодействие лигандов в динатриевой форме с ацетатами меди, цинка, кальция, кобальта, никеля (II) в водно-метанольном растворе с последующей кристаллизацией из ДМФА приводит к образованию координационных соединений (Схема 2), состав которых по данным элементного анализа соответствует соотношению $M : L = 1 : 1$. Строение полученных комплексов установлено методом РСА. Показано, что лиганды с участием металлоцентров формируют centrosymmetric macrocyclic structure, содержащую полость. Ее размер определяется расстоянием между металлоцентрами.

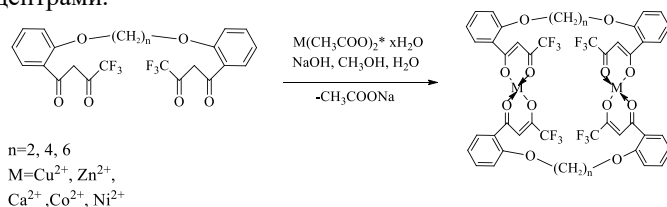


Схема 2

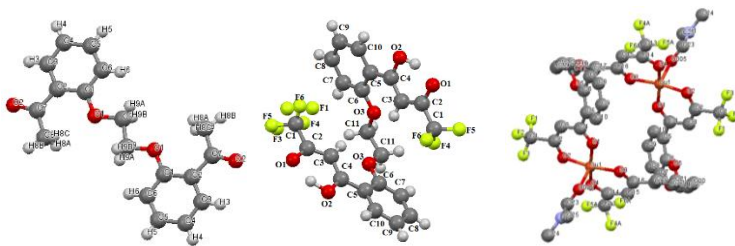


Рис. 1. Молекулярные структуры 1,2-бис(2-ацетилфенокси)этана, 1,2-бис(2-трифторацетоацетилфенокси)этана и комплекса меди на его основе

Литература

1. Patrina A. N. Effect of Noncovalent Interactions on the Properties of α,ω -Bis(2-acetylphenoxy)alkanes Depending on the Size of the Polymethylene Linker / A. N. Patrina, E. A. Veretennikova, L. A. Khamidullina, I. S. Puzyrev, P. D. Tobysheva, P. A. Slepukhin, E. F. Zhilina, and A. V. Pestov // Russ. J. Gen. Chem. – 2022. – Vol. 92. – P. 2470–2477.
2. Патрина А. Н. Синтез и строение нового биядерного комплекса меди (II) на основе 1,2-бис(2-(4,4,4-трифтор-1,3-диоксобутил)фенокси)этана / А. Н. Патрина, Е. А. Веретенникова, Л. А. Хамидуллина, И. С. Пузырев, П. А. Слепукhin, А. В. Пестов // Коорд. Хим. –2023. – № 49. – P. 44–50.

© Патрина А.Н., Пестов А.В. 2026

РАЗРАБОТКА ОДНОРЕАКТОРНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ
КВАТЕРНИЗОВАННЫХ ПОЛИ(4-ВИНИЛПИРИДИНОВ) И ОЦЕНКА
ИХ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К КОМПЛЕКСНЫМ
ИОНАМ Pt(IV) и Pd(II)

Поляков А.С.¹, Казанцев Д.А.², Пестов А.В.².

¹Уральский федеральный университет, Институт естественных наук и математики, Екатеринбург, Россия

²ФГБУН Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Винилпиридиновые сорбенты широко применяются в гидрометаллургии тяжелых металлов благодаря высокой химической стабильности, настраиваемой пористости и выраженным ионообменным свойствам. Однако традиционная технология их получения остаётся многостадийной и ресурсозатратной. Стандартный цикл включает радикальную полимеризацию мономера, выделение полимерной матрицы из реакционной массы и отдельную стадию кватернизирующей сшивки. Перечисленные этапы усложняют аппаратное оформление технологии получения, повышают себестоимость продукта и затрудняют масштабирование процесса.

В настоящей работе разработан однореакторный метод получения поливинилпиридиновых сорбентов и произведена оценка их сорбционных свойств по отношению к комплексным ионам Pt(IV) и Pd(II). При обработке 4-винилпиридина в сухом ДМФА дибромпроизводным на первом этапе происходит кватернизация пиридиновой системы (Рис. 1). В образующемся аддукте двойные связи, сопряженные с катионом пиридиния, проявляют большую реакционную способность в реакциях нуклеофильного присоединения по сравнению с исходным 4-винилпиридином. Образующийся при кватернизации бромид-анион способен присоединяться к активированным двойным связям и инициировать процесс анионной полимеризации (рис. 1).

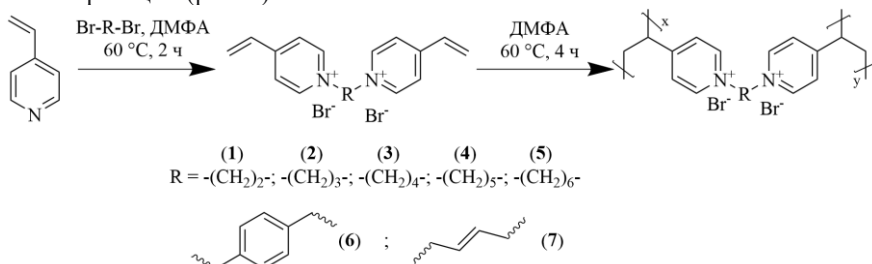


Рис. 1. Однореакторный метод синтеза сорбционных материалов на основе кватернизованного поли(4-винилпиридина)

Строение и состав полученных сорбционных материалов подтверждены методами ИК-спектроскопии (НПВО) и элементного анализа (СНН и меркуриметрическое титрование для определения содержания брома).

Сорбционные эксперименты проводили в статических условиях, в течение 24 ч, при перемешивании со скоростью 200 об/мин при 25 °С. Сорбция осуществлялась из солянокислых растворов (рН = 3,11) платины(IV) и палладия(II) в присутствии равных концентраций соединений металлов ряда Ирвинга – Уильямсона (Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+}). Синтезированные в работе материалы проявили высокую селективность сорбции по отношению к комплексным ионам платины(IV) и палладия(II), сохраняя высокую сорбционную емкость (таблица 1).

Таблица 1

Выходы продуктов кватернизирующей сшивки – полимеризации 4-винилпиридина и их сорбционная емкость по отношению к платиновым металлам

Эксперимент	Выход продукта полимеризации, %	Сорбционная емкость, мг/г	
		Pt(IV)	Pd(IV)
1	71	3436	5640
2	82	3396	5786
3	98	3420	5768
4	74	3407	5613
5	96	3380	5717
6	100	3428	5781
7	100	3428	5781

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Государственных заданий Института органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук (тема № 125021302074-7) с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Спектроскопия и анализ органических соединений”.

© Поляков А.С., Казанцев Д.А., Пестов А.В., 2026

УДК 547.852.9

СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ [1,2,4]ТРИАЗОЛО[4,3-*b*]ПИРИДАЗИНА С [d]АННЕЛИРОВАННЫМИ КАРБОЦИКЛИЧЕСКИМИ ФРАГМЕНТАМИ

Прокопьева И.Н., Толщина С.Г., Русинов Г.Л.

Институт органического синтеза УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Азотсодержащие гетероциклические соединения азинового ряда, в том числе азолопиридазины, являются важными структурными фрагментами многих биологически активных соединений и проявляют разнообразные

фармакологические свойства, например антибактериальные, противовирусные, противоопухолевые и другие [1,2,3].

Пиридазины могут быть легко получены из синтетически доступных производных тетразина с помощью реакции Карбони-Линдсея.

В данной работе были получены новые [1,2,4]триазоло[4,3-*b*]пиридазины **6** с липофильными карбоциклическими фрагментами на основе гидразиновых производных 1,2,4,5-тетразина, как потенциальные соединения с физиологической активностью.

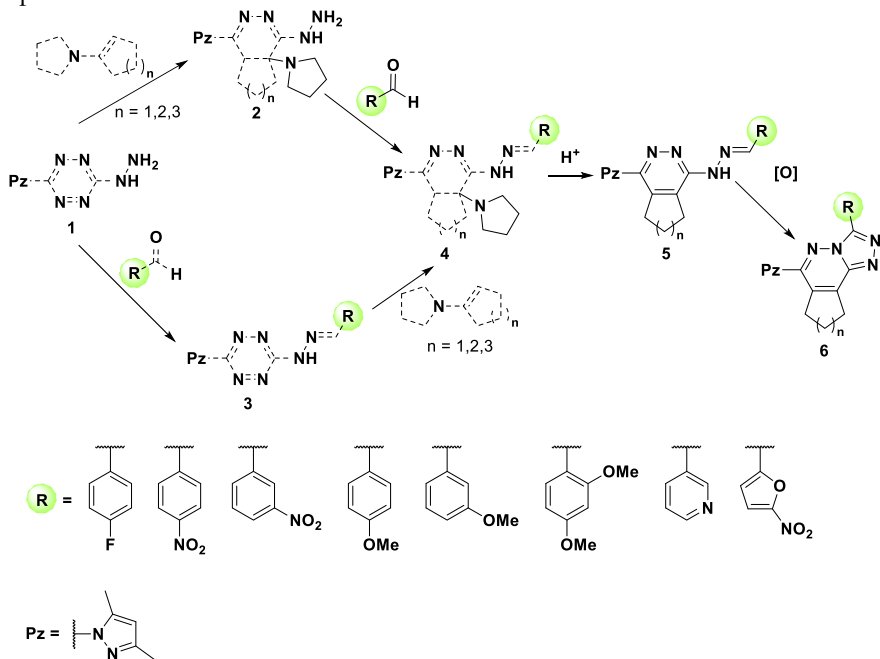


Рис. 1. Синтез триазолоаннелированных пиридазинов **6**

Литература

1. Imran M., Asif M. Biologically Active Pyridazines and Pyridazinone Derivatives: A Scaffold for the Highly Functionalized Compounds // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2020. Т. 46. № 5. С. 726-744.
2. George S. и др. Phase II Study of Ponatinib in Advanced Gastrointestinal Stromal Tumors: Efficacy, Safety, and Impact of Liquid Biopsy and Other Biomarkers // Clinical Cancer Research. 2022. Т. 28. № 7. С. 1268-1276.
3. Abu-Hashem A.A., et al. Synthesis of 1,2,4-triazolopyridazines, isoxazolofuopyridazines, and tetrazolopyridazines as antimicrobial agents // Journal of Heterocyclic Chemistry. 2020. Т. 57. № 9. С. 3461-3474.

© Прокопьева И.Н., Толщина С.Г., Русинов Г.Л., 2026

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БАШКИРСКИХ И УДМУРТСКИХ ЦВЕТОЧНЫХ МЁДОВ

Русских К.А., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Цветочный мёд является ценным продуктом, физико-химические характеристики которого определяются ботаническим происхождением и климатическими условиями. Башкортостан и Удмуртия - два региона с различными природно-климатическими условиями, что может отражаться на физико-химических показателях.

Цель работы - сравнительный анализ физико-химических показателей образцов цветочного мёда из Башкортостана (n=10) и Удмуртии (n=5). Установлено, что башкирские образцы характеризуются в 1,5–2 раза более высокой концентрацией пероксида водорода и более высокой активностью глюкозооксидазы [1-2]. Значения pH в обеих группах сопоставимы, однако удмуртские мёды проявляют больший разброс свободной кислотности. По массовой доле воды оба региона соответствуют ГОСТ 19792-2017 (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения физико-химических показателей цветочного мёда

Показатель	Башкирский мёд (n=10)	Удмуртский мёд (n=5)
Пероксид водорода, мг/кг·ч	31,2	18,8
Активность глюкозооксидазы, мг/ч·г	4,0	0,44
Массовая доля воды, %	16,9	16,7
pH, ед.	4,2	4,3
Свободная кислотность, мэкв/кг	29,2	19,8

Башкирские цветочные мёды обладают выраженно более высокой антибактериальной и ферментативной активностью, что может свидетельствовать о их лучшей биологической ценности. Различия, вероятно, обусловлены особенностями медоносной флоры и климата.

Литература

1. Rückriemen J. Carbonyl compounds in Manuka honey: Antibacterial activity, reactions and metabolic transit, Dissertation, Dr. rer. nat., Dresden, 2018. 258 p.
2. I. Flanjak, I. Strelec, D. Kenjeric, L. Primorac. Croatian produced unifloral honeys characterised according to the protein and proline content and enzyme activities. // J. Apic. Sci. 2016. Vol. 60, No. 1. P. 39-48.

© Русских К.А., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В., 2026

АЗОСЧЕТАНИЕ (7-ГИДРОКСИ-)3-(2-ГИДРОКСИБЕНЗОИЛ)(5-МЕТИЛ)КУМАРИНОВ, КАК ПУТЬ К ФУНКЦИОналиЗИРОВАННЫМ АЗОКРАСИТЕЛЯМ

Рыжов А.С., Полухин А.Р., Мажукина О.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Институт химии, Саратов, Россия

Производные гидроксикумарина являются важными объектами для модификации и функционализации благодаря широкому спектру биологической активности и фотофизическим свойствам. Интерес представляет направленный синтез функционализированных азосоединений на основе 3-(2-гидроксибензоил)кумаринов. Наличие в структуре целевых продуктов нескольких реакционных центров (кетонных и лактонных карбонильных групп, фенольных гидроксильных) открывает возможности для их использования не только в качестве красителей, но и как полидентатных лигандов для создания металлокомплексов с заданными оптическими свойствами.

В данной работе в качестве объектов исследования исследованы продукты азосочетания 3-(2-гидроксибензоил)кумаринов с солями арендiazония. Выходы для соединений с электронодонорным заместителем составили 46-48%, с акцепторным до 14%.

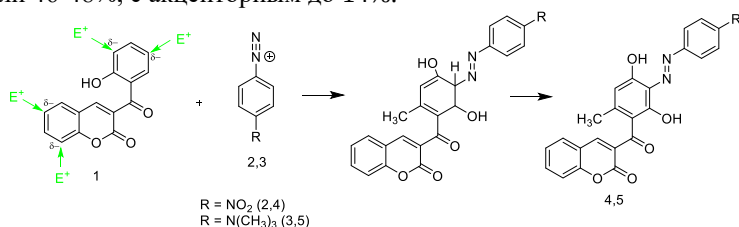


Рис. 1. Азосочетание производного 1 с солями diazonия 2,3

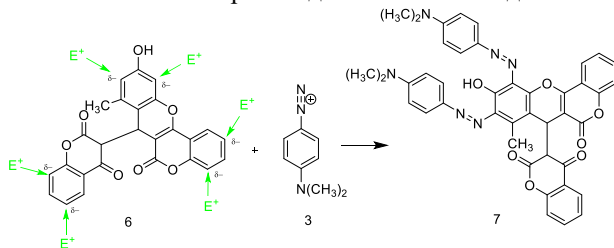


Рис. 2. Азосочетание производного 6 с солью diazonия 3

Структура соединений была установлена комплексом спектральных методов. Для всех образцов в ИК-спектрах в качестве характеристических

сигналов можно выделить $\nu(\text{C}=\text{O}$ лакт.) в обл. 1700-1750 cm^{-1} , $\nu(\text{N}=\text{N})$ в обл. 1390-1620 cm^{-1} , положение которых коррелирует с электронными эффектами заместителей. Анализ спектров ЯМР ^1H показал наличие синглетных протонов групп -ОН в слабом поле (9.86-14.88 м.д.). Основные различия обусловлены природой функциональных групп в азобензольном фрагменте. Введение акцепторной нитрогруппы (соед. 4) вызывает дезэкранирование системы, что проявляется в смещении (д., 2H., Ar) к 7.85 и 8.30 м.д. Донорная диметиламиногруппа (соед. 5,7) приводит к экранированию аналогичных сигналов до 7.03 и 7.85 м.д. и появлению (с., 4H., CH_3) при 3.02 м.д.

Литература

1. Karunasagar K.O., Bodke Y.D., Surendranaik Y., Vinay K.K. Synthesis, characterization and biological evaluation of coumarin-based azo dyes // Journal of Molecular Structure. – 2025. – Vol. 1310. – Art. 138356.
2. Jabbar A.I., Al-Adilee A.H., Al-Adilee K.J. [et al.] Synthesis and Thermal Studies of Some Metal azo Complexes Derived from Hydroxy coumarin // Journal of Kufa for Chemical Sciences. – 2023. – Vol. 2 (11). – P. 15–28.

© Рыжов А.С., Мажукина О.А., 2026

УДК 547.721/.729

НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА АНАЛОГОВ АЛКАЛОИДОВ КРИСПИНА А НА ОСНОВЕ ФОСФОРАНИЛИДЕНСУКЦИНИМИДА

Сахаутдинова Г.Ф.¹, Сахаутдинов И.М.¹, Мусаргалина Л.М.²,
Мустафин А.Г.¹

¹Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

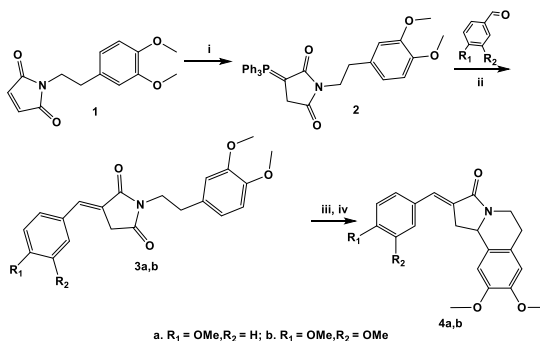
²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Пирроло[2,1-а]изохинолиновая система является структурным ядром ряда биологически активных алкалоидов, например криспин А, обладает цитотоксическими и противовирусными свойствами [1-2]. Разработка эффективных методов построения этого гетероциклического скелета из доступных прекурсоров является важной задачей органического синтеза и медицинской химии.

В данной работе предложен и реализован оригинальный метод синтеза новых производных изохинолина. Ключевым этапом послужило получение фосфорана **2** на основе *N*-гомовератрилмалеимида [3]. **1** и трифенилфосфина. Взаимодействие фосфорана **2** с анисовым и вератровым альдегидами в условиях реакции Виттига привело к образованию имидов **3a**, **b**. Установлено, что процесс может быть реализован в формате трехкомпонентной реакции. Последующее восстановление промежуточных олефинов боргидридом натрия с последующей кислотнo-катализируемой

внутримолекулярной циклизацией (тип реакции Пикте–Шпенглера) [4]. позволило получить целевые тетрагидропирроло[2,1-а]изохинолины **4a, b**.

Схема 1



Реагенты и условия: I. PPh₃, ацетон, комн. температура, 2,5 ч; II. ArCHO, толуол, 110 °С; III. NaBH₄, MeOH, CHCl₃, комнатная температура, 2 ч; iv. HCl, MeOH, 65 °С, 3 ч.

Разработана простая и эффективная методика синтеза функционализированных изохинолинонов, позволяющая варьировать заместители в ароматическом кольце. Предложенный подход открывает доступ к библиотекам структурных аналогов природного алкалоида крипина А.

Работа выполнена при поддержке госзадания № 125020601600-9 с использованием оборудования Центра общего назначения «Химия» и «Агидель», УФПК, РАС.

Литература:

1. Rao L. B., et. al. Trending strategies for the synthesis of quinolinones and isoquinolinones. – Tetrahedron, 2022. – Vol. 127. – P. 133093.
2. Matveeva M. D., et. al. Pyrrolo[2,1-a]isoquinoline scaffold in drug discovery: advances in synthesis and medicinal chemistry – Future Med. Chem., 2019. – Vol. 11. – P. 2735.
3. Pieper P., et. al. Enantioselective synthesis and anti-parasitic properties of aporphine natural products – Tetrahedron, 2020. – Vol. 76. – P. 130814.
4. Sakhautdinova G. F., et. al. Furan Analog of the Alkaloid Dubiamine Based on 5-Hydroxymethylfurfural. – Chem. Nat. Compd., 2022. – Vol. 58 (1). – P. 185.

© Сахаутдинова Г.Ф., Сахаутдинов И.М.,
Мустафин А.Г., 2026

РАЗРАБОТКА НОВОГО КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДНОГО ЦИТИЗИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ 5-БРОММЕТИЛФУРФУРОЛА

Сахаутдинова Г.Ф.¹, Сахаутдинов И.М.¹, Маннанов Т.А.¹, Валеева Р.А.²,
Мустафин А.Г.¹

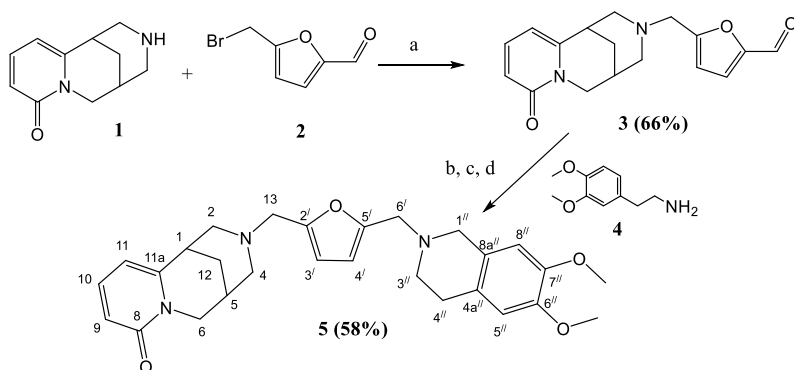
¹Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Растущий интерес к модификации алкалоидов для улучшения их фармакологического профиля обуславливает поиск новых производных цитизина, сохраняющих основное терапевтическое действие, но лишенных побочных эффектов [1-2]. Изохинолиновые производные цитизина представляют собой перспективное направление в этой области.

Синтез осуществлен следующим образом: конденсация цитизина **1** с 5-бромметилфурфуролом (5-БМФ) **2**, выступающим в качестве связующего звена, с образованием альдегидсодержащего производного **3**. Последующая конденсация **3** с гомовератриламином **4** и восстановление приводят к замыканию цикла по реакции Пикте-Шпенглера.

Схема 1



Реагенты и условия: а. КОН, ацетон, 56°C, 6 ч.; б. толуол, 110°C; с. NaBH₄, MeOH, CHCl₃, г.т., 2 ч.; д. HCl, MeOH, 65°C, 3 ч.

В результате проведенных исследований впервые синтезировано новое гибридное производное цитизина, содержащее изохинолиновый фрагмент – N-цитизин-замещенный 1,2,3,4-тетрагидроизохинолин **5**.

Работа выполнена при поддержке госзадания № 125020601600-9 с использованием оборудования Центра общего назначения «Химия» и «Азидель», УФРК, РАС.

Литература:

1. Walker N., Howe C., Glover M., McRobbie H., Barnes J., Nosa V. Cytisine versus nicotine for smoking cessation. – NEJM, 2014. – Vol. 371 (25). – P. 2353.
2. Мукушева Г.К., Сейдахметова Р.Б., Жасымбекова А.Р., Нуркенов О.А., Нурмаганбетов Ж.С., Сейлханов Т.М., Тажибай А.М., Мажитов А.С. Изучение антимикробной и анальгетической активности некоторых комбинированных производных алкалоида цитизина. – Химия растительного сырья, 2022. – Vol. 4. Р. – 259.

© Сахаутдинова Г.Ф., Сахаутдинов И.М., Маннанов Т.А.,
Валеева Р.А., Мустафин А.Г., 2026

УДК 5417.721/.729

СИНТЕЗ ДИАМИНОВ ПРИРОДНОГО ДИФЕНИЛОВОГО ЭФИРА НА ОСНОВЕ АНИЛИНОВ

Сахаутдинова Г.Ф.¹, Сахаутдинов И.М.¹, Маннанов Т.А.¹, Валеева Р.А.²,
Мустафин А.Г.^{1,2}

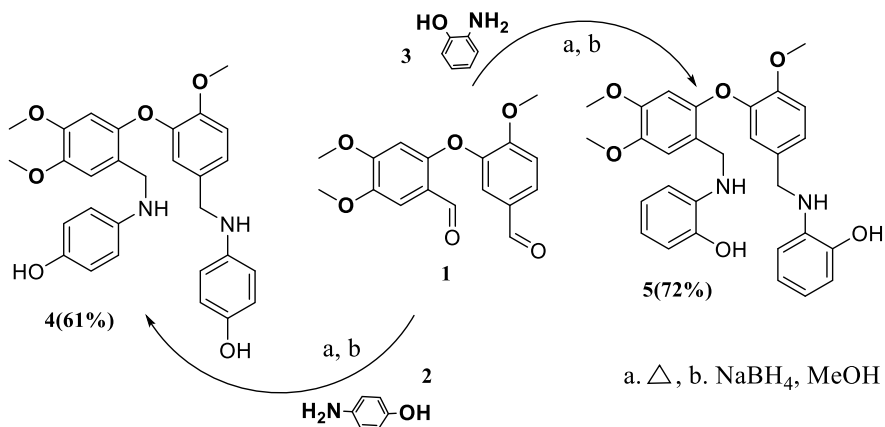
¹*Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия*

²*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

Класс дифениловых эфиров объединяет молекулы, которые в естественных условиях преимущественно обнаруживаются в растениях, произрастающих в тропических и субтропиках. Кроме того, представители этой группы соединений были выделены из самых разных морских организмов, включая губок, водоросли, асцидий, мидий и даже некоторых морских млекопитающих.

В представленной работе нами был реализован однореакторный подход к синтезу новых диаминозамещённых дифенилоксидов. В качестве стартового соединения использовался диарилловый эфир эрнандиаль **1**, а в качестве нуклеофильных компонентов – 2-аминофенол **2** и 4-аминофенол **3**. Реакцию взаимодействия Эрнандиала **1** с аминами **2** и **3** проводили в среде толуола с использованием насадки Дина-Старка для азеотропной отгонки воды. По окончании этого этапа растворитель удаляли под вакуумом, а образовавшиеся азометины, без какой-либо дополнительной очистки, подвергали восстановлению с помощью боргидрида натрия в метаноле при температуре 0–5 °С. полученные продукты диаминирования эрнандиала **4**, **5** выделяли в индивидуальном виде колоночной хроматографией на силикагеле.

Схема 1



Идентификация структуры полученных диаминов **4**, **5** проведена с использованием физико-химических методов анализа. Главным структурным подтверждением служит трансформация альдегидных фрагментов исходного соединения **1**: они полностью исчезают, и вместо них возникают две метиленовые группы, связанные с атомами азота. На это указывают сигналы в углеродных ЯМР-спектрах: для вещества **4** – в области 43,86 и 47,81 м.д., а для вещества **5** – 44,89 и 48,66 м.д. В ходе экспериментов было установлено, что увеличение продолжительности кипячения реакционной смеси до 24 часов, а также использование двухкратного избытка (2,2 ммоль) аминов не приводят ни к изменению качественного состава продуктов, ни к заметному повышению выхода целевых соединений.

Таким образом, представлен удобный и простой в исполнении подход к синтезу аминов с дифенилоксидным фрагментом на основе производных анилина. Предлагаемый подход открывает возможности для синтеза новых функционализированных аминов, представляющих интерес для биохимии и фармацевтической промышленности.

© Сахаутдинова Г.Ф., Сахаутдинов И.М.,
Маннанов Т.А., Валеева Р.А., Мустафин А.Г., 2026

СИНТЕЗ 9-ЗАМЕЩЁННЫХ БЕРБЕРИНОВ С ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ

Семенова А.С., Буров О.Н., Алешин В.А., Дряпак А.Н.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Частота встречаемости онкологических заболеваний продолжает увеличиваться, а рак является одной из основных причин смерти, ежегодно уносящей миллионы жизней. В этой связи крайне важно исследовать новые химические вещества для борьбы с данной патологией. Берберин, демонстрирующий противовоспалительные и противоопухолевые свойства, представляет собой перспективное соединение для разработки новых терапевтических подходов в онкологии. Одним из значимых аспектов, достойных внимания, служит возможность модификации молекулы берберина в нескольких её положениях.

Исследование показало, что из всех доступных для реакций центров исходной молекулы именно положение С-9 наиболее критически влияет на активность производных и их способность избирательно поражать опухолевые клетки. В первой части работы мы остановились на синтезе аналогов берберина, где в роли линкеров выступают алифатические диамины. Диамин здесь служит структурным элементом, соединяющим берберин с дополнительными активными группами, что ведёт к усилению его терапевтических свойств и расширению спектра действия. Фуразан признан эффективным антибактериальным и противовоспалительным средством, а важной отличительной его производных является их склонность к образованию высокореакционных интермедиатов.

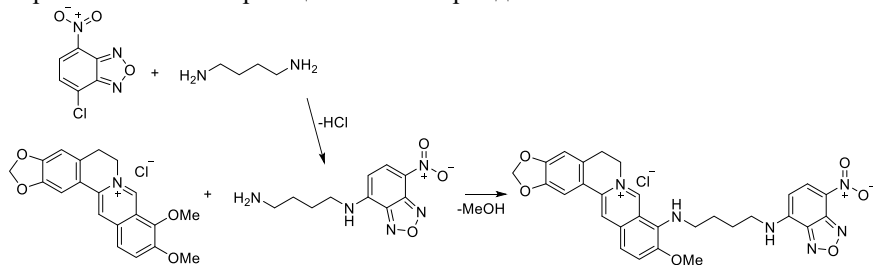


Рис. 1. Схема синтеза

Ещё одна группа синтезированных нами соединений представлена 9-О-производными берберина. Это новый ряд гибридных молекул, созданных в рамках стратегии, направленной на достижение интегративного и синергического эффекта. В качестве фармакофорных фрагментов мы использовали тритерпеноиды - бетулин и урсодезоксихоловую кислоту. Их присоединение к скаффолду осуществлялось через легкогидролизуемый линкер с применением оксалилхлорида. Производные бетулина давно

известны своими противоопухолевыми свойствами, а цитотоксичность некоторых модифицированных соединений крайне высока в отношении различных раковых клеточных линий [4]. Урсодезоксихолевая кислота, в свою очередь, представляет собой перспективное средство для химиопрофилактики рака, особенно в органах пищеварительного тракта, благодаря её нормализующему действию на обмен жёлчных кислот и способности регулировать апоптоз. Кроме того, мы применили метронидазол ввиду отсутствия к нему резистентности. Мы предполагаем, что полученное гибридное производное также будет обладать высокой противомикробной активностью.

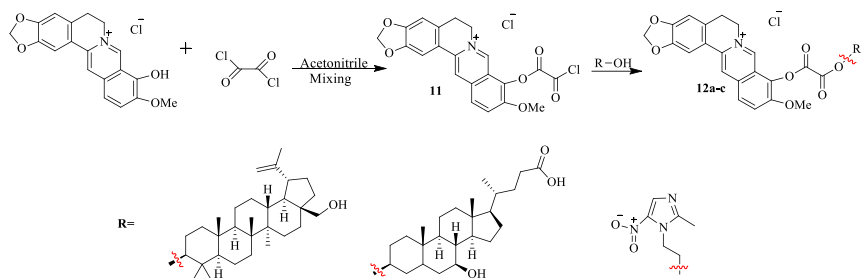


Рис. 2. Схема синтеза

Данное исследование ставит своей задачей получение С-9 производного берберина с целью усиления его противораковой активности. В первой описываемой части работы в качестве связующего звена между берберинем и 4-хлор-7-нитробензофуразаном используется 1,4-диаминобутан. Во второй части присоединение активных фармакофорных фрагментов к берберину реализовано через оксалилхлоридный линкер.

По итогам исследования синтезированы новые производные берберина, чья структура подтверждена с помощью ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопии, а также метода HRMS. Для полученных соединений планируется дальнейшее изучение биологической активности, которое будет проведено в Ростовском национальном медицинском исследовательском центре онкологии.

Литература

1. Нечепуренко И.В., и др. Берберин: химия и биологическая активность – Химия в интересах устойчивого развития, 2010 – Том 18 – № 1 – 1-23 с.
2. Zhang W.J. 9-Substituted berberine derivatives as G-quadruplex stabilizing ligands in telomeric DNA – Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2007 – Vol. 15 – No. 16 – 5493-5501 Pp.
3. Basu A. Synthesis of novel 9-ON-aryl/aryl-alkyl amino carbonyl methyl substituted berberine analogs and evaluation of DNA binding aspects – Bioorganic & medicinal chemistry, 2012 – Vol. 20 – No. 8 – 2498-2505 Pp.
4. Ma Y. 9-N-Substituted berberine derivatives: stabilization of G-quadruplex DNA and down-regulation of oncogene c-myc – Bioorganic & medicinal chemistry, 2008 – Vol. 16 – No. 16 – 7582-7591 Pp.

© Семенова А.С., Буров О.Н., Алешин В.А., Дряпак А.Н., 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИМЕТИЛМАЛЕАТА В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА 1,4-БУТАНДИОЛА

Скрипина С.С.¹, Пасько П.А.², Палатова Р.М.², Талипов Р.Ф.³¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия²ООО «Газохим Инжиниринг», Уфа, Россия³Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

1,4-бутандиол (1,4-БДО) является крупнотоннажным продуктом органического синтеза, широко применяемым в различных отраслях. Одна из промышленных схем, по которой осуществляется получение 1,4-БДО включает две последовательные стадии: этерификацию малеинового ангидрида (МАН) метанолом с образованием диметилмалеата (ДММ) и последующее каталитическое гидрирование полученного эфира.

Эффективность первой стадии определяется применяемым катализатором, однако отметим, что реакция между метанолом и малеиновым ангидридом проходит самопроизвольно до монометилмалеата (МММ) при нагревании (34,4 % масс. за 3 часа), для более глубокой этерификации необходимо применение катализатора. В настоящем исследовании применялись катализаторы Катионит ЭМ, Цеолит USY-BC (г. Ишимбай) и Ку-2-8 (Московская область)

Процесс этерификации проводили в трехгорлой колбе с магнитной мешалкой и обратным холодильником при следующих условиях: температура 65 °С, мольное соотношение метанол: малеиновый ангидрид = 4:1, массовая доля катализатора 5 % от реакционной массы. Контроль за накоплением диметилмалеата осуществляли методом газовой хроматографии.

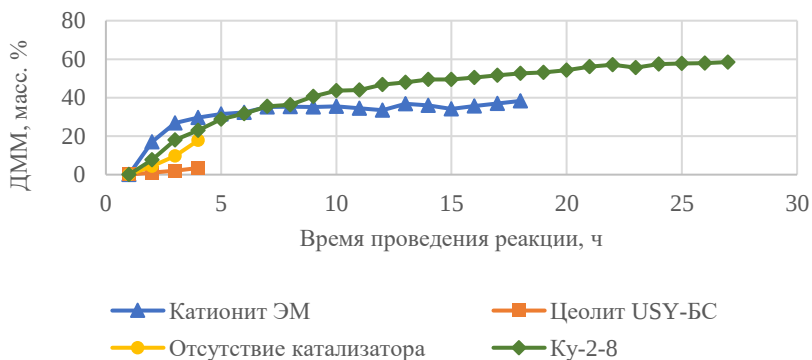


Рис. 1. Зависимость концентрации диметилмалеата (ДММ) от времени реакции

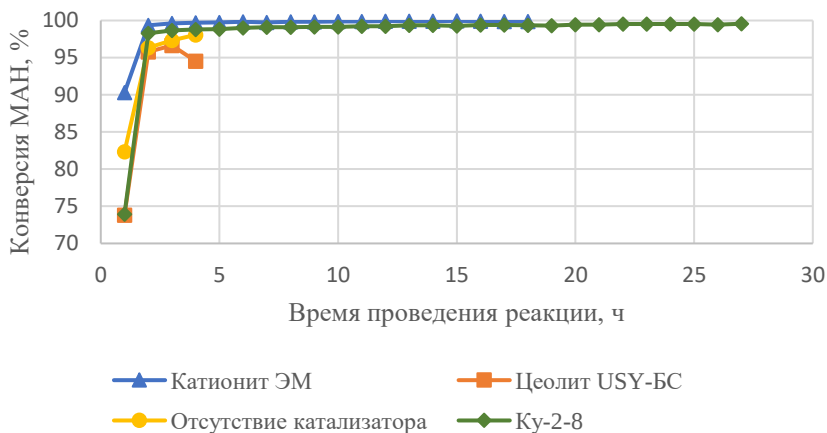


Рис. 2. Зависимость конверсии малеинового ангидрида от времени проведения экспериментов

На рис. 1 представлены зависимости концентрации ДММ от времени реакции в присутствии катализаторов Катионит ЭМ, Цеолит USY-BC и Ку-2-8, а также в отсутствии катализаторов.

Как видно из рисунка, проведение дальнейших экспериментов в отсутствии катализатора и с катализатором Цеолит USY-BC нецелесообразно, так как наблюдается медленное накопление диметилмалеата по сравнению с экспериментальными данными, полученными на катализаторе Катионит ЭМ и Ку-2-8. При этом на катализаторе Ку-2-8 максимальный массовый выход ДММ составляет 58% до достижения равновесия реакции, а на Катионит ЭМ – 37%.

Помимо скорости накопления ДММ, ключевым показателем эффективности является конверсия малеинового ангидрида (рис. 2). В рамках проведенных экспериментов на Катионите ЭМ и Ку-2-8 достигается практически полная конверсия МАН уже в первые часы реакции.

Полученные результаты позволяют рекомендовать Ку-2-8 в качестве эффективного гетерогенного катализатора для стадии этерификации в промышленном синтезе 1,4-бутандиола за счет высокого выхода ДММ и полной конверсии МАН.

Литература

1. Алиева С. Т. К. Получение моно- и диэфиров малеиновой кислоты этерификацией малеинового ангидрида. // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2023. – №. 1 (69). – С. 30-36.

© Скрипина С.С., Пасько П.А., Палатова Р.М., Талипов Р.Ф., 2026

УДК 547.917.

АДДУКТЫ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА ЛЕВОГЛЮКОЗЕНОНА И 1,3-ДИЕНОВ В РЕАКЦИИ С БРОМИСТЫМ АЛЛИЛОМ

Улмасбаева З.А., Халилова Ю.А., Овчинников М.Ю., Файзуллина Л.Х.

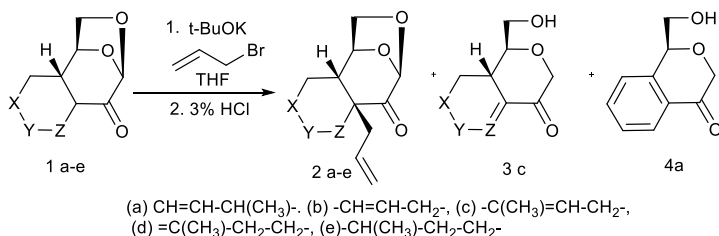
Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Трихотеценовые микотоксины представляют собой группу сесквитерпеноидных соединений, синтезируемых микроскопическими плесневыми грибами. Обладая широким спектром биологической активности, они являются ценными молекулами для тонкого органического синтеза [1]. Ранее нами был осуществлен синтез аналога одного из представителей данного класса соединений - веррукакрола [2]. В продолжении работы в этом направлении с целью синтеза ключевых соединений для аналогов трихотеценов, мы использовали аддукты Дильса-Альдера левоглюкозенона и 1,3-диенов.

Для проведения реакции присоединения бромид аллила к аддукту Дильса-Альдера левоглюкозенона и пиперилена, первоначально были определены оптимальные условия. Исследование показало, что наиболее благоприятными условиями для проведения реакции являются использование трет-бутилата калия в качестве основания и растворителя тетрагидрофурана.

Используя подобранные условия, мы осуществили ряд превращений и на других аддуктах Дильса – Альдера и 1,3-диенах (Схема 1).

Схема 1



Таким образом, синтезированы α -аллилпроизводные аддуктов Дильса-Альдера левоглюкозенона и 1,3-диенов. Полученные соединения представляют собой ценные строительные блоки для разработки аналогов трихотеценовых сесквитерпенов.

Работа выполнена по теме госзадания № 125020601627-6.

Литература

1. McPhail A. T., Sim G. A. // J. Chem. Soc. C. – 1966. – P. 1394-1406.
2. Faizullina L. Kh., Khalilova Yu. A., Karamysheva L. Sh., Salikhov Sh. M., Valeev F. A. // Mendeleev Commun. – 2022. – V. 32. – P. 546-548.

© Улмасбаева З.А., Халилова Ю.А., Овчинников М.Ю.,
Файзуллина Л.Х., 2026

СИНТЕЗ И *IN SILICO* ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НОВЫХ 4,5,6,7-ТЕТРАГИДРОТИЕНО[2,3-В]ПИРИДИНОВ

Хагур Т.Р.¹, Цымбал Т.Л.¹, Хомякова А.А.¹, Даус Е.С.¹, Левченко А.Г.¹,
Дахно П.Г.¹, Доценко В.В.¹⁻³

¹Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

²Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

³Лаборатория "Химэкс", Луганский государственный университет
имени Владимира Даля, Луганск, Россия

На основе доступных 1,4,5,6-тетрагидропиридин-2-тиолатов N-метилморфолина **1** [1, 2] были синтезированы ранее не описанные в литературе тетрагидротиенопиридины **2**. Реакция тиолатов **1** с α -галогенкарбонильными соединениями протекает в присутствии избытка спиртового раствора КОН по типу реакции Торпа-Циглера [3] (Рисунок 1).

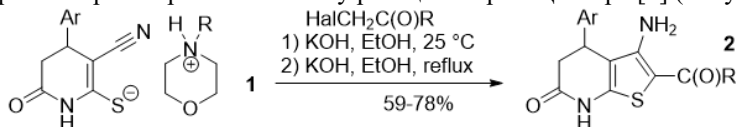


Рис. 1. Схема синтеза новых 4,5,6,7-тетрагидротиено[2,3-б]пиридинов

Строение соединений подтверждено комплексом спектральных данных (ИК- и ЯМР-спектроскопия). Для всех новых 4,5,6,7-тетрагидротиено[2,3-б]пиридинов **2** был сделан предикторный расчет *in silico* с целью поиска возможных мишеней с помощью сервисов ADMETSar 3.0, GUSAR, Проведен расчет гастроинтестинальной абсорбции, вероятности проникновения через гематоэнцефалический барьер, пероральной биодоступности. Были спрогнозированы вероятные протеиновые мишени с использованием протокола протеин-лигандного докинга GalaxyWeb Sagittarius для синтезируемых соединений (Рисунок 2). Выявленные мишени относятся к классам протеаз (фактор Ха, uPA, трипсин) и тирозинкиназных рецепторов (VEGFR2), и играют ключевую роль в процессах гемостаза, фибринолиза, ангиогенеза и протеолиза.

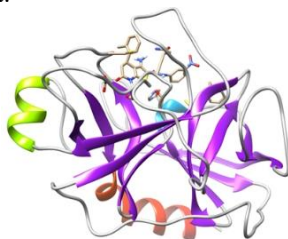


Рис. 2. Структура комплекса тиенопиридина **2** с трипсином 1 (PDB ID 1trn)

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № Н-25.1/27 «Синтез, строение и биологическая активность производных 4,5,6,7-тетрагидротиено[2,3-*b*]пиридина».*

Литература

1. Nesterov V.N., Krivokolysko S.G., Dotsenko V.V., Litvinov V.P. Russ. Chem. Bull. 1997, 46 (5), 990–996.
2. Dotsenko V.V., Frolov K.A., Pekhtereva T.M., Papaianina O.S., Suykov S.Y., Krivokolysko S.G. ACS Comb. Sci. 2014, 16 (10), 543–550.
3. Dotsenko V.V., Buryi D.S., Lukina D.Y., Krivokolysko S.G. Russ. Chem. Bull. 2020, 69 (10), 1829–1858.

© Хагур Т.Р., Цымбал Т.Л., Хомякова А.А., Даус Е.С.,
Левченко А.Г., Дахно П.Г., Доценко В.В., 2026

УДК 547.759.3

СИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДОКИНГ НОВЫХ
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ АНСАМБЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИЗАТИНА И
ПРОИЗВОДНЫХ КОЙЕВОЙ КИСЛОТЫ

Шраменко В.В.

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

Производные пирано[3,2-*b*]пирана – перспективный класс биологически активных гетероциклов, ингибирующих α -глюкозидазу и представляющих интерес для терапии сахарного диабета II типа [1, 2]. Производные индолин-2-она (оксиндола) обладают противосудорожной, антипролиферативной и нейропротекторной активностью. Создание гибридных молекул, объединяющих оба фармакофорных фрагмента в одной структуре, открывает возможность мультитаргетного воздействия, повышающего терапевтическую эффективность и снижающего риск резистентности [5, 6].

В данном исследовании разработан многостадийный метод синтеза ранее не описанных гетеродимеров на основе индолин-2-она и 2-амино-4-изатил-8-оксо-4,8-дигидропирано[3,2-*b*]пиран-3-карбонитрила.

α -Тиоцианатоацетофенон получен нуклеофильным замещением в фенолбромиде тиоцианатом калия (EtOH, 20 °C, выход 88–93% [3]). Его реакция с изатином в этилацетате в присутствии Et₃N (50–60 °C, 4–6 ч) даёт тиолат **1** (выход до 86%). S-Алкилирование тиолата **1** хлоркойевой кислотой в ДМФА приводит к гетеродимеру **2** (выход 78–84% [4]). На заключительной стадии соединение **2** вводили в трёхкомпонентную конденсацию с изатином и малонитрилом (Et₃N, EtOH, кипячение, 2–4 ч): реакция протекает как домино-процесс – конденсация Кнёвенагеля изатина с малонитрилом →

арилиденмалононитрил – циклизация Михаэля с участием тиоэфирного фрагмента и енольной формы койевой кислоты – с образованием целевого гетеродимера **3**.

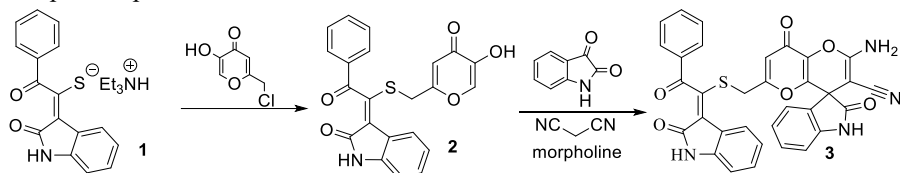


Рис. 1. Схема синтеза гетеродимера **3**

Для оценки биологического потенциала синтезированного соединения **3** был проведен расширенный *in silico*-скрининг с использованием программного комплекса SAGITTARIUS-AF и баз данных PDB и AlphaFold. В ходе молекулярного докинга были определены пять наиболее вероятных биологических мишеней, связанных с онкологическими процессами:

ST14 (матриптаза): выявлено наиболее сильное родство ($\Delta G_{\text{bind}} = -29.7$ ккал/моль). Эта протеаза играет ключевую роль в активации HGF/c-Met-сигналинга, способствующего метастазированию опухолей.

KEAP1: регулятор антиоксидантного ответа NRF2 ($\Delta G_{\text{bind}} = -25.7$ ккал/моль), что указывает на возможность модуляции окислительного стресса в раковых клетках.

Фактор свёртывания F7: протеаза коагуляции ($\Delta G_{\text{bind}} = -24.4$ ккал/моль). Ингибирование мешает опухолям использовать механизмы коагуляции для защиты иммунной системы и создания собственной сети кровеносных сосудов.

Bcl-xL: критический антиапоптотический регулятор ($\Delta G_{\text{bind}} = -21.9$ ккал/моль), ингибирование которого может стимулировать гибель опухолевых клеток.

RPA1: белок, стабилизирующий одноцепочечную ДНК ($\Delta G_{\text{bind}} = -19.4$ ккал/моль), необходимый для выживания клеток при репликативном стрессе. Подавление этой мишени лишает быстро делящиеся раковые клетки способности восстанавливать свою ДНК.

Полученные данные позволяют рассматривать соединение **3** как перспективный мультитаргетный антионкологический агент. Высокие значения энергии связывания с ключевыми белками-мишенями делают целесообразным проведение дальнейшего биологического скрининга *in vitro* для подтверждения выявленной активности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 25–23–01099.

Литература

1. Ojaghi Aghbash K. // Res. Chem. Intermed. 2019. Vol. 45. P. 4543–4568.
2. Sherafati M. et al. // Bioorg. Chem. 2021. Vol. 109. 104703.
3. Kindop V.K. et al. // Chem. Heterocycl. Compd. 2024. Vol. 60. P. 345–352.
4. Shirzaei F. et al. // Tetrahedron Lett. 2025. Vol. 142. 154311.
5. Lu Y. et al. // Eur. J. Med. Chem. 2017. Vol. 126. P. 259–268.
6. Shehab W.S. et al. // Arab. J. Chem. 2011. Vol. 4. P. 307–314.

© Шраменко В.В., 2026

УДК 547.571

РЕАКЦИЯ ЦИС-КОРИЧНОГО АЛЬДЕГИДА С БЕНЗОЛОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ TaCl_5 и Mg

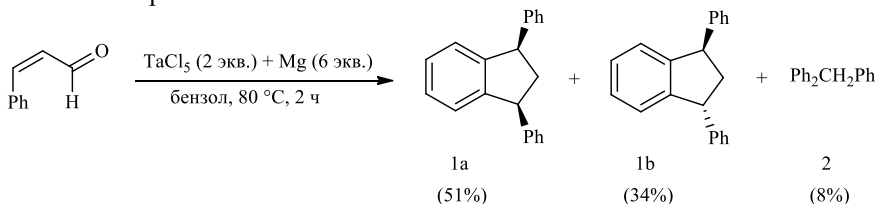
Юлбарисов А.Б.^{1,2}, Габдуллин А.М.¹, Кадикова Р.Н.¹, Рамазанов И.Р.¹

¹Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Производные индана обладают широким спектром биологической активности, включая противоопухолевую, противоаллергическую, противосудорожную, гербицидную, фунгицидную и другие[1]. Кроме того, соединения, содержащие индановый мотив, являются перспективными кандидатами на роль нелинейно-оптических материалов. В связи с этим разработка новых эффективных методов синтеза производных индана представляет значительный научный интерес.

Недавно нами был разработан одnoreакторный метод получения 1,1-бифенилалканов на основе реакции арилирования алифатических альдегидов бензолом под действием системы реагентов TaCl_5 –Mg[2]. В данной работе изучено взаимодействие *цис*-коричного альдегида с бензолом в присутствии аналогичной системы реагентов – TaCl_5 –Mg. Установлено, что кипячение в течение 2 ч *цис*-коричного альдегида с бензолом, пентахлоридом тантала(V) (2 экв.) и металлическим магнием (6 экв.) сопровождается образованием 1,3-дифенил-2,3-дигидро-1*H*-индена в виде смеси двух диастереомеров **1a** и **1b**. Структуры полученных продуктов однозначно подтверждены данными РСА и ЯМР-спектроскопии.



Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FMRS-2025-0029.

Литература

1. Shiohara H., et. al. Discovery of novel indane derivatives as liver-selective thyroid hormone receptor β (TR β) agonists for the treatment of dyslipidemia // Bioorganic & medicinal chemistry. – 2012. – Т. 20. – №. 11. – С. 3622-3634.
2. Gabdullin A.M., et. al. Arylation of aldehydes under the influence of tantalum (V) chloride and magnesium // Inorg. Chim. Acta. – 2025. – Т. 578. – С. 122540.

© Юлбарисов А.Б., Габдуллин А.М., Кадикова Р.Н.,
Рамазанов И.Р., 2026

УДК 665.6.033

СУЛЬФИРОВАНИЕ АСФАЛЬТЕНОВ ВЫСОКОСМОЛИСТОЙ НЕФТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕАГЕНТА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Юлуева З.Б., Бикмеева А.Х., Ширяева Р.Н.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия*

Разработка реагентов для буровых растворов остается актуальной задачей нефтедобычи. Перспективным сырьем для получения функциональных добавок являются асфальтены тяжелых нефтей, обладающие высокой реакционной способностью и развитой ароматической структурой [1]. В работе получен сульфированный реагент на основе асфальтенов высокосмолистой нефти. Асфальтены выделяли методом SARA-анализа [2], после чего проводили их обработку концентрированной серной кислотой при различных соотношениях реагентов и температурах. Полученные продукты нейтрализовали и высушивали.

Структурные изменения оценивали методом ИК-спектроскопии в диапазоне 4000–400 см⁻¹ [3–4]. Для модифицированного образца установлено появление полос 1078 и 997 см⁻¹, соответствующих S=O-связям, а также увеличение интенсивности области О-Н-групп, что свидетельствует о введении кислород- и серосодержащих функциональных групп. Расчет спектральных коэффициентов показал снижение алифатичности и рост окисленности и осерненности продукта по сравнению с исходными асфальтенами.

Полученные результаты подтверждают возможность использования асфальтенов высокосмолистой нефти как сырья для синтеза реагентов буровых растворов.

Литература

1. Бикмеев Д.М., Бикмеева А.Х., Бадикова А.Д. Физико-химические свойства асфальтенов. – У.: Азтерна, 2024. – 110 с.

2. Сафина И.Р., Ибрагимова Д.А., Яушев Э.А. Применение метода SARA-анализа для характеристики нефтяных дисперсных систем // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 4. – С. 212-213.
3. Соколова Д.А., Бикмеева А.Х., Куляшова И.Н. Сравнительные исследования физико-химических характеристик сульфированных асфальтенов // Актуальные проблемы науки и техники: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Уфа, 07-11 апреля 2025 г.) / под ред. И.Г. Ибрагимова. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2025. – С. 207-209.
4. Идрисов Д.Р., Бадикова А.Д., Бикмеева А.Х., Борисов И.М. Качественный анализ сульфированного асфальта // Большая химия: сборник материалов II Международной молодежной научно-технической конференции (Уфа, 03 декабря 2024 г.) / под ред. П.Н. Шадринной. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2024. – С. 117.

© Юлueva З.Б., Бикмеева А.Х., Ширяева Р.Н., 2026

УДК 665.6.033

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТА НУ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ 4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3 ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА

Ярмухаметов Д.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

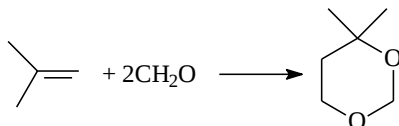
Синтетический каучук является одним из важнейших материалов в мире; его используют в изготовлении пластмасс, клеев, герметиков, шин и в резиновой промышленности.

Мономером синтетического каучука является изопрен. Существует два распространенных метода получения изопрена: дегидратация C₅-фракций нефти и «диоксанный» метод [1].

«Диоксанный» метод реализован на предприятиях ООО «Тольяттикаучук», ПАО «Нижнекамскнефтехим». Метод основан на реакции Принса - электрофильном присоединении альдегидов или кетонов к алкенам [2]. Особенностью этой реакции является то, что существует несколько путей ее протекания: образование непредельного спирта или 1,4-диоксана, что влечет за собой ограничение в селективности образования 1,4-диоксана не более 70%. Это связано с равновесием в водной среде мономера формальдегида и его олигомера, так как из мономера образуется в основном, непредельный спирт и другие продукты, а из олигомеров - диоксан. Ранее, с привлечением теории конфигурационного подобия, было показано, что вовлечение в реакцию олигомеров формальдегида и, как следствие, повышение селективности образования 1,4-диоксанов может быть достигнуто путем стабилизации переходного состояния реакции в порах микропористого материала [3]. Позже это было подтверждено на практике [4].

Целью работы является оптимизация селективности 4,4-диметилдиоксана-1,3 (ДМД) с помощью применения цеолита НУ.

В работе использовали 38% раствор формальдегида, стабилизированный 2% фосфорной кислоты и жидкий изобутилен. Эксперимент проводили в реакторе проточного типа.



Условия: $\text{HCHO}:\text{C}_4\text{H}_8 = 2:1$, $p=1$ атм., $\text{ОСПС}=1\text{ ч}^{-1}$

Как видно по графику (рисунок 1) оптимальной температурой проведения реакции является 120 °С.

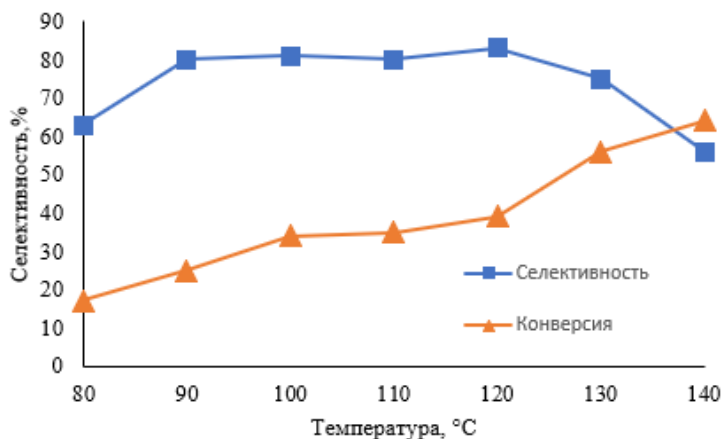


Рис. 1. Зависимость селективности ДМД и конверсии формальдегида от температуры

Таким образом, максимальное значение селективности образования ДМД- 83% достигается при температуре 120°С.

Литература

1. Тухватшин В.С., Насыров И.Ш., Беланогов И.А., Талипов Р.Ф. Синтез изопрена. Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. 72 с.
2. Prins H.J. On the Condensation of Formaldehyde with some Unsaturated Compounds // KNAW, Proceedings, 22 I, 1919-1920, Amsterdam, 1919, pp. 51-56
3. Вакулин И.В., Пасько П.А., Талипов Р.Ф., Талипова Г.Р., Купова О.Ю. Влияние диаметра пор цеолитов на величину энергии активации образования 4-алкил-1,3-диоксанов по реакции Принса // Кинетика и катализ. 2019. Т. 60. № 3. С. 340-345.
4. Латыпов, А. Х. Влияние силикагелей марок АСКГ и ШСМГ на селективность образования 4,4-диметил-1,3-диоксана // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 7. – С. 57-60.

© Ярмухаметов Д.А., 2026

СЕКЦИЯ
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТЕНОВЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ ИНГИБИТОРОВ АСПО

Абдулгалимова А.Р., Соколова Д.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

Уфа, Россия

Асфальтеносмолопарафиновые отложения являются одной из распространенных причин осложнений при добыче и транспортировке нефти. Для снижения риска их образования применяются ингибиторы, влияющие на структуру нефтяных дисперсных систем и процессы агрегации асфальтенов [1].

В работе исследована возможность использования инфракрасной спектроскопии для оценки действия ингибиторов АСПО на модельные растворы асфальтенов в толуоле [2-3]. Устойчивость системы изучали методом титрования гексаном, вызывающим дестабилизацию раствора и выпадение асфальтеновой фазы. Показано, что введение ингибитора сопровождается изменением спектральных соотношений характеристических полос, связанных с ароматическими и алифатическими фрагментами, а также межмолекулярными взаимодействиями в системе. Это свидетельствует о перестройке асфальтеновых ассоциатов в растворе.

Для количественной оценки использовали точку onset, соответствующую началу интенсивной агрегации асфальтенов. Установлено, что в присутствии ингибитора onset смещается в область больших добавок осадителя, что указывает на повышение устойчивости системы.

Полученные результаты подтверждают перспективность ИК-спектроскопии как экспрессного метода сравнительной оценки и подбора ингибиторов АСПО.

Литература

1. Бикмеев Д.М., Бикмеева А.Х., Бадикова А.Д. Физико-химические свойства асфальтенов. – У.: Аэтерна, 2024. – 110 с.
2. Бикмеев Д.М., Бикмеева А.Х., Дубровский Д.И., Бадикова А.Д. Применение ИК-спектроскопии и PLS-регрессии для количественного анализа модельных растворов асфальтенов в толуоле // Вестник Башкирского университета. – 2025. – № 4. – С. 236-241.
3. Кувшинов А.С., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М. Прогнозирование содержания асфальтенов с помощью ИК-спектроскопии и метода PLS-регрессии // Достижения молодых ученых: химические науки: сборник тезисов X Всероссийской молодежной конференции (Уфа, 22-23 мая 2025 г.) / под ред. Р.М. Ахметханова. – Уфа: Изд-во УУНиТ, 2025. – С. 185-186.

© Абдулгалимова А.Р., Соколова Д.А.,
Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М., 2026

ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Афанасьева А.К., Кружалов Я.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.
*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия*

Пенообразователи являются важным элементом противопожарной защиты объектов нефтегазового комплекса. Их эффективность определяется составом и сохранностью свойств в процессе хранения и эксплуатации. Традиционный контроль качества обычно основан на определении отдельных нормативных показателей и не всегда позволяет оперативно выявлять разбавление, деградацию или несоответствие продукции.

В работе предложен подход к экспресс-контролю качества пенообразователей с использованием инфракрасной спектроскопии. Исследованы 10 промышленных образцов, для которых дополнительно определяли плотность, вязкость, pH и кратность пены. ИК-спектры регистрировали в диапазоне $4000\text{--}1000\text{ см}^{-1}$.

Установлено, что семь образцов имеют близкие спектральные характеристики, соответствующие сходному химическому составу. Для трех образцов выявлены дополнительные полосы, характерные для азотсодержащих соединений, что указывает на различия рецептуры.

Показано, что спектральные коэффициенты коррелируют с физико-химическими и технологическими свойствами образцов. Построены модели прогнозирования с относительной ошибкой не более 8 %.

Предложенный подход может использоваться для быстрого и объективного контроля качества пенообразователей и снижения затрат на лабораторные испытания.

Литература

1. Шентяпин Д.С., Баранов Е.В., Архипов Е.Е., Степаненко Я.С. Исследование пенообразующих свойств смесей анионных ПАВ при разработке рецептур пенообразователей типа S для тушения пожаров // Пожарная безопасность. – 2025. – № 3. – С. 92-99.

© Афанасьева А.К., Кружалов Я.А., Бикмеева А.Х.,
Бикмеев Д.М., 2026

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК ИНДИКАТОРА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Боброва С.В., Юртанова Е.С., Кускова И.С.

ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Томский государственный университет", г. Томск, Россия

Снежный покров является эффективным накопителем атмосферных загрязнителей, включая тяжелые металлы, и используется для оценки техногенной нагрузки на городскую среду. Целью работы является сравнительный анализ содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn) в снежном покрове в зонах влияния различных антропогенных источников: автомагистрали и вентиляционных выбросов химического факультета.

Отбор проб проводили в марте 2026 года. Точки отбора: у автомагистрали (П-1) и у двух вентиляционных вытяжек на территории химического факультета (П-2, П-3). Отбор осуществляли на всю глубину снежного покрова.

Пробоподготовка включала следующие этапы. Пробы таяли при комнатной температуре в закрытых стеклянных стаканах. Раствор фильтровали через бумажный фильтр "белая лента" для отделения крупных механических примесей. Фильтрат (талая вода) выпаривали досуха на электроплитке в фарфоровых чашках. Сухой остаток смешивали с графитовым порошком-буфером: в соотношении 1:10 для определения микроэлементов и 1:100 для определения макроэлементов. Анализ полученных смесей проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с дуговым источником возбуждения (АЭС-ДГ) на многоканальном анализаторе эмиссионных спектров. Твердую фазу (осадок на фильтре) в данной работе не анализировали.

Предложенная схема пробоподготовки позволяет оценить загрязнение, связанное с растворенными формами металлов, аккумулированными в снеге. В дальнейшем планируется анализ твердой фракции для получения полной картины загрязнения снежного покрова. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа снежного покрова методом АЭС

С, мкг/ г	П-1	П-2	П-3
Ag	0,00054±0,00005	0,00026±0,00003	0,000183±0,000019
Al	0,069±0,007	0,02325±0,0019	0,0039±0,0004
Ba	0,0044±0,0004	0,00198±0,00019	0,00082±0,00008

Ca	5,2±0,5	0,74±0,07	0,32±0,03
Cd	0,00000022±0,0000002	0,0000001±0,00000005	0,0000002±0,00000001
Co	-	4E-05±4E-04	9E-06±9E-05
Cr	0,000149±0,000019	0,000152±0,000019	4E-05±4E-04
Cu	0,00129±0,00013	0,00129±0,00013	0,00071±0,00007
Fe	0,075±0,008	0,034±0,003	0,0033±0,0003
Mg	0,33±0,03	0,109±0,013	0,056±0,005
Mn	0,0098±0,0009	0,0018±0,0002	0,00103±0,00013
Mo	-	0,0012±0,0001	0,000166±0,000019
Ni	-	0,012±0,001	0,00091±0,00009
Sb	0,00139±0,00013	6E-05±6E-04	3E-05±3E-04
Si	0,092±0,009	0,31±0,03	0,0213±0,0019
Sn	-	2E-05±2E-04	4E-06±4E-05
Ti	-	0,00119±0,00013	0,000148±0,000013
W	-	0,00114±0,00013	8E-05±8E-04
Zn	-	0,0228±0,0019	0,0097±0,0009
Zr	0,0000179±0,0000019	3E-05±3E-04	2E-06±2E-05

В результате анализа сухого остатка талой воды установлено, что в пробе у автомагистрали (П-1) зафиксированы максимальные концентрации Ca, Al, Fe, Mg. В пробах у вентиляционных вытяжек (П-2, П-3) – повышенные содержания Si, Zn, Ni, Mo, W. Концентрации Cd, Pb, Ni, Cr во всех точках не превышают ПДК. Отсутствие значимых количеств Pb и Cu в придорожной пробе может объясняться их связыванием с твердыми частицами, задержанными при фильтрации.

Литература

1. Трифонова, Т. А. Оценка токсичности снежного покрова придорожных территорий г. Владимир / Т. А. Трифонова, Ю. Н. Курбатов, И. Н. Курочкин, Н. Г. Максимова // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2022. – № 6. – С. 46–56.
2. Traxler, L. Metal adaptation and transport in hyphae of the wood-rot fungus *Schizophyllum commune* / L. Traxler, J. Shrestha, M. Richter, K. Krause, T. Schafer, E. Kothe // Journal of Hazardous Materials. – 2022. – Vol. 425. – 127978.

© Боброва С.В., Юртанова Е.С., Кускова И.С., 2026

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ ПРОИЗВОДНОЙ ПОЛИАНИЛИНА НА ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Булатов А.В., Андреев А.А., Ушаков В.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В современной электронике особое внимание уделяется проводящим полимерам, среди которых производное полианилина занимает лидирующее положение благодаря высокой стабильности, простоты синтеза и уникальной способности изменять свои свойства при допировании [1-5].

Мы изучили как изменение скорости вращения подложки при нанесении производной полианилина влияет на вольт-амперные характеристики (ВАХ) получаемых образцов. Были опробованы четыре режима: 400, 800, 1000 и 1200 об/мин.

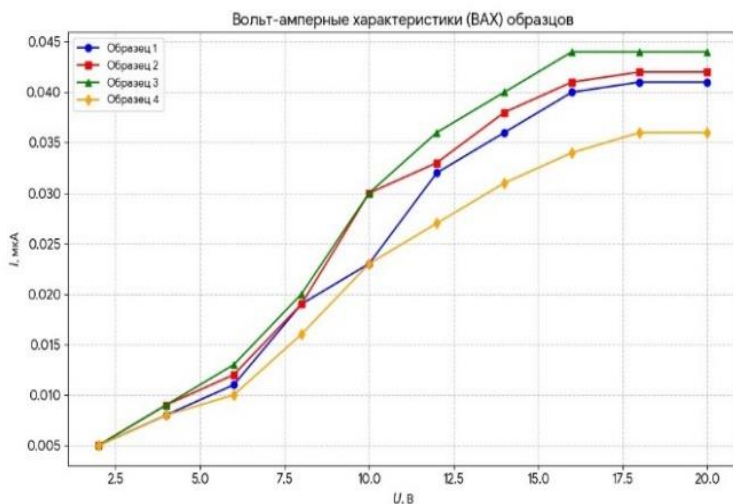


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики 4 образцов

Скорость вращения влияет на толщину, морфологию и плотность упаковки слоя, что влияет на проводимость

При самом низком напряжении (2 В) все образцы показали одинаковый ток – 0,005 мкА, в слабом поле различия не видны. Однако по мере роста напряжения картина меняется. Лучшую проводимость продемонстрировал образец №3 (1000 об/мин): при 20 В его ток достиг 0,044 мкА – это максимальное значение всех образцов. Худший результат оказался у образца №4 (1200 об/мин) – всего 0,036 мкА при 20 В. Образцы №1 и №2 заняли промежуточное положение (0,041 и 0,042 мкА соответственно).

Оптимальной скоростью вращения подложки для производной полианилина в данных условиях является 1000 об/мин. Дальнейшее повышение скорости приводит к ухудшению свойств.

Литература

1. Сафаргалин, И.Н., Бадретдинов, Б.Р., Салихов, Р.Б. Исследование влияния окружающей среды на электрофизические свойства PANI (газовых камер с перчатками из полианилина) // [б. и.], 2024, pp. 221–223.
2. Салихов Р.Б., Бабунова М.В., Тергулов Т.Б., Кулиш Е.И., Салихов Т.Р., Сафаргалин И.Н., Остальцова А.Д. Материалы на основе хитозана и наночастиц йодида серебра в качестве подложки для органического тонкопленочного фоторезистора // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2026. – № 3. – С. 41-48.
3. Салихов Р.Б., Бабунова М.В., Салихов Т.Р., Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н., Остальцова А.Д. Исследование нанокompозитных тонкопленочных сенсорных материалов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2025. – Т. 91, № 11. – С. 41-48.
4. Kotsuki K., Tanaka H., Obata S. The importance of spinning speed in fabrication of spin-coated organic thin film transistors: Film morphology and field effect mobility // Applied Physics Letters, 2014, v. 104, No. 23, pp. 233306
5. Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б. Фототранзисторы на тонких пленках фуллерена C60 и спиропирана // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании, 2022, с.104

© Булатов А.В., Андреев А.А., Ушаков В.В., 2026

УДК 543.552.054.1

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРЕПАРАТОВ ТИМОЛОЛА С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Булышева Е.О., Мадиярова Г.Б.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Цифровые вольтамперометрические системы типа «электронный язык» [1-6] представляют собой одно из наиболее перспективных направлений в фармацевтическом анализе благодаря своей экспрессности, низкой стоимости и возможности проводить анализ на месте отбора пробы. Такие системы основаны на использовании неселективных или малоселективных сенсоров с высокой перекрестной чувствительностью ко всем компонентам препарата. Это создает уникальный «электрохимический отпечаток» образца, на основе которого можно провести качественный и количественный анализ с использованием элементов искусственного интеллекта (нейронных сетей, метода главных компонент, метода частичных наименьших квадратов, нечеткой логики и т. д.). Вольтамперометрические системы эффективно решают задачи идентификации производителей фармацевтических препаратов, выявления фальсифицированной продукции и образцов с истекшим сроком годности.

В данной работе предлагается цифровая вольтамперометрическая система, предназначенная для идентификации лекарственных средств на основе действующего вещества тимолола. Аналитическая платформа включает три композитных сенсора, модифицированных полиэлектrolитным комплексом хитозана N-сукцинил-хитозана (ПЭК) и цеолитами (FAU, AFI и CHA). Объектами исследования были выбраны фармацевтические препараты семи производителей: Окупрес-Е (АО «Кадила Фармасьютикалз Лимитед», Индия), Тимолол Реневал (АО «ПФК Обновление», Россия), Тимолол Солофарм («Гротекс ООО», Россия), Окумед (АО «Сентисс Фарма Пвт. Лтд» Индия), Тимолол-ДИА (АО «ДИАФАРМ Институт молекулярной диагностики», Россия), Тимолол МЭЗ (АО «Московский эндокринный завод», Россия), Тимолол Белмедпрепараты (АО «Белмедпрепараты», Беларусь).

Исследования проводили методом дифференциальной импульсной вольтамперометрии (ДИВ). Незначительные различия в вольтамперограммах, обусловленные вспомогательными компонентами препаратов, примесями и природой цеолита, не позволяют провести надежную идентификацию производителя. Для выявления сходств и различий между лекарственными средствами разных производителей была применена хемометрическая обработка данных ДИВ с использованием метода главных компонент (МГК, PCA) и SIMCA-классификации. Результаты анализа показали, что системы, содержащие один или два сенсора, дают неудовлетворительные результаты при идентификации препаратов тимолола: соответствующие кластеры на плоскости главных компонент пересекаются, что не позволяет надежно разделить образцы по производителю. Использование **трехсенсорной системы** приводит к формированию непересекающихся кластеров, что свидетельствует о высокой дискриминационной способности мультисенсорного подхода. Для количественной оценки надежности идентификации была проведена SIMCA-классификация, позволившая рассчитать доли тестовых образцов, правильно отнесенных к соответствующим образцам сравнения. Трехсенсорная система обеспечивает 100% правильной классификации, что соответствует современным требованиям фармацевтического анализа к чувствительности и специфичности методов контроля подлинности препаратов.

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

Литература

1. Voltammetric electronic tongue for identification of naproxen pharmaceuticals by manufacturer / R. A. Zilberg, E. O. Bulysheva, Y. B. Teres [et al.] // *Chimica Techno Acta*. – 2025. – Vol. 12, No. 2. – P. 12204.
2. Вольтамперометрическая мультисенсорная система на основе модифицированных полиарилефталатами стеклогуглеродных электродов для распознавания и

определения варфарина / Р. А. Зильберг, Ю. А. Яркаева, Д. И. Дубровский [и др.] // Аналитика и контроль. – 2019. – Т. 23, № 4. – С. 546-556.

3. A chiral Ni(II) complex immobilized on Carboblack C as a readily available and effective enantioselective voltammetric sensor for recognition of atenolol enantiomers in real samples / R. A. Zil'berg, Y. B. Teres, E. O. Bulysheva [et al.] // *Electrochimica Acta*. – 2025. – Vol. 529. – P. 146309.

4. Voltammetric identification of insulin and its analogues using glassy carbon electrodes modified with polyarylenephthalides / R. A. Zil'berg, Y. A. Yarkaeva, E. I. Maksyutova [et al.] // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2017. – Vol. 72, No. 4. – P. 402-409. Voltammetric identification of antiarrhythmic medicines using principal component analysis / A. V. Sidel'nikov, R. A. Zil'berg, Y. A. Yarkaeva [et al.] // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2015. – Vol. 70, No. 10. – P. 1261-1266.

5. Voltammetric Sensors and Sensor System Based on Gold Electrodes Modified with Polyarylenephthalides for Cysteine Recognition / Y. A. Yarkaeva, D. I. Dubrovskii, R. A. Zil'berg, V. N. Maistrenko // *Russian Journal of Electrochemistry*. – 2020. – Vol. 56, No. 7. – P. 544-555.

© Булышева Е.О., Мадиярова Г.Б., 2026

УДК 543.552:663.93

ONE-LEAVE-OUT АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ПОРТРЕТОВ ВОЛЬТАМПЕРОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ СТАРЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

Васенина Н.А., Мигранова В.Р., Гареев И.А., Баширова З.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Растворимый кофе представляет собой сложную многокомпонентную систему, включающую органические кислоты, фенольные соединения, алкалоиды и минеральные вещества [1]. При хранении в растворённом виде протекают процессы окисления, полимеризации фенольных соединений и комплексообразования с ионами металлов. Традиционные методы анализа позволяют отслеживать концентрации отдельных компонентов, но не дают интегральной картины старения. В данной работе предложен метод one-leave-out в сочетании с темпоральным PCA (tPCA) для количественной оценки вклада каждого временного этапа в формирование спектрального портрета раствора [2, 3].

Исследовано восемь сортов растворимого кофе (Ambassador, Bushido, Jacobs, Jacobs Gold, Jacobs Monarch, Moccona, Nescafe, Tchibo Gold). Навеску 2.0 г растворяли в 200 мл дистиллированной воды и выдерживали при комнатной температуре в открытом стакане в течение четырёх суток. Измерения проводили ежедневно с использованием мультисенсорной системы «электронный язык» (электроды: Cu, Fe, нержавеющая сталь, Al; противоелектрод – стеклоуглерод). Регистрировали вольтамперограммы в диапазоне от –1.2 до +1.2 В (скорость развёртки 2 В/с, 481 точка на цикл). Суммарный массив – 1600 измерений на сорт [4].

Для каждого сорта формировали цельную базу (4 дня $\times$ 400 измерений) и четыре усечённых базы, из которых последовательно исключали по одному дню. К каждой базе применяли tPCA (объекты – точки напряжения, признаки – измерения) с последующим частотным анализом счетов ГК4–ГК100 (SNR $\geq$ 6 дБ). Вклад дня d определяли как множество частот, присутствующих в цельной базе, но исчезающих при удалении данного дня. Дополнительно выделяли уникальные частоты, появляющиеся только в один конкретный день.

Установлено, что основная матрица растворов кофе характеризуется высокой спектральной стабильностью: доля фоновых частот составляет 92.5–97.0 %. Динамика появления новых частот носит выраженный сортоспецифический характер. Суммарное количество новых частот за четверо суток варьирует от 11 (Jacobs Gold) до 33 (Jacobs). Для большинства сортов выявлен характерный максимум спектральной активности на четвёртые сутки, что связывается с накоплением ионов металлов и образованием устойчивых металло-органических комплексов. Статистический анализ (критерий χ^2 , $\alpha = 0.05$) подтвердил неравномерность распределения новых частот по дням для сортов Jacobs, Jacobs Gold, Nescafe и Tchibo Gold.

Для каждого временного этапа формируется уникальный набор частотных характеристик – «спектральный автограф» процесса старения. Наблюдаемая обратная корреляция между долей фоновых частот и суммарной активностью сортов подтверждает состоятельность подхода. Предложенный метод открывает перспективы для идентификации сортов, исследования процессов деградации компонентов и разработки методов контроля свежести пищевой продукции.

Таблица

Сорт	Фоновых частот, %	Новых частот (сумма)	χ^2	p-значение
Jacobs Gold	97.0	11	8.45	0.004
Мосcona	96.0	21	1.09	0.296
Nescafe	95.2	25	5.33	0.021
Jacobs	95.1	33	5.12	0.023
Tchibo Gold	92.5	32	4.89	0.027

Литература

1. Flament I. Coffee Flavor Chemistry. Chichester: John Wiley & Sons, 2002. 424.
2. Vlasov Yu., Legin A., Rudnitskaya A., Di Natale C., D'Amico A. Nonspecific sensor arrays ("electronic tongue") for chemical analysis of liquids // Pure and Applied Chemistry. 2005. Vol. 77, № 11. P. 1965–1983.
3. Jolliffe I.T. Principal Component Analysis. 2nd ed. New York: Springer, 2002. 487 p.

4. Legin A., Rudnitskaya A., Vlasov Yu., Di Natale C., D'Amico A. Application of electronic tongue for quantitative analysis of mineral water and wine // *Electroanalysis*. 1999. Vol. 11, № 10–11. P. 814–820.

© Васенина Н.А., Мигранова В.Р., Гареев И.А., Баширова З.А., 2026

УДК 54

СРАВНЕНИЕ РЕАКЦИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ Sn(IV) С ПИРОКАТЕХИНОВЫМ ФИОЛЕТОВЫМ И ХРОМАЗУРОЛОМ S В ПРИСУТСТВИИ ПАВ

Веретенникова А.А., научный руководитель: к.х.н., доцент Працкова С.Е.
ФГБОУ ВО «ЧелГУ», г. Челябинск, Россия

Спектрофотометрическое определение ионов олова (IV) является доступной и стандартной методикой, однако с ростом требований к чувствительности определения необходимо её совершенствовать. В связи с этим проведено исследование реакций комплексообразования олова с пирокатехиновым фиолетовым и хромазуролом S в присутствии ПАВ, позволяющие снизить предел обнаружения.

Сняты спектры поглощения для комплексов олова (IV). Полученные данные сведены в таблицу 1. Максимум светопоглощения комплексообразования олова с пирокатехиновым фиолетовым наблюдается при $\lambda=580$ нм. Введение в систему неионногенного ПАВ (ОП-7) приводит к гиперхромному эффекту. Наибольший аналитический сигнал для комплекса олова с хромазуролом S достигается при $\lambda=540$ нм. При добавлении ЦПБ наблюдается батохромный сдвиг и гиперхромный эффект.

Таблица 1

Максимальные значения длин волн, оптической плотности и молярные коэффициенты поглощения

Состав комплекса	$A_{\max}$	$\lambda_{\max}$, нм	$\varepsilon \cdot 10^{-3}$, л/моль·см
Sn(IV)–ПКФ	0,418	580	5,200
Sn(IV) – ПКФ– ОП-7	0,739	580	9,200
Sn(IV) – ХАЗ	0,287	520	3,500
Sn(IV) – ХАЗ– ЦПБ	0,592	540	7,400

Проведена кинетика образования комплексов органических реагентов с оловом. В случае с пирокатехиновым фиолетовым при добавлении в раствор ОП-7 комплекс образуется в течение первых 20 минут и остается устойчивым в течение двух часов. Введение цетилпиридиний бромистого в комплекс олова с хромазуролом S приводит к мгновенному образованию комплекса и его устойчивости в течение 40 минут.

При определении оптимальных условий комплексообразования было выявлено, что оптимальный диапазон pH для образования комплекса Sn(IV)-ПКФ-ОП-7 составляет от 5 до 8. Это может быть связано с особенностями аналитико-активных групп ПКФ. При таких значениях pH происходит постепенная диссоциация фенольных групп ПКФ с образованием ионов водорода, что и приводит к увеличению поглощения в данной области [1]. Комплекс Sn(IV)-ХАЗ-ЦПБ образуется при pH=4. Смещение pH в слабокислую область вызывает уменьшение аналитического сигнала, что негативно сказывается на чувствительности метода. Данные представлены на рис.1 и рис.2.

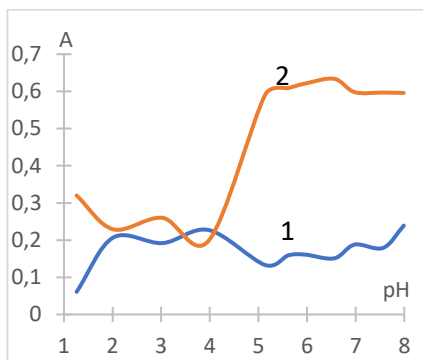


Рис. 1. Зависимость оптической плотности комплекса Sn (IV)-ПКФ-ОП-7 от pH

($\lambda = 580 \text{ нм}$, $l = 1 \text{ см}$; $C_{\text{Sn(IV)}} = 6,72 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, $C_{\text{ПКФ}} = 8,00 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, $C_{\text{ОП-7}} = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ М}$; pH=1,0 – 8,0: 1– ПКФ– ОП-7; 2 –Sn(IV) – ПКФ – ОП-7)

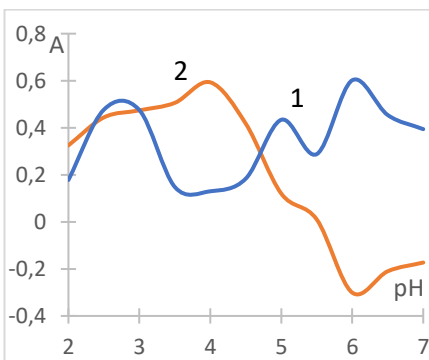


Рис. 2. Зависимость оптической плотности комплекса Sn (IV)-ХАЗ-ЦПБ от pH

($\lambda = 540 \text{ нм}$, $l = 1 \text{ см}$; $C_{\text{Sn(IV)}} = 1,00 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, $C_{\text{ХАЗ}} = 8,00 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, $C_{\text{ЦПБ}} = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ М}$; pH=2,0 – 7,0: 1– ХАЗ– ЦПБ; 2 –Sn(IV) – ХАЗ – ЦПБ)

Исходя из полученных данных можно сказать, что ПКФ предпочтительнее ХАЗ для спектрофотометрического определения олова, поскольку обеспечивает большую чувствительность определения, большую устойчивость комплекса во времени и более широкий оптимальный диапазон pH.

Литература

1. Иванов, В. М. Пирокатехиновый фиолетовый в спектрофотометрических и новых оптических методах / В.М. Иванов, Г.А. Кочелаева. – Текст: электронный // Успехи химии. – 2006. – Т. 75. – №. 3. – С. 283-296.

© Веретенникова А.А., 2026

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ
ТИРОЗИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНАТИОСЕЛЕКТИВНОГО
СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ОКТАЭДРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
КОБАЛЬТА (III)

Волкова А.А., Степанова П.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Экспрессность, высокая чувствительность и низкая стоимость делают вольтамперометрию с применением энантиоселективных сенсоров одним из лучших методов для хиральной идентификации энантиомеров биологически активных веществ. Среди большого многообразия хиральных селекторов наиболее интересны и перспективны комплексы переходных металлов с органическими хиральными лигандами [1-3].

В данной работе был разработан сенсор на основе пастового электрода из графитированной термической сажи CarboblackC, модифицированной октаэдрическим комплексом кобальта (III) ($\Lambda(\text{PF}_6)_3$ -1) с исключительной металлоцентрированной хиральностью для определения и распознавания энантиомеров тирозина (Tyr). Все вольтамперометрические измерения проведены в квадратно-волновом режиме (КВВ). Оптимальное соотношение компонентов сенсора составило 100:1 (СВ : $\Lambda(\text{PF}_6)_3$ -1 (по массе)), для регистрации наибольшей разницы в аналитических сигналах энантиомеров Tyr ($i_{\text{pD}}/i_{\text{pL}} = 1.60$ и $\Delta E_p = 12$ мВ). Вольтамперометрический отклик сенсора на тирозин линейен в интервалах от $2 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ М (D-Tyr) и от $3 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ М (L-Tyr). По результатам статистической обработки данных, предел обнаружения (3S-критерий) составил $4.77 \cdot 10^{-7}$ М и $8.02 \cdot 10^{-7}$ М, с нижними границами определяемых концентраций (10S-критерий) $1.59 \cdot 10^{-6}$ и $2.67 \cdot 10^{-6}$ для D- и L-тирозина соответственно. Кроме того, подтверждена стабильность сенсора при хранении в течение 20 суток при 4°C (периодичность контроля – раз в 5 дней).

Литература

1. Майстренко, В. Н. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры / В. Н. Майстренко, Г. А. Евтюгин, Р. А. Зильберг. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. – 189 с. – ISBN 978-5-7477-4754-8. – EDN SEWOBC.
2. Gizatov R. R., Teres Yu. B., Galimov M. N. [et al.]. Synthesis and Application of Chelate Complexes $[\text{Zn}(\text{L-arg})_2(\text{H}_2\text{O})]$ and $[\text{Zn}(\text{L-arg})_2(\text{H}_2\text{O})](\text{SO}_4)^{2-}$ as Chiral Selectors. – Russian Journal of Coordination Chemistry, 2025. – V. 51, No. 2, P. 119.
3. Zilberg R. A., Teres Y. B., Bulysheva E. O. [et al.]. A chiral Ni(II) complex immobilized on Carboblack C as a readily available and effective enantioselective voltammetric sensor for recognition of atenolol enantiomers in real samples. – Electrochimica Acta, 2025. – V. 529, P. 146309.

© Волкова А.А., Степанова П.А., 2026

В последнее десятилетие все большее внимание уделяется пористым материалам с определенной структурой пор, таким как: цеолиты и металлоорганические каркасы из-за их уникальной структуры и широкой возможности применения.

В 1995 г. Яги и др. [1] обнаружили уникальный класс пористых твердых материалов – металлоорганические каркасы (metal-organic frameworks, MOF). Они представляют собой пористые твердые материалы, построенные путем соединения ионов или кластеров металлов и органических линкеров. MOF – это кристаллический материал со сверхвысокой пористостью и большей площадью поверхности. В литературе описан ряд пористых хиральных кристаллов, которые не имеют асимметрического атома углерода, однако обладают супрамолекулярной хиральностью. Перспективными являются различные металлоорганические структуры за счет высокоразвитой поверхности и наличия упорядоченного порового пространства. Такие материалы могут представлять интерес для распознавания и разделения энантиомеров. В работе изучена способность MOFa $[(\text{H}_2\text{MPMD})_{5,5} (\text{H}_2\text{O})_x][(\text{Ge}_{10}\text{O}_{21}(\text{OH})_2)^*(\text{Ge}_7\text{O}_{14}\text{F}_3)]$ (далее SU-MB) к хиральному распознаванию энантиомеров лимонена и α -пинена в процессах адсорбции.

Металлоорганическая структура была получена методом гидротермального синтеза. Идентичность синтезированного MOFa литературным данным [2] подтверждалась методом порошковой рентгеновской дифракции. Топография поверхности визуализировалась методом сканирующей электронной микроскопии, показано, что синтезированная структура представляет собой частицы нерегулярной формы размером 10-50 микрон.

Образец MOF был исследован в условиях обращённой газовой хроматографии. Далее были рассчитаны значения равновесной адсорбции и парциального давления паров энантиомеров. В результате были получены и аппроксимированы изотермы адсорбции паров энантиомеров лимонена при температурах 110-160 °C и α -пинена при 90-130 °C. Изотермы были различны во всем диапазоне исследуемых температур для обоих тест-адсорбатов. Статистическая значимость различий изотерм адсорбции была установлена с помощью t-критерия. Максимальный коэффициент энантиоселективности составляет 1.07 для энантиомеров лимонена и 1.15 – для α -пинена. На рисунке 1 приведены изотермы адсорбции энантиомеров α -пинена при 90 и 120 °C.

Значимое различие в адсорбции энантиомеров на пористых кристаллах наблюдается во всем диапазоне парциальных давлений.

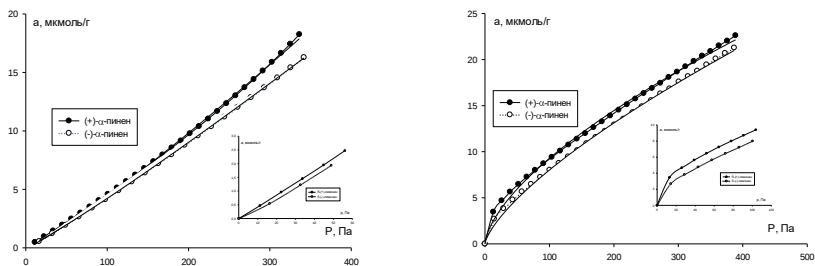


Рис. 1. Изотермы адсорбции энантиомеров α -пинена при а) 90 °С, б) 120 °С

Таким образом, в работе показано, что полученный в гидротермальных условиях MOF SU-MB, способен к хиральному распознаванию энантиомеров лимонена и α -пинена.

Литература

1. Yaghi O. M., Li G., Li H. Selective binding and removal of guests in a microporous metal–organic framework // Nature. – 1995. – Vol. 378. – P. 703–706.
2. Xiaodong Zou T. C., Miia Klingstedt, Mike S. Dadachov, Michael O’Keeffe. A mesoporous germanium oxide with crystalline pore walls and its chiral derivative // Nature. – 2005. № 437. – С. 716-719.

© Габдрахманова А.А., Шарафутдинова Ю.Ф., 2026 г.

УДК 543.544

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ИЗОСТЕРИЧЕСКИХ ТЕПЛОТ НА ЭНАНТИОМОРФНЫХ КРИСТАЛЛАХ ПРИ АДСОРБЦИИ

Габдрахманова А.А., Шарафутдинова Ю.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Энантиоморфные кристаллы кристаллизуются в одной из 65 хиральных пространственных групп симметрии Зонке. Их атомная структура не может быть совмещена со своим зеркальным отражением путем вращения или поступательного перемещения.

Энантиоморфные кристаллы, синтезированные в условиях созревания Виедмы показали способность к хиральному распознаванию ряда монотерпенов. Экспериментальные данные показали, что не все энантиоморфные кристаллы одинаково эффективны в хиральном распознавании и показывают разную энантиоселективность.

Чтобы прояснить, почему некоторые кристаллы проявляют большую энантиоселективность, в работе были изучены закономерности изменения изостерических теплот при адсорбции энантиомеров лимонена на кристаллах гиппуровой кислоты, цитозина, флороглюцина, γ -глицина и CsCuCl_3 .

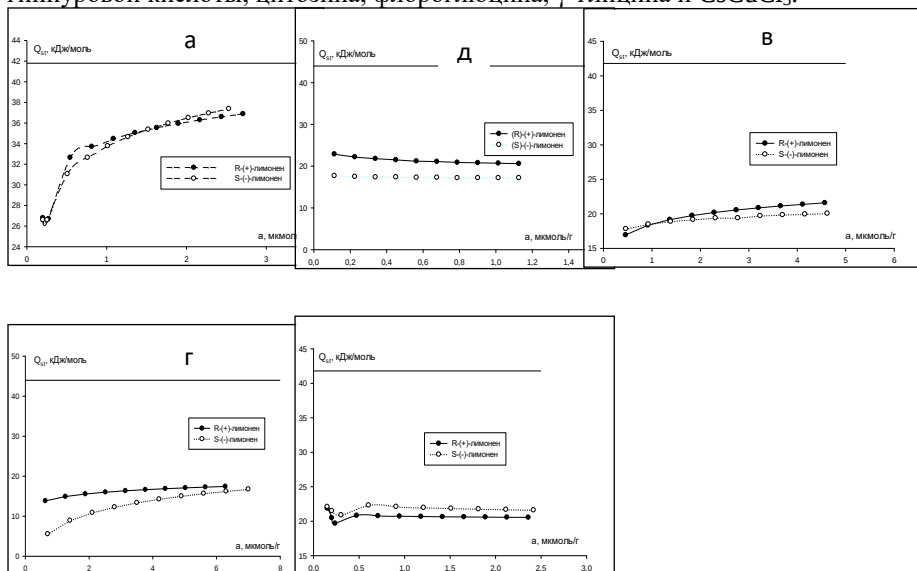


Рис. 1. Изостерические теплоты адсорбции при различных величинах адсорбции лимоненов на кристаллах а) гиппуровой кислоты, б) CsCuCl_3 , в) цитозина, г) γ -глицина, д) флороглюцина

Для изучаемых кристаллов были построены изотермы адсорбции лимоненов при различных температурах, из которых были рассчитаны изостерические теплоты адсорбции и определена максимальная энантиоселективность.

На рисунке 1 показаны изостерические теплоты адсорбции на изучаемых кристаллах при различных величинах адсорбции. Как видно из рисунка, на кристаллах гиппуровой кислоты, проявляющей наибольшую энантиоселективность ($\alpha=1.28$), наблюдается рост значений изостерических теплот с увеличением адсорбции. На кристаллах γ -глицина ($\alpha=1.1$) и цитозина ($\alpha=1.1$) рост значений изостерических теплот адсорбции наблюдается только для одного из энантиомеров, при этом, кривые лежат намного ниже теплоты конденсации лимонена при температуре эксперимента. На кристаллах флороглюцина ($\alpha=1.03$) и CsCuCl_3 ($\alpha=1$) значения теплоты конденсации уменьшаются при увеличении адсорбции.

Рост значений изостерической теплоты адсорбции говорит о том, что на поверхности энантиоморфных кристаллов продолжает образовываться адсорбционный слой. Механизм хирального распознавания на

энантиоморфных кристаллах надмолекулярный. При таком механизме хирального распознавания распознается не отдельная молекула, а слой молекул.

По результатам работы можно сделать вывод, что для хирального распознавания взаимодействие поверхность – энантиомер должно быть достаточно сильным, чтобы обеспечить латеральные взаимодействия между молекулами энантиомера на поверхности. Хиральное распознавание возможно в том случае, когда наблюдается рост изостерической теплоты адсорбции с увеличением величины адсорбции, однако рост Q_{st} не обеспечивает высокую энантиоселективность в случае, если Q_{st} заметно ниже теплоты конденсации лимонена.

© Габдрахманова А.А., Шарафутдинова Ю.Ф., 2026

УДК: 542.61:546,72:542

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ

Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р., Ахметшин Б.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В последние годы значительное внимание уделяется синтезу и исследованию наночастиц серы, получаемых из многосернистых неорганических соединений, в частности полисульфидов щелочных и щелочноземельных металлов [1].

Синтез наночастиц серы осуществляли следующим образом: в насыщенный при температуре 40 °С раствор полисульфида серы вводили 5 г стеклянных шариков с целью реализации «эффекта мельницы», после чего проводили интенсивное перемешивание со скоростью 1300 об/мин с одновременным испарением растворителя до достижения состояния, при котором дальнейшее перемешивание становилось невозможным. Образовавшийся осадок отделяли фильтрованием и высушивали в эксикаторе. Для модификации поверхности носителя наночастицами серы последний диспергировали в воде, нагревали до 50 °С и вводили рассчитанное количество наночастиц серы (10 % масс. относительно массы носителя). Полученную суспензию перемешивали в течение 15 минут при скорости 100 об/мин, затем температуру понижали до 40 °С со скоростью 1 °С за 10 минут. После суточного перемешивания систему фильтровали, полученный адсорбент высушивали в эксикаторе и дополнительно выдерживали в атмосфере азота в течение одного часа. Рентгенофазовый анализ синтезированных наночастиц серы показал наличие на дифрактограмме чётко выраженного дифракционного пика, что свидетельствует о кристаллической природе серы в исследуемом образце (рис. 1).

Несмотря на значительный объём накопленных теоретических и экспериментальных данных о свойствах элементарной серы, поиск новых направлений её практического применения остаётся востребованным. Установлено, что при химическом осаждении из полисульфидных растворов формируются первичные наночастицы серы со средним размером порядка 20 нм, которые в процессе последующей агрегации укрупняются до микрометровых размеров. Такие частицы характеризуются специфическими физико-химическими свойствами, что определяет их высокий потенциал для дальнейших исследований и практического применения. Развитие нанотехнологий открывает дополнительные возможности в области синтеза и использования нанодисперсной серы, способствуя созданию материалов и технологий нового поколения, превосходящих традиционные подходы [1]

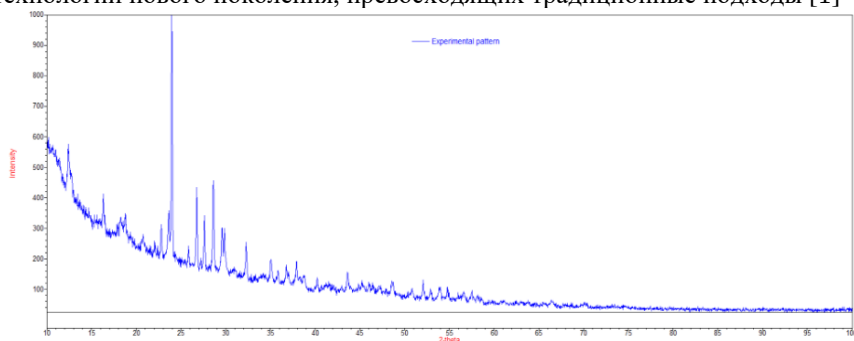


Рис. 1. Дифрактограмма наночастиц серы в порах силикагеля.

Литература

1. Массалимов И.А., Хусаинов А.Н., Зайнитдинова Р.М., Мусавирова Л.Р., Зарипова Л.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы. Журнал прикладной химии, 2014, т.87, №6, С. 705-713.

© Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р., Ахметшин Б.С., 2026

УДК: 542.61:546,72:542

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ И РЕНТГЕНОФАЗОВЫМ АНАЛИЗОМ СТРУКТУРЫ

Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Полисульфиды щелочных и щелочноземельных металлов представляют собой многосернистые неорганические соединения, рассматриваемые в качестве потенциальных прекурсоров для получения наночастиц серы. В

данной работе использовались наночастицы серы с размерным диапазоном 20–50 нм. В качестве исходного сырья применяли комовую серу – продукт сероочистки нефти, полученный на предприятии ООО «Газпром нефтехим Салават», характеризующийся плотностью около 2,07 г/см³. Комовая сера представляет собой фракционированные куски различного размера и служит удобной исходной формой для хранения и последующей переработки.[1]

На первом этапе проводили иммобилизацию наночастиц серы на поверхности силикагеля. Для этого 3 г силикагеля диспергировали в 50 мл воды, смесь нагревали до 50 °С при постоянном перемешивании со скоростью 300 об/мин, после чего вводили навеску наночастиц серы.

Получение нанодисперсной серы осуществляли по следующей методике: к насыщенному раствору наночастиц серы (15 г) добавляли 5–7 г стеклянных шариков, обеспечивающих «эффект мельницы», затем систему интенсивно перемешивали при 1200 об/мин до максимального удаления растворителя. Образовавшийся осадок отделяли фильтрацией и подвергали сушке в эксикаторе.

Структурные характеристики полученного материала исследовали методом порошковой рентгеновской дифракции с использованием дифрактометра Tongda TMD-20. На дифрактограмме (рис. 1) наблюдается выраженный пик при $2\theta \approx 23^\circ$, что подтверждает наличие кристаллической серы и свидетельствует об успешной иммобилизации наночастиц в пористой структуре силикагеля.

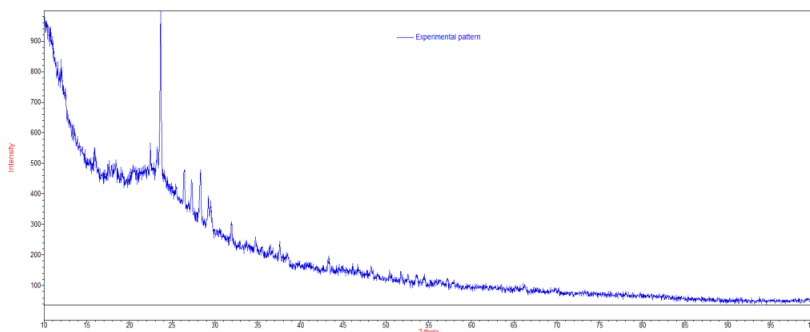


Рис. 1. Дифрактограмма наночастиц серы в порах силикагеля.

Литература

1. И.А. Массалимов, Б.С. Ахметшин, Б.И. Массалимов, Ф.Х. Уракаев. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида калия // Журнал физической химии, 2024, том 98, № 1, с. 124–140

© Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р., 2026

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К СИНТЕЗУ
НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ
ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ

Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Полисульфиды представляют собой неорганические соединения сложного строения, включающие цепочечные или слоистые фрагменты атомов серы, стабилизированные катионами щелочных и щелочноземельных металлов. Данные соединения характеризуются высокой химической устойчивостью и занимают важное место в химии сульфидных систем. Полисульфиды натрия, калия, а также кальция и магния могут эффективно использоваться в качестве прекурсоров для синтеза нанодисперсной серы.

В рамках проведённых исследований для синтеза наночастиц серы применялись предварительно полученные нанодисперсные системы с размером частиц 20–50 нм. В качестве исходного сырья использовалась комовая сера – побочный продукт процессов сероочистки нефти, образующийся на предприятии ООО «Газпром нефтехим Салават». Данный материал представлен крупнофракционными агрегатами и предназначен для хранения и последующей переработки [1].

Процесс получения наночастиц серы включал стадию подготовки исходной дисперсионной среды: 5 г высокопористого силикагеля диспергировали в 50 мл воды. Полученную систему нагревали до 50 °С и перемешивали со скоростью 300 об/мин для обеспечения равномерного распределения компонентов. Далее в систему вводили наночастицы серы, способные эффективно взаимодействовать с пористой структурой носителя за счёт своих наноразмерных характеристик.

Для повышения эффективности иммобилизации использовали подход, аналогичный методу мокрого измельчения: 25 г наночастиц серы обрабатывали в насыщенной среде с добавлением 5–7 г стеклянных шариков, обеспечивающих механическое диспергирование («эффект мельницы»). Перемешивание осуществляли при скорости 900 об/мин до полного удаления растворителя, что способствовало осаждению серных наночастиц внутри пор силикагеля. Полученный продукт отделяли фильтрованием и высушивали в эксикаторе для удаления остаточной влаги и стабилизации структуры материала.

Подтверждение успешной иммобилизации наночастиц серы в поровом пространстве силикагеля осуществляли методом рентгенофазового анализа с использованием порошкового дифрактометра Tongda TMD-20. На дифрактограмме (рис.1) фиксируется выраженный максимум при $2\theta \approx 23^\circ$, свидетельствующий о присутствии кристаллической модификации серы.

Наличие данного рефлекса указывает на сохранение кристаллической структуры серы после её внедрения в матрицу носителя.

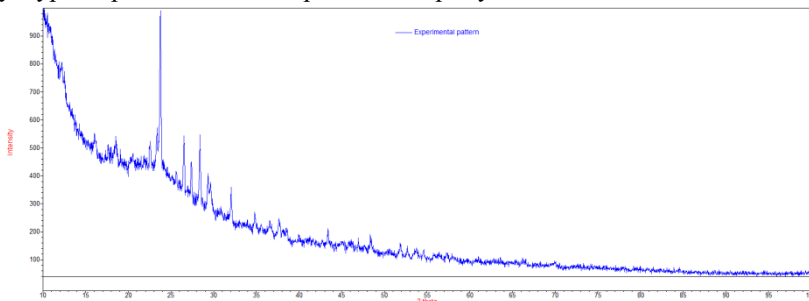


Рис. 1. Дифрактограмма наночастиц серы, иммобилизованных в силикагеле.

Кроме того, такие наночастицы могут выступать в роли активной фазы в сорбционных методах разделения. Их развитая поверхность способствует эффективной сорбции целевых компонентов, включая ионы металлов и органические соединения. Селективность в данных системах определяется химическим взаимодействием между сорбатами и полисульфидными фрагментами, что особенно важно при анализе сложных объектов, требующих высокой чувствительности и избирательности

Литературы

1. И.А. Массалимов, Б.С. Ахметшин, Б.И. Массалимов, Ф.Х. Уракаев. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида калия // Журнал физической химии, 2024, том 98, № 1, с. 124–140

© Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р., 2026

УДК: 542.61:546,72:542

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ ПУТЕМ ИХ РАЗДЕЛЕНИЯ И ИММОБИЛИЗАЦИИ В ПОРИСТОЙ МАТРИЦЕ СИЛИКАГЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА

Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Полисульфиды представляют собой неорганические соединения с цепочечной или слоистой структурой атомов серы, в которую включены катионы щелочных и щелочноземельных металлов. Они характеризуются устойчивостью и занимают важное место в химии сульфидов. Полисульфиды натрия, калия, кальция и магния могут служить источниками нанодисперсной серы, что определяет их значение для нанотехнологий, энергетики и

материаловедения. Наночастицы серы, получаемые на их основе, обладают высокой реакционной способностью и специфической структурой, что обуславливает их применение в катализе, сенсорных системах и композиционных материалах.

В качестве исходного сырья использовалась комовая сера – продукт сероочистки нефти предприятия ООО «Газпром нефтьхим Салават», представляющий собой агрегаты различного размера, предназначенные для хранения и последующей переработки [1].

Для получения композита наночастиц серы с силикагелем 5 г высокопористого силикагеля суспендировали в 50 мл воды, смесь нагревали до 50 °С при перемешивании (200 об/мин) до формирования однородной системы. Затем вводили наночастицы серы, обеспечивая их взаимодействие с пористой структурой носителя. Для повышения эффективности иммобилизации применяли механохимический подход, аналогичный мокрому помолу: 7,5 г наночастиц серы обрабатывали в насыщенном растворе в присутствии 5 г стеклянных шариков при интенсивном перемешивании (1000 об/мин) до удаления растворителя. В результате происходило осаждение и закрепление частиц в порах силикагеля. Полученный материал отделяли фильтрацией и высушивали в эксикаторе для удаления остаточной влаги и стабилизации структуры.

Факт иммобилизации наночастиц серы подтвержден методом порошковой рентгеновской дифрактометрии (Tongda TMD-20). На дифрактограмме (рис.1) зафиксирован рефлекс при $2\theta \approx 23^\circ$, соответствующий кристаллической сере, что указывает на сохранение ее кристаллической фазы в порах силикагеля.

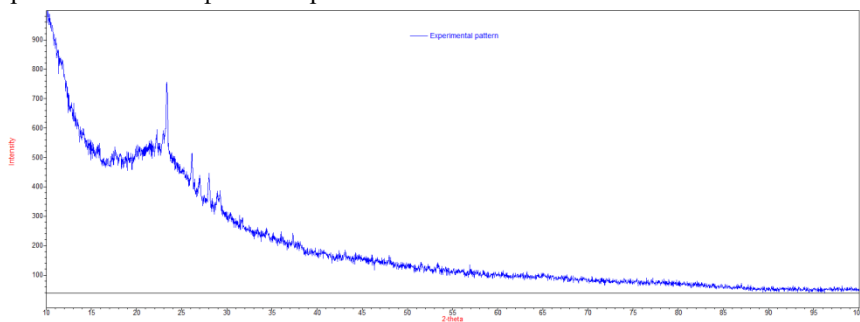


Рис. 1. Дифрактограмма наночастиц серы в порах силикагеля (1:3).

Литература

1. И.А. Массалимов, Б.С. Ахметшин, Б.И. Массалимов, Ф.Х. Уракаев. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида калия // Журнал физической химии, 2024, том 98, № 1, с. 124–140

УДК: 542.61:546,72:542

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА
ОСНОВЕ СЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ ПОСРЕДСТВОМ ИХ РАЗДЕЛЕНИЯ И
ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ В ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЕ
СИЛИКАГЕЛЯ

Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Полисульфиды представляют собой сложные неорганические соединения, включающие цепочечные или слоистые структуры атомов серы, в которые встроены катионы щелочных и щелочноземельных металлов. В частности, полисульфиды щелочных металлов (например, натрия и калия), а также щелочноземельных элементов (таких как кальций и магний) могут служить источниками для получения серных наночастиц.

Их практическая значимость связана с возможностью синтеза серы в наноразмерном состоянии, что открывает широкие перспективы использования в нанотехнологиях, энергетике и материаловедении. Полученные из полисульфидов наночастицы серы отличаются высокой реакционной способностью и специфической структурой, что делает их перспективными для применения в катализе, сенсорных системах и при создании современных композиционных материалов.

Синтез наночастиц серы начинается с приготовления исходной системы: 5 г высокопористого силикагеля с выраженными адсорбционными свойствами диспергируют в 50 мл воды. Смесь нагревают до 50 °С и перемешивают со скоростью 500 об/мин для обеспечения равномерности. Затем в систему вводят серные наночастицы, которые благодаря малым размерам эффективно взаимодействуют с пористой структурой силикагеля.

На рис. 2. видно, что пористая структура силикагеля заполнена серными наночастицами, что подтверждает их успешное внедрение в поровые каналы материала. Данное распределение указывает на хорошую проникающую способность серы в матрицу силикагеля, обусловленную наноразмером частиц и их выраженной адсорбционной активностью. На изображении четко различимы границы пор, внутри которых равномерно распределены серные наночастицы по всему объему. Это свидетельствует об эффективной интеграции серы в пористую структуру силикагеля, что является важным этапом для дальнейших аналитических и технологических применений.

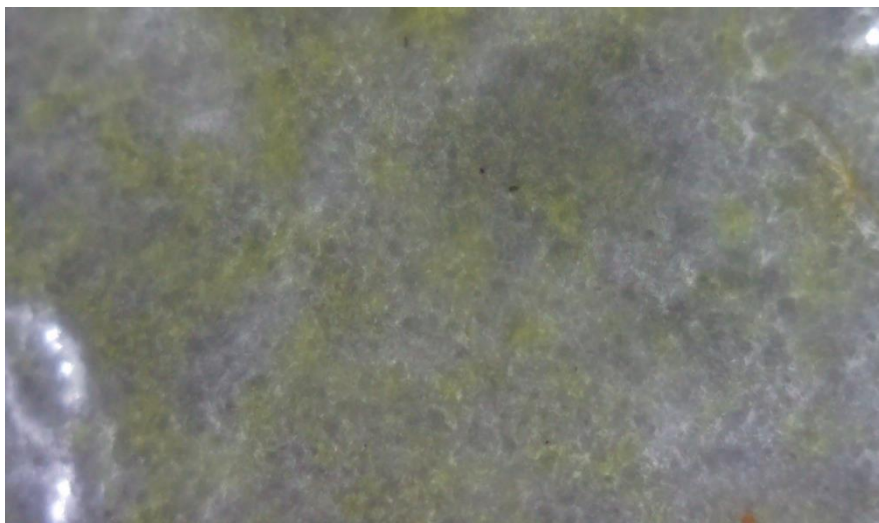


Рис. 2. Снимок силикагеля, заполненного наночастицами серы

Одним из направлений их применения является использование в качестве сорбентов в мембранных системах для дифференциального разделения веществ. Интеграция наночастиц в структуру мембраны обеспечивает высокую селективность за счет образования комплексов с целевыми соединениями и специфического сродства к определенным ионам или молекулам. Это позволяет осуществлять точное разделение на молекулярном уровне, включая сложные микросистемы.

Кроме того, наночастицы полисульфидов могут выступать активными компонентами в сорбционных методах. Их высокая удельная поверхность способствует эффективному извлечению целевых веществ, таких как ионы металлов и органические соединения. В таких системах разделение основано на химическом сродстве компонентов к полисульфидным группам, что особенно важно при анализе сложных многокомпонентных образцов, требующих высокой чувствительности и селективности.

Литература

1. И.А. Массалимов, Б.С. Ахметшин, Б.И. Массалимов, Ф.Х. Уракаев. Кинетика роста наночастиц серы при их осаждении из водных растворов полисульфида калия // Журнал физической химии, 2024, том 98, № 1, с. 124–140

© Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р., 2026

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КУКУРУЗНОГО СУБСТРАТА НА ХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ КУЛЬТИВИРОВАННОГО ГРИБА

Гузеева Д.Д., Юртанова Е.С., Кускова И.С.
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия

Культивирование ежовика гребенчатого (*Hericium erinaceus*) привлекает внимание благодаря высокому содержанию биологически активных веществ [1]. Качество продукции напрямую зависит от элементного состава субстрата, в связи с чем кукурузная основа широко применяется в промышленном грибоводстве. Определение элементного профиля необходимо для оценки безопасности и оптимизации культивирования, поскольку микроэлементы выступают кофакторами ферментов и хелатообразующими компонентами биологически активных соединений [1].

Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) позволяет быстро и точно количественно оценить элементный состав биологических матриц [2]. Цель исследования – оптимизация пробоподготовки кукурузного субстрата и плодовых тел ежовика для эффективного анализа методом АЭС.

Для исследования были взяты пробы кукурузного субстрата и плодовых тел ежовика гребенчатого, выращенного на данном субстрате. Метод АЭС с дугой постоянного тока требует переведения пробы в сухое порошкообразное состояние. Первый этап включал высушивание образцов в сушильном шкафу при 100 °С до постоянной массы, далее проводили сухое озоление в муфельной печи при 450 °С до получения белой золы, что позволяет разрушить органическую матрицу и минимизировать влияние хелатных комплексов. Подготовленную золу разбавляли угольным порошком в соотношениях 1:10 (для определения микроэлементов) и 1:100 (для макроэлементов).

Анализ проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с многоканальным анализатором эмиссионных спектров при помощи комплекса «Гранд». Результаты определения основных элементов приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Результаты элементного анализа кукурузного субстрата и ежовика гребенчатого методом АЭС

Элемент	Кукурузный субстрат	Ежовик гребенчатый
	С, мкг/г	
Ag	0,0014±0,00014	-
B	0,83±0,08	225,7±22,6
Bi	0,76±0,08	2,7±0,3

Ca	14,1±1,4	-
Cd	0,09±0,01	0,087±0,009
Cr	0,15±0,01	0,32±0,03
Cu	0,18±0,02	3,4±0,3
Fe	2,5±0,2	3,5±0,3
K	1369±137	8877±888
Li	0,010±0,001	0,17±0,02
Mg	447,6±44,8	408±41
Mn	3,5±0,3	7,7±0,8
Mo	-	0,28±0,03
P	1093±109	1647±165
Sb	0,019±0,002	0,31±0,03
Si	0,10±0,01	-
Sn	0,010±0,001	0,23±0,02
W	3,1±0,3	0,47±0,05
Zn	7,2±0,7	36,5±3,6
Zr	0,15±0,02	2,1±0,2

Из данных таблицы видно, что ежевик активно накапливает К, В, Zn, Cu, Mn, Cr, Li, Sb, Sn, Zr, Bi, а также Мо, которого почти нет в субстрате. При этом Ca, Ag и Si, присутствующие в субстрате, в грибе отсутствуют. Такая разница объясняется тем, что гриб избирательно усваивает элементы в зависимости от их биологической роли: одни нужны для ферментов и метаболизма (например, Zn, Cu, Mn), другие не поступают из-за избирательной проницаемости мицелия и особенностей химического соединения элемента в субстрате.

Таким образом, состав ежевика коррелирует с субстратом, но гриб проявляет селективность в усвоении элементов, что подтверждает перспективность кукурузного субстрата для получения безопасного грибного сырья.

Литература

1. Friedman M. Chemistry, Nutrition, and Health-Promoting Properties of *Hericiu erinaceus* (Lion's Mane) Mushroom Fruit Bodies and Mycelia and Their Bioactive Compounds // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2015. – Vol. 63, № 32. – P. 7108–7123.
2. Спектроскопические методы анализа : Учеб. пособие. / В.И. Отмахов [и др.]. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2014. – 138 с.

© Гусева Д.Д., Юртанова Е.С., Кускова И.С., 2026

ДВУХФАЗНАЯ ХИРАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ОСНОВЕ
КОМПОЗИТНОГО ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА И D-
КАМФОРСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭНАНТИОМЕРОВ ТРИПТОФАНА

Зекиева А.Ф. Савельева А.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В настоящее время для распознавания и определения энантиомеров все большее применение находят электрохимические методы с использованием энантиоселективных вольтамперометрических сенсоров [1-3]. Особого внимания заслуживает двухфазная хиральная платформа, в которой наряду с использованием композитного энантиоселективного электрода усиление селективности обеспечивается добавлением в раствор аналита D-камфорсульфоновой кислоты (CSA) [4].

Данная работа посвящена разработке новой двухфазной хиральной платформы на основе композитного энантиоселективного электрода и D-камфорсульфоновой кислоты для быстрого и надежного распознавания и определения энантиомеров триптофана. Композитный вольтамперометрический сенсор представляет собой стеклоуглеродный электрод (СУЭ), модифицированный полиэлектролитным комплексом хитозана и сукцинамида хитозана (ПЭК) и β – циклодекстринами (β –ЦД). Усиление энантиоселективности сенсора достигается введением в раствор аналита D-камфосульфоновой кислоты (CSA), она, являясь оптически активной кислотой инициирует образование диастереомерных комплексов с D- и L-формами триптофана. Селективное распознавание обеспечивается различием в энергиях стабилизации и электрохимических откликах полученных комплексных соединений.

С помощью методов циклической вольтамперометрии и импедансометрии были изучены электрохимические свойства сенсора и рассчитаны эффективная площадь поверхности электрода СУЭ/ПЭК/ β -ЦД ($A=2,08 \pm 0,03$ мм²) и значения эффективного сопротивления переносу электрона ($R_{et}=54,10 \pm 0,03$ кОм). В ходе исследования зависимости энантиоселективности сенсора к энантиомерам триптофана от соотношения компонентов установлено, что наиболее благоприятные результаты достигаются при соотношении 1 мл ПЭК на 40 мг β -ЦД и при использовании 0,5 мкл CSA, в растворе аналита. Разработанная система успешно распознаёт энантиомеры триптофана, что подтверждается высоким отношением пиковых токов ($i_{p1}/i_{p2} = 1.51$) и разностью потенциалов пиков окисления $\Delta E=20$ мВ. Данный сенсор был

апробирован для определения энантиомеров триптофана в моче и плазме крови человека.

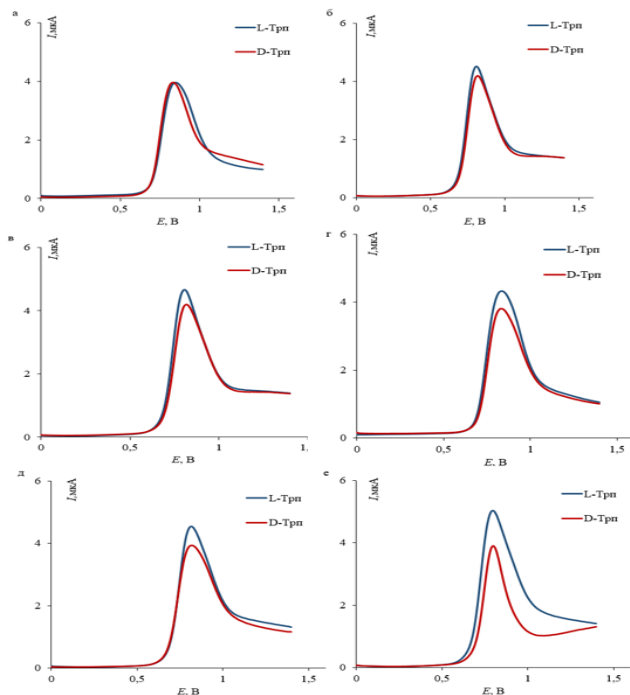


Рис. 1. ДИВ окисления энантиомеров триптофана на фоне фосфатного буферного раствора с pH 6.00 на различных сенсорах: СУЭ (а), СУЭ/ПЭК (б), СУЭ/ПЭК/β-ЦД (в), СУЭ@CSA (г), СУЭ/ПЭК@CSA (д), СУЭ/ПЭК/β-ЦД @CSA (скорость сканирования потенциала 20 мВ/с)

Литература

1. Майстренко, В. Н. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры на основе хиральных материалов / В. Н. Майстренко, Р. А. Зильберг // Журнал аналитической химии. – 2020. – Т. 75. – № 12. – С.1080-1096.
2. Zilberg R. A. Rational design of highly Enantioselective composite voltametric sensor using a Computationally predicted Chiral modifier/ R. A. Zilberg, I. V. Vakulin, Y. B. Teres [et al.]/Chirality. – 2022. – Vol. 34, No 11. – P. 1472-1488.
3. A Voltammetric Sensor Based on Aluminophosphate Zeolite and a Composite of Betulinic Acid with a Chitosan Polyelectrolyte Complex for the Identification and Determination of Naproxen Enantiomers / R. A. Zilberg, V. N. Maistrenko, Yu. B. Teres [et al.] // Journal of Analytical Chemistry. – 2023. – Vol. 78, No. 7. – P. 933-944.
4. Homochiral zeolites as chiral modifier for voltammetry sensors with high enantioselectivity / I. V. Vakulin, R. A. Zilberg, I. I. Galimov, M. A. Sycheva // Chirality. – 2023. – Vol. 36, No. 2. – P. 23635.

© Зекиева А.Ф., Савельева А.С., 2026

ПРИМЕНЕНИЕ ХИРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ (R,R)- diPh -[Co]-Cl И (S,S)- diPh-[Co]-Cl В СОСТАВЕ ПАСТОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА МЕТОДОМ КВАДРАТНО-ВОЛНОВОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

Ишмакаева Г.И., Степанова П.А., Зекиева А.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В современной аналитической химии одной из главнейших задач является распознавание и определение оптических изомеров лекарственных соединений. Для этого необходимы доступные и экспрессные методы анализа энантиомерно чистых веществ. Среди существующих методов перспективных является использование вольтамперометрии с применением энантиоселективных вольтамперометрических сенсоров (ЭВС) [1-3]. Особый интерес представляется в использовании переходных металлов с хиральными лигандами в качестве хиральных модификаторов [4-12].

В данной работе для определения и распознавания энантиомеров тирозина применяли ЭВС на основе пастового электрода (ПЭ) из графитированной термической сажи Carboblack C [4-6] модифицированные хиральными комплексами кобальта (R, R)- diPh -[Co]-Cl и (S, S)-diPh-[Co]-Cl [4-8]. Тирозин (Тур) – это α -аминокислота, существующая в двух энантиомерных формах – D- и L-Тур, которые обладают идентичными химическими свойствами в ахиральной среде, но по-разному взаимодействуют с хиральными центрами комплексов кобальта, что как раз таки применяется для их распознавания.

Для изучения электрохимических и аналитических возможностей сенсоров применяли квадратно-волновую вольтамперометрию. По зарегистрированным вольтамперограммам были рассчитаны коэффициенты энантиоселективности (i_{p1}/i_{p2}) и разность потенциалов (ΔE) для каждого сенсора, а также определены такие параметры как линейный диапазон, пределы обнаружения, воспроизводимость и стабильность. В результате чего было обнаружено, что сенсор ПЭ@ (R, R)- diPh -[Co]-Cl проявляет высокую чувствительность к D-Тур: коэффициент чувствительности составил 11,49 мкА/мМ, а сенсор ПЭ@ (S, S)-diPh-[Co]-Cl, напротив, оказался намного чувствительнее к L-Тур (коэффициент чувствительности 12,04 мкА/мМ). Для обоих сенсоров зависимость аналитического сигнала от концентрации сохраняла свою линейность в интервале от 5.0×10^{-5} до 1.0×10^{-3} М.

Апробация сенсоров была проведена на модельных растворах тирозина, а также в биологических жидкостях (плазма крови, моча). Установлено, что оба сенсора хорошо зарекомендовали себя для количественного определения тирозина и для распознавания его энантиомеров, сохраняя свою чувствительность и селективность в присутствии биологических матриц.

Литература

1. Майстренко В.Н., и др. Энантиоселективные вольтамперо-метрические сенсоры. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. – 189 с. – ISBN 978-5-7477-4754-8. – EDN SEWOBC.
2. Maistrenko V.N., Zilberg R.A. Enantioselective Voltammetric Sensors on the Basis of Chiral Materials // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2020. – Vol. 75, No. 12. – P. 1514–1526.
3. Rational design of highly enantioselective composite voltammetric sensors using a computationally predicted chiral modifier / R. A. Zilberg, I. V. Vakulin, Yu. B. Teres [et al.] // *Chirality*. – 2022. – Vol. 34, No. 11. – P. 1472-1488.
4. Zilberg R.A., et al. A chiral Ni(II) complex immobilized on Carboblack C as a readily available and effective enantioselective voltammetric sensor for recognition of atenolol enantiomers in real samples // *Electrochimica Acta*. – 2025. – Vol. 529. – P. 146309.
5. Zilberg R.A., et al. Chiral octahedral cobalt(III) complex immobilized on Carboblack C as a novel robust and readily available enantioselective voltammetric sensor for the recognition of tryptophan enantiomers in real samples // *Electrochimica Acta*. – 2024. – Vol. 492. – P. 144334.
6. Zilberg R.A., et al. Voltammetric sensor for naproxen enantiomers based on a paste electrode modified with a Chiral nickel(II) complex // *Chirality*. – 2025. – Vol. 37, No. 2. – P. e70025.
7. Zilberg R.A., et al. Chiral selectors in voltammetric sensors based on mixed phenylalanine/alanine Cu(II) and Zn(II) complexes // *Inorganics*. – 2022. – Vol. 10, No. 8. – P. 117. – EDN CLFIKF.
8. Khromova O.V., et al. Chiral Cobalt(III) Complexes Based on (1R,2R)-Cyclohexanediamine and 4-Bromo-5-methylsalicylaldehyde: Synthesis, Modification, and Application in Catalysis and Enantioselective Sensors // *Russian Journal of Coordination Chemistry*. – 2025. – Vol. 51, No. 3. – P. 200-210.
9. Гизатов Р.Р., и др. Синтез и применение хелатных комплексов $[Zn(\text{L-ARG})_2(\text{H}_2\text{O})]$ и $[Zn(\text{Z-ARG})_2(\text{H}_2\text{O})]_2$ -в качестве хиральных селекторов // *Координационная химия*. – 2025. – Т. 51, № 5. – С. 315-326.
10. Gizatov R.R., et al. Synthesis and Application of Chelate Complexes $[Zn(\text{L-arg})_2(\text{H}_2\text{O})]$ and $[Zn(\text{L-arg})_2(\text{H}_2\text{O})]_2$ – as Chiral Selectors // *Russian Journal of Coordination Chemistry*. – 2025. – Vol. 51, No. 2. – P. 119-128.
11. Zil'berg R.A., et al. Enantioselective Voltammetric Sensors Based on Amino Acid Complexes of Cu(II), Co(III), and Zn(II) // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2021. – Vol. 76, No. 12. – P. 1438-1448.
12. Зильберг Р.А., и др. Вольтамперометрический сенсор на основе полиэлектролитного комплекса и аминокислотного комплекса меди (II) для распознавания и определения энантиомеров тирозина // *Вестник Башкирского университета*. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 877-885.

© Ишмакаева Г.И., Степанова П.А., Зекиева А.Ф., 2026

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОБОПОДГОТОВКИ ГРИБОВ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Кабакова М.О., Юртанова Е.С., Кускова И.С.
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
государственный университет», г. Томск, Россия

Грибы обладают способностью к биоаккумуляции – накоплению тяжелых металлов, микро- и макроэлементов из субстрата. С одной стороны, это позволяет их использовать в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды. С другой стороны, грибное сырье (в том числе глубинное культивирование) перспективно для создания биологически активных веществ (БАВ) и лекарственных препаратов.

В связи с активным развитием технологий глубинного культивирования особую актуальность приобретает сравнительная оценка элементного состава грибов естественного происхождения и искусственно выращенных культур. Такое сравнение позволяет оценить безопасность сырья, установить его пищевую ценность и выявить наличие биологически активных веществ (БАВ).

Метод атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) в настоящее время – один из наиболее информативных многоэлементных методов анализа [1]. Целью исследования является оптимизация пробоподготовки грибов естественного происхождения и глубинного культивирования.

Для исследования была взята проба гриба глубинного культивирования (Ежовик гребенчатый (*Hericium erinaceus*)) и естественного происхождения (Трутовик Швейница (*Phaeolus schweinitzii*)). Для анализа методом АЭС необходимо перевести пробы в порошкообразное состояние. Часть пробы грибов (П-1) озоляли в муфельной печи при температуре 450 °С в течение 3 часов до белой золы, чтобы устранить матричные эффекты. Затем проводили разбавление угольным порошком в соотношении 1:10 и 1:100 для оценки содержания микро- и макроэлементов соответственно.

Часть проб (П-2) минуя озоление сразу разбавляли угольным порошком в соотношении 1:10 и 1:100.

Далее проводили анализ методом атомно эмиссионной спектроскопии с многоканальным анализатором эмиссионных спектров при помощи комплекса «Гранд». Результаты анализа приведены в Таблицах 1-2.

Таблица 1

Результаты анализа гриба глубинного культивирования Ежевика
гребенчатого (*Hericium erinaceus*) методом АЭС.

С, мкг/г	Ba	Ca	Mo	Si	Cd	Cr
П-1	0,055±0,01	223±22	1,2±0,1	41±4	0,11±0,01	0,16 ±0,02
П-2	26±3	2230 ±223	116±12	149±15	13±1	3,5±0,4
С, мкг/г	Cu	Fe	Mg	Mn	P	Sn
П-1	3,1±0,3	5,7±0,6	672±67	23±2	645±65	0,033 ±0,003
П-2	4,8±0,5	397±40	782±78	25±3	277±28	1,3±0,1

Таблица 2

Результаты анализа гриба естественного происхождения Трутовика
Швейница (*Phaeolus schweinitzii*) методом АЭС.

С, мкг/г	Ba	Ca	Mo	Si	Cd	Cr
П-1	-	139±14	0,53±0,05	9,5±0,9	-	0,85 ±0,09
П-2	7,7±0,8	620±62	42±4	154±15	2,1±0,2	9,7±1,0
С, мкг/г	Cu	Fe	Mg	Mn	P	Sn
П-1	8,6±0,9	20±2	281±28	1,6±0,2	478±48	-
П-2	20±2	497±50	895±90	6,1±0,6	1154±115	1,2±0,1

По данным таблиц 1-2 можно сделать вывод, что при пробоподготовке с озолением в муфельной печи содержание элементов меньше, чем в пробах без озоления. Это связано с тем, что при сухом озолении происходит частичная потеря элементов (особенно легколетучих) и образование тугоплавких оксидных форм, снижающих интенсивность спектральных линий.

Исследование показало, что самым выгодным будет пробоподготовка без озоления в муфельной печи, так как пробы с озолением систематически занижают реальное содержание элементов.

Литература

1. Спектроскопические методы анализа: Учеб. пособие. / В.И. Отмахов[и др.]. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2014. – 138 с.
2. Warnasuriya S.D., Udayanga D., Manamgoda D.S., Biles C. Fungi as environmental bioindicators. Sci Total Environ. 2023 Sep 20;892:164583.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ
ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ ТАУШ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ
ХРОМАТОГРАФИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Пестициды нередко применяются фермерами для защиты полей от вредителей, грибов, сорных растений. Некоторые из них являются ограниченными или вовсе запрещенными к применению. Несмотря на это, невозможно быть полностью уверенными в их отсутствии в привычных для нас продуктах питания. Так, например, пестициды могут быть обнаружены в речной рыбе. Задачей нашего исследования является проверка рыбы, выловленной из реки Тауш, на предмет наличия запрещенных пестицидов, а также сравнение их концентрации с предельно допустимой.

В данной работе было проведено исследование образца рыбы, выловленной из реки Тауш (Уфимский район), методом Газовой хроматографии. Выбранный метод обеспечивает наиболее точное разделение летучих соединений и их высокочувствительное количественное определение с помощью специальных детекторов.

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки методом QuEChERS. К навеске гомогенизированной рыбы массой 5г был добавлен растворитель- ацетонитрил в объеме 10 мл, после чего в пробирку была добавлена смесь солей- хлорида натрия (1,5г) и безводного сульфата магния (1,5г). Полученная смесь центрифугируется в течение 5 мин при 4000 об/мин. Далее отбирается верхний слой растворителя, содержащий пестициды. Следующим шагом является добавление смеси адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля) в пробирку, после чего смесь повторно центрифугируется. Верхний слой отбирается и подвергается концентрированию при помощи ротационного испарителя. Полученный концентрат собирается со стенок колбы смесью растворителей (10 мл изоктана + 10 мл ацетонитрила), после чего считается готовым для дальнейших исследований на любом аналитическом приборе.

Образец был исследован с помощью газового хроматографа «Кристалл 5000.1», оснащенного детектором электронного захвата и капиллярной колонкой CR-5 (состав фазы – 5% фенил 95% диметилполисилоксан, длина колонки 30 м, внутренний диаметр 0.32 мм, толщина пленки – 0.5 мкм). Программируемые параметры: температура колонки - 200 °С, температура ЭЗД - 250 °С, температура испарителя – 240 °С, поток газа-носителя (азота) – 1.67 мл/мин. Аликвотную пробу экстракта (1 мкл) вводили в газовый хроматограф. По окончании анализа регистрировали данные о количестве пестицидов в пробе.

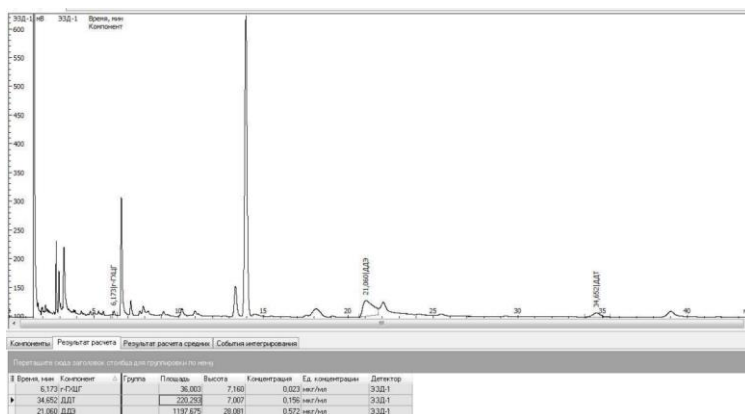


Рис. 1. Результат Газохроматографического определения, полученный при анализе рыбы из реки «Тауш»

В результате газохроматографического исследования были обнаружены следующие пестициды:

- γ-ГХЦГ с концентрацией 0,023 мкг/мл, что в пересчете на 100 г филе рыбы составляет 2,76 мкг, при ПДК 3 мкг;
- ДДТ с концентрацией 0,156 мкг/мл (на 100 г филе 18,72 мкг). ПДК= 30 мкг на 100г филе;
- ДДЭ (метаболит ДДТ) с концентрацией 0,572 мкг/мл (68,64 мкг в 100 г филе). ПДК= 30 мкг на 100 г филе.

Подводя итоги анализа, нельзя не отметить главного:

- установлено наличие запрещенных пестицидов в исследуемом образце (ДДТ и его метаболит- ДДЭ, а также ГХЦГ). ПДК ДДЭ превышена более чем в 2 раза
- данная методика позволяет точно определить содержание пестицидов в рыбе, что даёт возможность контролировать применение пестицидов фермерами.

Литература

1. Morlock, G., Schwack, W. (2010). Hyphenations in planar chromatography. Journal of Chromatography A., Pp. 194-205
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), стр. 136-137

© Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

УСТАНОВЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ МИКРОКОЛИЧЕСТВ
ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ ТАУШ
МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

В связи с активным использованием фермерами пестицидов, в мире возникла проблема, о которой многие даже не подозревают. Пестициды могут обнаруживаться в самых неожиданных местах, даже в рыбе, выловленной из, казалось бы, чистой реки, находящейся вдалеке от заводов. Но как они попадают туда? При распылении пестицидов над полями, некоторая их часть может попадать в реки вместе с дождевой водой, после чего попадает в организмы обитателей рек. Пестицид накапливается в рыбе путем биоаккумуляции и не выводится из нее полностью. Задачей нашего исследования является качественное определение пестицидов Хлорорганической группы.

В данной работе было проведено исследование образца рыбы, выловленной из реки Тауш (Уфимский район), методом УФ-Спектроскопии. Данный метод основан на измерении светопоглощения растворами веществ.

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки по методу QuEChERS. К навеске филе рыбы (5г) был добавлен растворитель- ацетонитрил (10 мл). Далее в пробирку была добавлена смесь солей- хлорида натрия и безводного сульфата магния (3г). Полученная смесь центрифугировалась в течение 5 мин при 4000 об/мин. По окончании центрифугирования отбирается верхний слой растворителя, в который далее добавляется смесь адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля), после чего содержимое пробирки повторно центрифугируется. Верхний слой отбирается и подвергается концентрированию на ротационном испарителе. Полученный концентрат разбавляется смесью растворителей (10 мл изооктана и 10 мл ацетонитрила), после чего считается готовым для дальнейшей работы на любом аналитическом приборе.

Для анализа Спектрофотометрическим методом полученный экстракт был помещен в одну из кварцевых кювет. Во вторую кювету в качестве раствора сравнения была добавлена дистиллированная вода.

Для стандартных растворов пестицидов хлорорганической группы (ГХЦГ и ПХБ) максимум светопоглощения наблюдается при длине волны 210 нм и равен 0,793 (для стандартного раствора ПХБ концентрацией 2 мг/л) и 0,681 (для стандартного раствора ГХЦГ с концентрацией 50 мг/л). На кривой светопоглощения образца «Тауш» наблюдается максимум при той же длине

волны и значения оптической плотности, равном 1,572, что свидетельствует о наличии пестицидов хлорорганической группы в данном образце.

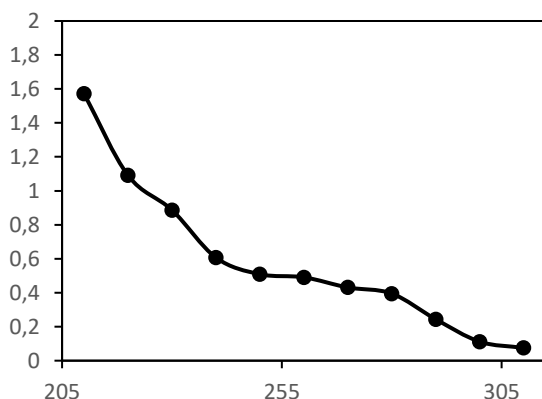


Рис. 1. Кривая светопоглощения экстракта рыбы реки «Тауш»

Методом УФ-спектроскопии было установлено наличие пестицидов Хлорорганической группы в образце рыбы из реки «Тауш».

Результаты полученного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- установлено наличие пестицидов хлорорганической группы в исследуемом образце;
- данная методика позволяет быстро определить наличие пестицидов какой-либо группы в рыбе, что даёт возможность экспрессно контролировать применение пестицидов фермерами.

Литература

1. Thomas, K. W., Dosemeci, M., Coble, J. B., Hoppin, J. A., Sheldon, L. S., Chapa, G., Croghan, C. W., Jones, P. A., Knott, C. E., Lynch, C. F., Sandler, D. P., Blair, A. E., & Alavanja, M. C.; "Assessment of a pesticide exposure intensity algorithm in the agricultural health study," Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2010, 20(6), 559-569
2. Войкина Анна Владимировна, Бугаев Леонид Анатольевич//Текст научной статьи по специальности «Ветеринарные науки» «Пробоподготовка qeschers при определении пестицидов различных химических классов методом ВЭЖХ», стр. 7-12
3. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Юхно А.И., ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону// Оценка канцерогенного риска от воздействия хлорорганических соединений в воде систем централизованного водоснабжения, стр. 9-12

© Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

ВЫЯВЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ГИДРОБИОНТАХ РЕКИ
ТАУШ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Использование пестицидов фермерскими хозяйствами привело к возникновению скрытой экологической угрозы. Токсичные соединения способны распространяться на значительные расстояния и накапливаться в объектах окружающей среды, включая рыбу в экологически чистых, на первый взгляд, реках. Попадание пестицидов в реки происходит преимущественно с дождевыми водами. В гидробионтах пестициды подвергаются биоаккумуляции, практически не выходясь из организмов. Именно поэтому целью данного исследования является поиск остаточных пестицидов в мышечной ткани рыб, которую как раз употребляет человек. В данной работе было проведено исследование образца рыбы, выловленной из реки Тауш (Уфимский район), методом Тонкослойной хроматографии. Данный метод позволяет разделять смеси и идентифицировать пестициды по подвижности пятен на пластине.

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки методом QuEChERS. К навеске филе рыбы ($m=5\text{г}$) был добавлен растворитель- ацетонитрил ($V=10\text{ мл}$). Далее в пробирку была добавлена смесь солей- хлорида натрия и безводного сульфата магния ($m\text{ смеси}=3\text{г}$). Содержимое пробирки подверглось центрифугированию в течение 5 мин при 4000 об/мин. По окончании центрифугирования отбирается верхний слой-экстракт, содержащий пестициды. Следующим шагом является добавление смеси адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля) в пробирку, после чего смесь повторно центрифугируется. Верхний слой (при наличии разделения) отбирается и подвергается концентрированию при помощи ротационного испарителя. Полученный концентрат собирается со стенок колбы смесью растворителей (10 мл изookтана и 10 мл ацетонитрила), после чего считается готовым для дальнейших исследований на любом аналитическом приборе.

Для анализа методом тонкослойной хроматографии полученный экстракт наносится на специальную пластину, покрытую силикагелем. После этого пластина помещается в хроматографическую камеру, содержащую подвижную фазу. В качестве подвижной фазы была выбрана смесь растворителей «гексан, толуол, ацетон» в соотношении 15:5:1. В качестве проявителя использовался раствор нитрата серебра и УФ-излучение. Сразу после извлечения пластины из хроматографической камеры, на нее распыляется раствор проявителя, после чего пластина помещается под УФ-лампу на 45 секунд.

В результате на пластине стали заметны коричневые пятна пестицидов, что говорит о непосредственном их присутствии в экстракте рыбы.



Рис. 1. Хроматографическая пластина с пятнами пестицида

Результаты полученного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- установлено наличие пестицидов в исследуемом образце;
- данная методика позволяет экспрессно определить наличие пестицидов в рыбе, что даёт возможность контролировать применение пестицидов фермерами

Литература

1. Prosek, M., Medja, A., et al. (2006). Quantitative evaluation of thin-layer chromatography. Journal of AOAC International, Pp. 23-41
2. Кабиров Г.Ф., Кадырова Р.Г., Муллахметов Р.Р. Журнал «Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана»//«Тонкослойная хроматография. Экспресс-метод анализа химических соединений»
3. Клисенко М. А., Калинина А. А., Новикова К. Ф. и др. - М.: Колос//Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочник. - Т. 1, 1992. - 567 с

© Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ОСТАТОЧНЫХ
ПЕСТИЦИДОВ В ГИДРОБИОНТАХ РЕКИ ЧЕРМАСАН МЕТОДОМ
ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Контроль содержания стойких органических загрязнителей в пищевых продуктах, в частности в рыбе, является обязательным условием обеспечения продовольственной безопасности. Сложность данной матрицы требует особой тщательности при пробоподготовке, а также применения высокочувствительных и селективных методов анализа для корректного определения микроколичеств пестицидов. Современные методы пробоподготовки и хроматографического анализа позволяют надежно идентифицировать и количественно оценивать содержание пестицидов даже в небольших количествах.

В данной работе было проведено исследование образца рыбы, выловленной из реки Чермасан (Буздякский район), методом Газовой хроматографии. Выбранный метод обеспечивает наиболее точное разделение летучих соединений и их высокочувствительное количественное определение с помощью специальных детекторов.

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки методом QuEChERS. К навеске гомогенизированной рыбы массой 5г был добавлен растворитель- ацетонитрил в объеме 10 мл, после чего в пробирку была добавлена смесь солей- хлорида натрия (1,5г) и безводного сульфата магния (1,5г). Полученная смесь центрифугируется в течение 5 мин при 4000 об/мин. Далее отбирается верхний слой растворителя, содержащий пестициды. Следующим шагом является добавление смеси адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля) в пробирку, после чего смесь повторно центрифугируется. Верхний слой отбирается и подвергается концентрированию при помощи ротационного испарителя. Полученный концентрат собирается со стенок колбы смесью растворителей (10 мл изookтана + 10 мл ацетонитрила), после чего считается готовым для дальнейших исследований на любом аналитическом приборе.

Образец был исследован с помощью газового хроматографа, оснащенного детектором электронного захвата и капиллярной колонкой CR-5 (состав фазы – 5% фенил 95% диметилполисилоксан, длина колонки 30 м). Программируемые параметры: температура колонки - 200 °С, температура ЭЗД - 250 °С, температура испарителя – 240 °С, поток газа-носителя (азота) – 1.67 мл/мин. Аликвотную пробу экстракта (1 мкл) вводили в газовый

хроматограф. По окончании анализа регистрировали данные о количестве пестицидов в пробе.

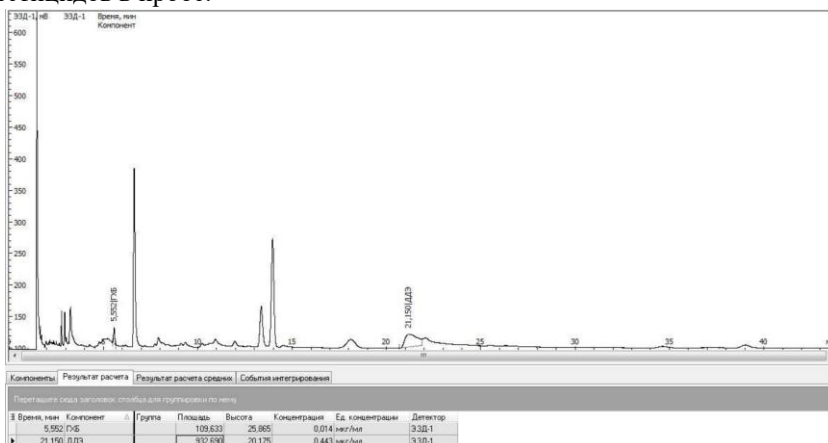


Рис. 1. Результат Газохроматографического определения, полученный при анализе рыбы из реки «Чермасан»

В результате газохроматографического исследования были обнаружены следующие пестициды:

- ГХБ с концентрацией 0,014 мкг/мл (в 100 г филе 1,68 мкг). ПДК= 3 мкг;
- ДДЭ с концентрацией 0,443 мкг/мл (в 100 г филе 53,16 мкг). ПДК= 30 мкг.

Подводя итоги анализа, нельзя не отметить главного:

- установлено наличие запрещенных пестицидов в исследуемом образце (метаболит ДДТ- ДДЭ, а также ГХБ). ПДК ДДЭ превышен практически в 2 раза;
- данная методика позволяет определить содержание пестицидов в рыбе, что даёт возможность контролировать применение пестицидов фермерами.

Литература

1. Morlock, G., Schwack, W. (2010). Hyphenations in planar chromatography. Journal of Chromatography A., Pp. 194-205
2. Войкина Анна Владимировна, Бугаев Леонид Анатольевич//Текст научной статьи по специальности «Ветеринарные науки» «Пробоподготовка qeuchers при определении пестицидов различных химических классов методом ВЭЖХ», стр. 7-12
3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), стр. 136-137

© Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ
ЧЕРМАСАН МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Проблема загрязнения водных экосистем пестицидами является одной из наиболее острых в современной экологии. Обладая высокой биологической активностью, пестициды способны накапливаться в тканях рыб, что представляет угрозу для здоровья человека. Речная рыба может содержать остаточные количества этих соединений, превышающие допустимые нормы. В данной работе представлены результаты исследования по определению содержания хлорорганических пестицидов в мышечной ткани речной рыбы, выловленной в реке Чермасан (Буздякский район), с целью оценки безопасности продукции и экологического состояния водоема методом УФ-Спектроскопии. Данный метод основан на измерении светопоглощения растворами веществ.

В качестве образца для исследования был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки по методу QuEChERS. К навеске рыбы массой 5 г, предварительно очищенной от чешуи, костей и хвоста, был добавлен растворитель- ацетонитрил (10 мл). Далее в пробирку была добавлена смесь солей- хлорида натрия и безводного сульфата магния (3 г). Полученная смесь центрифугировалась в течение 5 мин при 4000 об/мин. По окончании центрифугирования аккуратно отбирается верхний слой растворителя, в который далее добавляется смесь адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля), после чего полученная смесь повторно центрифугируется. Верхний слой отбирается и подвергается концентрированию на ротационном испарителе. Полученный концентрат разбавляется смесью растворителей (10 мл изookтана и 10 мл ацетонитрила), после чего считается готовым для дальнейшей работы на любом аналитическом приборе.

Для анализа Спектрофотометрическим методом полученный экстракт был помещен в кварцевую кювету объемом 10 мл. Во вторую кювету в качестве раствора сравнения была добавлена дистиллированная вода.

Для стандартных растворов пестицидов хлорорганической группы (ГХЦГ и ПХБ) максимум светопоглощения наблюдается при длине волны 210 нм и равен 0,793 (для стандартного раствора ПХБ концентрацией 2 мг/л) и 0,681 (для стандартного раствора ГХЦГ с концентрацией 50 мг/л). На кривой светопоглощения исследуемого экстракта наблюдается максимум при той же

длине волны и значении оптической плотности, равном 0,763, что свидетельствует о наличии пестицидов хлорорганической группы в данном образце.

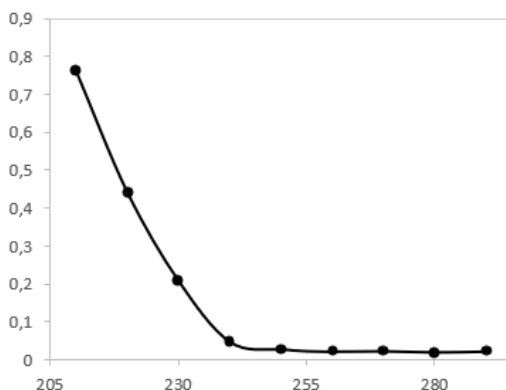


Рис. 1. Кривая светопоглощения экстракта рыбы реки «Чермасан»

Методом УФ-спектроскопии было установлено наличие пестицидов Хлорорганической группы в образце рыбы из реки «Чермасан».

Результаты полученного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- установлено наличие пестицидов хлорорганической группы в исследуемом образце;
- данная методика позволяет определить наличие пестицидов какой-либо группы в рыбе, что даёт возможность контролировать применение пестицидов фермерами.

Литература

1. Thomas, K. W., et al. Assessment of a pesticide exposure intensity algorithm in the agricultural health study // Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2010, 20(6), 559-569
2. Войкина Анна Владимировна, Бугаев Леонид Анатольевич//Текст научной статьи по специальности «Ветеринарные науки» «Пробоподготовка qeschers при определении пестицидов различных химических классов методом ВЭЖХ», стр. 7-12
3. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Южно А.И., ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону// Оценка канцерогенного риска от воздействия хлорорганических соединений в воде систем централизованного водоснабжения, стр. 9-12

ОБНАРУЖЕНИЕ МИКРОКОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ
ЧЕРМАСАН МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Несмотря на развитие высокотехнологичных инструментальных методов анализа, таких как газовая и жидкостная хроматография, задача контроля остаточных количеств пестицидов в речной рыбе остается актуальной, особенно в условиях ограниченных ресурсов или необходимости оперативного мониторинга. Тонкослойная хроматография представляет собой простой, экономичный и достаточно экспрессный метод, позволяющий определять наличие пестицидов в биологических матрицах. В данной работе исследована возможность применения метода ТСХ для определения остаточных пестицидов в мышечной ткани речной рыбы, выловленной из реки Чермасан (Буздякский район).

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки методом QuEChERS. К навеске филе рыбы ($m=5\text{ г}$) был добавлен растворитель- ацетонитрил ($V=10\text{ мл}$). Далее в пробирку была добавлена смесь солей- хлорида натрия и безводного сульфата магния ($m\text{ смеси}=3\text{ г}$). Содержимое пробирки подверглось центрифугированию в течение 5 мин при 4000 об/мин. По окончании центрифугирования отбирается верхний слой-экстракт, содержащий пестициды. Следующим шагом является добавление смеси адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля) в пробирку, после чего смесь повторно центрифугируется. Верхний слой (при наличии разделения) отбирается и подвергается концентрированию при помощи ротационного испарителя. Полученный концентрат собирается со стенок колбы смесью растворителей (10 мл изооктана и 10 мл ацетонитрила), после чего считается готовым для дальнейших исследований на любом аналитическом приборе.

Для анализа методом тонкослойной хроматографии полученный экстракт наносится на специальную пластину, покрытую силикагелем. После этого пластина помещается в хроматографическую камеру, содержащую подвижную фазу. В качестве подвижной фазы была выбрана смесь растворителей «гексан, толуол, ацетон» в соотношении 15:5:1. В качестве проявителя использовался раствор нитрата серебра и УФ-излучение. Сразу после извлечения пластины из хроматографической камеры, на нее распыляется раствор проявителя, после чего пластина помещается под УФ-лампу на 45 секунд.

В результате на пластине стали заметны коричневые пятна пестицидов, что говорит о непосредственном их присутствии в экстракте рыбы.



Рис. 1. Хроматографическая пластина с пятнами пестицида

Результаты полученного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- установлено наличие пестицидов в исследуемом образце;
- данная методика позволяет быстро определить наличие пестицидов в рыбе, что даёт возможность контролировать применение пестицидов фермерами

Литература

1. Prosek, M., Medja, A., et al. (2006). Quantitative evaluation of thin-layer chromatography. Journal of AOAC International, Pp. 23-41
2. Кабиров Г.Ф., Кадырова Р.Г., Муллахметов Р.Р. Журнал «Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана»//«Тонкослойная хроматография. Экспресс-метод анализа химических соединений»
3. Клисенко М. А., Калинина А. А., Новикова К. Ф. и др. - М.: Колос//Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочник. - Т. 1, 1992. - 567 с,

© Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РЫБЫ РЕКИ ТУРСАГАЛИ НА ПРЕДМЕТ
НАЛИЧИЯ ОСТАТОЧНЫХ ПЕСТИЦИДОВ МЕТОДОМ
ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Расширение сельского хозяйства с активным применением средств защиты растений приводят к накоплению пестицидов в объектах окружающей среды. Рыба, являясь конечным звеном в трофической цепи водных экосистем, обладает способностью к биоаккумуляции ксенобиотиков, в том числе остаточных пестицидов. При употреблении такой рыбы человеком, попадание пестицидов в организм несет потенциальные риски для здоровья, что обуславливает необходимость качественного и количественного анализа на предмет наличия пестицидов и соответствие предельно допустимым концентрациям.

В данной работе было проведено исследование образца рыбы, выловленной из реки Турсагали (Аургазинский район), методом Тонкослойной хроматографии. Этот метод позволяет разделять смеси и идентифицировать пестициды по подвижности пятен на пластине.

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки по методу QuEChERS. Для экстракции к навеске гомогенизированного филе рыбы массой 5г был добавлен растворитель-ацетонитрил объемом 10 мл. Далее в пробирку была добавлена смесь солей-хлорида натрия и безводного сульфата магния массой 3г. Полученная смесь центрифугировалась в течение 5 мин при 4000 об/мин. По окончании центрифугирования отбирается верхний (ацетонитрильный) слой, в который добавляется смесь адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля), после чего содержимое пробирки повторно центрифугируется при тех же условиях. Верхний слой отбирается в объеме 5 мл и подвергается концентрированию при помощи ротационного испарителя. Полученный концентрат разбавляется смесью растворителей (ацетонитрил и изооктан) объемом 20 мл и готов для дальнейшей работы на любом аналитическом приборе.

Для анализа методом тонкослойной хроматографии полученный экстракт наносится на специальную пластину, покрытую силикагелем. После этого пластина помещается в хроматографическую камеру, содержащую подвижную фазу. В качестве подвижной фазы была выбрана смесь растворителей «гексан, толуол, ацетон» в соотношении 15:5:1. В качестве

проявителя использовался раствор нитрата серебра и УФ-излучение. Сразу после извлечения пластины из хроматографической камеры, на нее распыляется раствор проявителя, после чего пластина помещается под УФ-лампу на 45 секунд.

В результате на пластине стали заметны коричневые пятна пестицидов, что говорит о непосредственном их присутствии в экстракте рыбы.



Рис. 1. Хроматографическая пластина с пятнами пестицида

Результаты полученного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- установлено наличие пестицидов в исследуемом образце;
- данная методика позволяет экспрессно определить наличие пестицидов в рыбе, что даёт возможность контролировать применение пестицидов фермерами

Литература

1. Prosek, M., et al. (2006). Quantitative evaluation of thin-layer chromatography. Journal of AOAC International, Pp. 23-41
2. Кабиров Г.Ф., и др. Журнал «Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана»//«Тонкослойная хроматография. Экспресс-метод анализа химических соединений»
3. Клисенко М.А, и др. - М.: Колос//Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочник. - Т. 1, 1992. - 567 с,

© Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

УДК 543.064

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ХЛОРООРГАНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ В РЫБЕ РЕКИ ТУРСАГАЛИ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Вследствие активного применения пестицидов в мире возникла неочевидная проблема загрязнения экосистем. Оседая на полях, токсины смываются дождями в реки, где накапливаются в рыбе путем биоаккумуляции и не выводятся из нее полностью. Даже вдали от заводов в рыбе могут обнаруживаться различные пестициды. Задачей нашего исследования является обнаружение пестицидов хлорорганической группы в рыбе, выловленной в одной из рек Республики Башкортостан.

В данной работе было проведено исследование образца рыбы, выловленной из реки Турсагали (Аургазинский район), методом УФ-Спектроскопии. Метод основан на измерении светопоглощения растворами веществ.

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки по методу QuEChERS. Для экстракции к навеске гомогенизированного филе рыбы массой 5г был добавлен растворитель-ацетонитрил объемом 10 мл. Далее в пробирку была добавлена смесь солей-хлорида натрия и безводного сульфата магния массой 3г. Полученная смесь центрифугировалась в течение 5 мин при 4000 об/мин. По окончании центрифугирования отбирается верхний (ацетонитрильный) слой, в который добавляется смесь адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля), после чего содержимое пробирки повторно центрифугируется при тех же условиях. Верхний слой отбирается в объеме 5 мл и подвергается концентрированию при помощи ротационного испарителя. Полученный концентрат разбавляется смесью растворителей (ацетонитрил и изооктан) объемом 20 мл и готов для дальнейшей работы на любом аналитическом приборе.

Для анализа Спектрофотометрическим методом полученный экстракт был помещен в одну из кварцевых кювет. Во вторую кювету в качестве раствора сравнения была добавлена дистиллированная вода.

Для стандартных растворов пестицидов хлорорганической группы (ГХЦГ и ПХБ) максимум светопоглощения наблюдается при длине волны 210 нм и равен 0,793 (для стандартного раствора ПХБ концентрацией 2 мг/л) и 0,681 (для стандартного раствора ГХЦГ с концентрацией 50 мг/л). На кривой

светопоглощения образца «Турсагали» наблюдается максимум при той же длине волны и значении оптической плотности, равном 0,936, что свидетельствует о наличии пестицидов хлорорганической группы в данном образце.

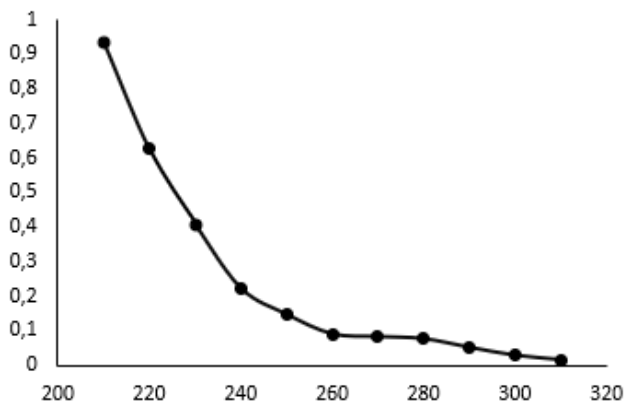


Рис. 1. Кривая светопоглощения экстракта рыбы реки «Турсагали»

Методом УФ-спектроскопии было установлено наличие пестицидов Хлорорганической группы в образце рыбы из реки «Тауш».

Результаты полученного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- установлено наличие пестицидов хлорорганической группы в исследуемом образце;
- данная методика позволяет быстро определить наличие пестицидов какой-либо группы в рыбе, что даёт возможность экспрессно контролировать применение пестицидов фермерами.

Литература

1. Mojiri A., Zhou J.L., Robinson B., Ohashi A., Ozaki., Kindaichi T., Farraji H., Vakili M. Pesticides in aquatic environments and their removal by adsorption methods // Chemosphere. 2020. V. 253. P. 126646.
2. Клисенко М. А., Калинина А. А., Новикова К. Ф. и др. - М.: Колос//Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочник. - Т. 1, 1992. - 567 с
3. Мельников Н.Н., Белан С.Р. Органические соединения хлора в окружающей среде // Агрохимия. 1998. №. 10. С. 83-93.

© Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ
ПЕСТИЦИДАМИ НА ПРИМЕРЕ РЫБЫ РЕКИ ТУРСАГАЛИ МЕТОДОМ
ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

Активное применение пестицидов фермерами привело к их повсеместному распространению в водных экосистемах. Попадая в реки с дождевыми стоками с полей, эти вещества накапливаются в рыбе, создавая потенциальную угрозу для множества организмов. В связи с этим особую значимость приобретает количественное определение остаточных пестицидов с последующей оценкой их соответствия предельно допустимым концентрациям.

Задачей нашего исследования является количественный анализ пестицидов в рыбе, выловленной из реки Турсагали (Аургазинский район), методом Газовой хроматографии. Выбранный метод обеспечивает наиболее точное разделение летучих соединений и их высокочувствительное количественное определение с помощью специальных детекторов.

В качестве образца был использован экстракт рыбы, полученный в результате пробоподготовки методом QuEChERS. К навеске гомогенизированной рыбы массой 5г был добавлен растворитель- ацетонитрил в объеме 10 мл, после чего в пробирку была добавлена смесь солей- хлорида натрия (1,5г) и безводного сульфата магния (1,5г). Полученная смесь центрифугируется в течение 5 мин при 4000 об/мин. Далее отбирается верхний слой растворителя, содержащий пестициды. Следующим шагом является добавление смеси адсорбентов (900 мг безводного сульфата магния и 150 мг силикагеля) в пробирку, после чего смесь повторно центрифугируется. Верхний слой отбирается и подвергается концентрированию при помощи ротационного испарителя. Полученный концентрат собирается со стенок колбы смесью растворителей (10 мл изоктана + 10 мл ацетонитрила), после чего считается готовым для дальнейших исследований на любом аналитическом приборе.

Образец был исследован с помощью газового хроматографа «Кристалл 5000.1», оснащенного детектором электронного захвата и капиллярной колонкой CR-5 (состав фазы – 5% фенил 95% диметилполисилоксан, длина колонки 30 м, внутренний диаметр 0.32 мм, толщина пленки – 0.5 мкм). Программируемые параметры: температура колонки - 200 °С, температура ЭЗД - 250 °С, температура испарителя – 240 °С, поток газа-носителя (азота) – 1.67 мл/мин. Аликвотную пробу экстракта (1 мкл) вводили в газовый

хроматограф. По окончании анализа регистрировали данные о количестве пестицидов в пробе.

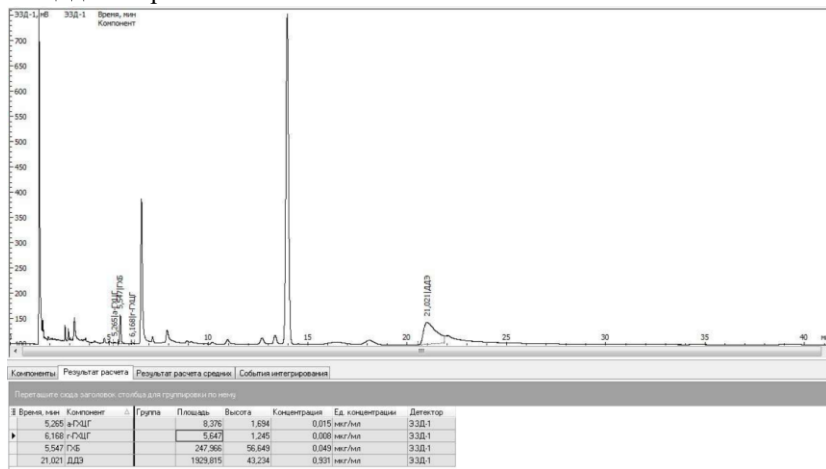


Рис. 1. Результат Газохроматографического определения, полученный при анализе рыбы из реки «Турсагали»

В результате газохроматографического исследования были обнаружены следующие пестициды:

Были обнаружены следующие пестициды:

- α-ГХЦГ с концентрацией 0,015 мкг/мл (на 100 г филе 1,8 мкг). ПДК= 3мкг
- γ-ГХЦГ с концентрацией 0,008 мкг/мл (на 100 г филе 0,96 мкг). ПДК=3 мкг
- ГХБ с концентрацией 0,049 мкг/мл (на 100 г филе 5,88 мкг). ПДК= 3 мкг
- ДДЭ с концентрацией 0,931 мкг/мл (на 100 г филе 111,72 мкг). ПДК= 30 мкг

Результаты полученного исследования позволяют сделать следующие выводы:

- установлено наличие пестицидов, запрещенных к применению (ДДТ или его метаболиты, ГХБ, ГХЦГ)
- установлено значительное превышение ПДК ГХБ и ДДЭ
- данная методика позволяет достаточно точно определить содержание пестицидов в рыбе, что даёт возможность контролировать применение пестицидов фермерами.

Литература

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), стр. 136-137

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭДАРАВОНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

Кутепова П.Р.¹, Ульмаскулова Л.Р.¹, Перфилова Ю.А.², Загитова Л.Р.²

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Уфимский Институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Окислительный стресс является ключевым патогенетическим звеном нейродегенеративных заболеваний (инсульт, болезнь Паркинсона, БАС). Эдаравон (Ed) - единственный клинически одобренный антиоксидант для лечения острого ишемического инсульта, однако его применение ограничено умеренной активностью и нестабильностью. Поиск более эффективных и стабильных аналогов - актуальная задача. Перспективный подход - модификация пиразолонового остова (Рис. 1): введение *трет*-бутильной (t-Bu-Ed, липофильный и стерический фактор) или трифторметильной (F3C-Ed, сильный электроноакцепторный эффект) групп способно кардинально изменить электронную плотность и, следовательно, антиоксидантный механизм [1]. В работе впервые методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) проведено прямое сравнительное электрохимическое исследование трех соединений, позволяющее не только количественно оценить антиоксидантную активность (по потенциалу окисления), но и выявить влияние заместителей на кинетику переноса электрона. Это важно для целенаправленного дизайна новых нейропротекторов.

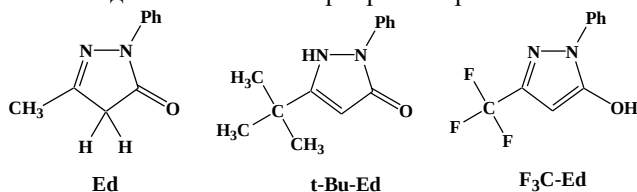
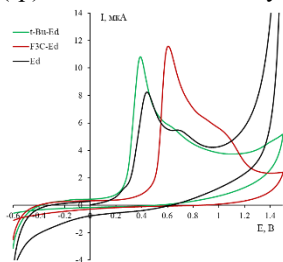


Рис. 1. Структура эдаравона и его производных: 5-метил-2-фенил-4H-пиразол-3-он (Ed); 5-третбутил-2-фенил-пиразол-3-он (t-Bu-Ed); 5-трифторметил-2-фенил-пиразол-3-ол (F3C-Ed)

Исследования проводили в одинаковых условиях: концентрация каждого соединения в растворе составляла 0.5 мМ. На анодных ветвях циклических вольтамперограмм для всех трех соединений наблюдается по одному четко выраженному необратимому пику окисления (Рис. 2). Парные катодные пики на обратном сканировании отсутствуют, что свидетельствует о необратимом или квазиобратимом характере электрохимического окисления. Образующийся в результате первичной электрохимической

стадии радикальный продукт, по-видимому, быстро вступает в последующую химическую реакцию (например, димеризацию или взаимодействие с растворителем) и становится электрохимически неактивным в исследуемом диапазоне потенциалов, что соответствует классическому ЕС-механизму (E (Electrochemical step) – перенос электрона на электроде, C (Chemical step) – последующая химическая реакция в растворе (без участия электрода)). Ключевые количественные параметры – потенциал анодного пика (E_p) и ток пика (I_p) – сведены в таблицу на Рис. 2.



Соединение	E_p , В	I_p , мкА
t-Bu-Ed	0.400	9.584
Ed	0.439	6.439
F ₃ C-Ed	0.627	8.084

Рис. 2. ЦВА Ed, t-Bu-Ed и F₃C-Ed (0.5 мМ) на СУЭ (скорость сканирования 100 мВ/с, ФБР pH 6.86, Ag/AgCl).

Наименьший потенциал окисления зафиксирован для t-Bu-Ed, наибольший – для F₃C-Ed, причём незамещённый эдаравон занимает промежуточное положение. Эта закономерность полностью соответствует электронному влиянию заместителей: трет-бутильная группа является электронодонорной, что стабилизирует положительный заряд, возникающий при отрыве электрона, и облегчает окисление, смещая потенциал в отрицательную область. Напротив, трифторметильная группа – сильный электроноакцептор, дестабилизирующий переходное состояние и затрудняющий окисление, что проявляется в более положительном потенциале. Таким образом, по термодинамической силе как восстановители (антиоксиданты) исследуемые соединения образуют ряд: t-Bu-Ed > Ed > F₃C-Ed.

Работа выполнена в рамках гос. Задания № 125020601626-9.

Литература:

1. Stanislav A. Grabovskii; Almaz R. Migranov; Lucija R. Yakupova; Nadezhda M. Andriyashina; Rustam L. Safiullin. Antioxidant mechanism of Edaravone and its amine analogs: Combined kinetic and DFT study// *Bioorganic Chemistry*, V. 12, 2025.

© Кутепова П.Р., Ульмаскулова Л.Р., Перфилова Ю.А.,
Загитова Л.Р., 2026

ВЫБОР ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИЩЕВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ВЭЖХ

Лавриненко Е.А., Соболева И.Г.

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Качество контроля синтетических пищевых красителей напрямую зависит от правильного выбора хроматографической колонки. Даже при одинаковых параметрах элюирования разные типы неподвижных фаз могут давать противоположные результаты – от полного разделения до слияния пиков.

Цель работы – сравнительная оценка разделительной способности трех типов хроматографических колонок и выбор оптимальной для рутинного контроля качества пищевой продукции.

В качестве объектов исследования выбраны семь красителей, применяемых в пищевом производстве: тартразин E102, хинолиновый желтый E104, желтый «солнечный закат» E110, азорубин E122, понсо 4R E124, красный очаровательный E129, синий блестящий E133.

Исследование проводили на хроматографе Shimadzu-LC20AD со спектрофотометрическим детектором. Подвижная фаза ацетонитрил:ацетат аммония 100 ммоль/л в градиентном режиме (от 5 до 30% ацетонитрила). Детектирование осуществляли при длинах волн 427 нм, 413нм, 483 нм, 518нм, 509нм, 510нм, 631нм соответственно для E102, E104, E110, E122, E124, E129 и E133 [1]. Температура термостата 40°C. Для анализа использовали колонки, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Хроматографические колонки и их характеристики

Название колонки	Размер (длина*диаметр, мм)	Скорость потока, мл/мин	Состав НФ
PerfectChrom 100 NH2	250*4,6	0,3	C8
MZ-RAH	250*2,1	0,3	C18
COSMOSIL	250*4,6	1,0	C18

В результате проведенных экспериментов на каждой из колонок были получены хроматограммы смеси красителей с концентрацией 10 мкг/л (рис. 1). Порядок элюирования веществ и время анализа не меняется. Наибольшее разрешение было достигнуто на колонке COSMOSIL. На колонке PerfectChrom 100 NH2 и MZ-RAH пики красителей сливались, что свидетельствует о недостаточном разделении и низкой эффективности колонок в заданном режиме.

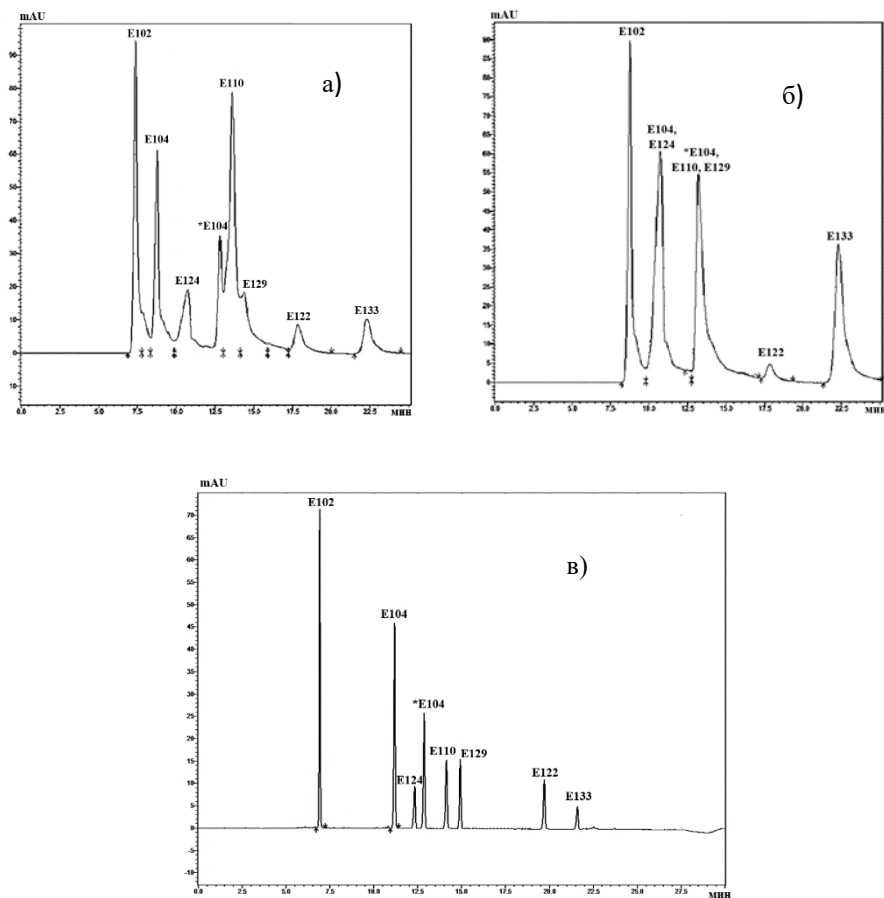


Рис. 1. Хроматограммы красителей при использовании колонок:

а) PerfectChrom 100 NH2; б) MZ-RAH; в) COSMOSIL

Таким образом, колонка COSMOSIL признана оптимальной для одновременного определения семи красителей.

Литература

1. ГОСТ 34229-2017 Продукция соковая. Определение синтетических красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. - Москва: Изд-во «Стандартинформ», 2018. – 20 с.

© Лавриненко Е.А., Соболева И.Г., 2026

РАСПОЗНАВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ КРИСТАЛЛАМИ
ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ГРАФИТИРОВАННОЙ
ТЕРМИЧЕСКОЙ САЖИ

Леванов Д.А., Зиновьев И.М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Высокая стоимость энантиомеров высокой степени чистоты обуславливает необходимость разработки более совершенных методов их разделения. Хиральное распознавание реализуется через образование диастереомерной пары между энантиомером и хиральным селектором (асимметричным атомом углерода). Поскольку после открытия циклодекстринов не появилось более подходящей системы для разделения, классический механизм утратил потенциал для дальнейшего изучения. В связи с этим актуален поиск иных способов распознавания энантиомеров.

Интерес представляют системы, обладающие супрамолекулярной хиральностью, которая, в свою очередь, возникает не за счет одного асимметричного атома углерода, а взаимного расположения молекул, атомов, ионов. Супрамолекулярная хиральность наблюдается для слоев, спиралей, энантиоморфных кристаллов и других объектов. Для изучения были выбраны кристаллы циануровой кислоты, адсорбированные на поверхности графитированной термической сажи (ГТС). Они получались по методике адсорбирования циануровой кислоты на поверхность сажи из раствора вода-ацетонитрил в соотношении 3:1. Классический хиральный селектор в виде асимметричного атома углерода у изучаемых кристаллов отсутствует, однако, при кристаллизации могут образовывать супрамолекулярные структуры с двумя хиральными доменами из-за нарушения симметрии при самосборке.

Способность изучаемых кристаллов к хиральному распознаванию энантиомеров изучалась при помощи методов газовой хроматографии. В качестве тест-субстратов были использованы энантиомеры лимонена и α -пинена:

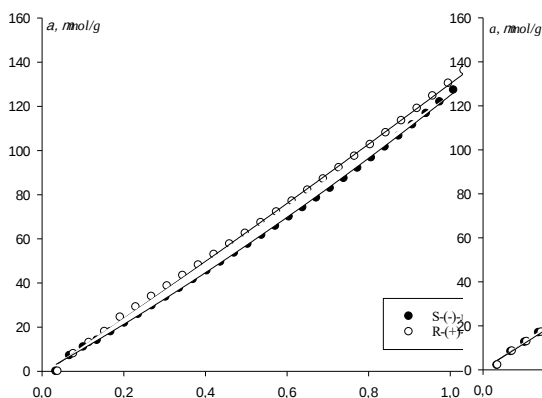


Рис. 1. Изотермы адсорбции паров лимоненов при 60 °С на кристаллах циануровой кислоты, нанесенной на ГТС

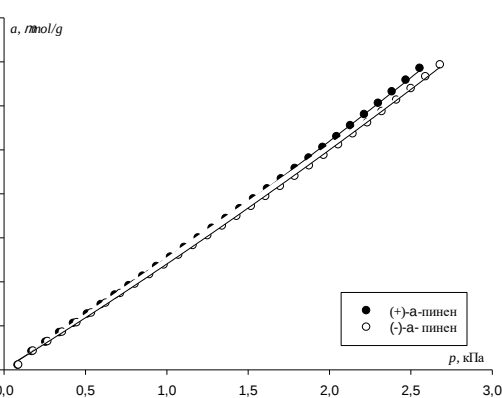


Рис. 2. Изотермы адсорбции паров α -пиненов при 60 °С на кристаллах циануровой кислоты, нанесенной на ГТС

При исследовании кристаллов циануровой кислоты, нанесенной на поверхности графитированной термической сажи на способность к распознаванию энантиомеров лимонена и α -пинена, была установлена возможность к распознаванию энантиомеров. Исследование показало способность к хиральному распознаванию лимонена и α -пинена. Наибольшие различия в величинах адсорбции энантиомеров достигались в областях высоких парциальных давлений при температуре 60°С, наибольший коэффициент энантиоселективности равен 1,04.

Литература

1. Бутин К.П. Теоретическая стереохимия, 1999. С 231-233.
2. Коваленко В. Н. Разделение рацематов на энантиомеры методом кристаллизации: современные достижения, 2015. С 12-13.
3. Гуськов В. Ю. Новые адсорбенты на основе ряда гетероциклических соединений: получение, свойства, применение в хиральной хроматографии, 2021. С 5-8.

© Леванов Д.А., Зиновьев И.М., 2026

УДК: 543.6

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСПАРТАМА В НАПИТКАХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ

Логунова У.К., Мелихова Е.В.

Липецкий Государственный Технический Университет, Липецк, Россия

Контроль за содержанием подсластителей в пищевых продуктах и лекарственных препаратах является одним из актуальных направлений аналитической химии [1]. В работе представлены результаты оценки содержания аспартама в различных по составу матрицах методом ВЭЖХ (хроматограф «Shimadzu» (Япония) с колонкой C18M 4E Shodex) при следующих условиях: температура колонки 40°C, спектрофотометрический детектор (220 нм), элюент - KH_2PO_4 (pH=3,5):ацетонитрил в соотношении 87:13.

Хроматограмма определения аспартама в лекарстве «Анвимакс», производитель ООО НПО «ФармВилар», Россия (образец 1, рис. 1), пик аналита (время удерживания (t_R) 13,753 мин) практически совпадает со временем удерживания стандартного раствора. Сопутствующие более полярные соединения – парацетамол и аскорбиновая кислота на хроматограмме появились значительно раньше - $t_R = 2,899$ мин и 5,205 мин соответственно и не мешают идентификации аспартама.

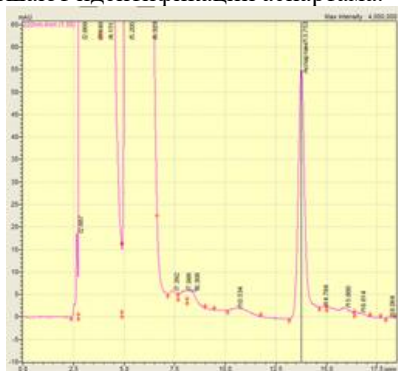


Рис. 1. Хроматограмма определения аспартама в лекарственном препарате «Анвимакс»

При детектировании аспартама в таблетках «Гексорал», производитель «Юник Фармасьютикал Лабораториз», Индия (образец 2) и напитке «Coca-Cola Zero», производитель ООО «Кока-Кола Бервиджиз Белоруссия», Беларусь (образец 3) следует отметить, что оба пика (рис. 2) характеризуются высокими значениями коэффициента асимметрии ($A_s = 1$ и 1,4 соответственно).

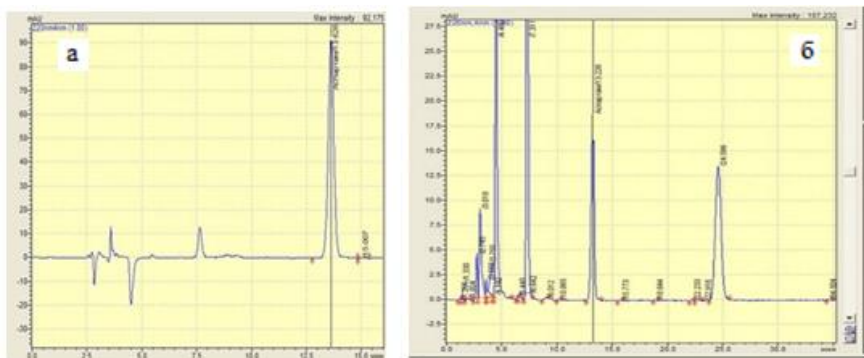


Рис. 2. Хроматограммы лекарственного препарата «Гексорал» (а) и напитка «Coca-Cola Zero» (б)

Незначительные колебания времени удерживания аналита может быть связано с матричным эффектом, частично нивелируемым выбранной буферной системой. По предварительно построенному градуировочному графику устанавливали содержание аспартама в образцах и сравнивали с данными производителей (табл.1). Оценка результатов по критерию Стьюдента (t) не выявила значимых расхождений.

Таблица 1

Содержание аспартама в образцах лекарств и напитков

Образец	Рассчитано	Заявлено	S_f	t ($t_{\text{крит}} = 4,3$)
1	$3,3 \pm 0,06$ мг/г	4 мг/г	0,035	2,2
2	$1,17 \pm 0,13$ мг/г	1 мг/г	0,095	3,1
3	144 ± 2 мг/кг	-*	0,095	3,1

* -точное количество производителем не указано

Для образцов лекарственных препаратов установлено соответствие содержания аспартама значениям, заявленным производителем. Для образца напитка Coca-Cola Zero содержание находится ниже максимально допустимого уровня, установленного нормативной документацией [2].

Литература

1. Минеро А.С. Обзор методов определения соединений углеводной природы в биологических лекарственных препаратах / А.С. Минеро, О.Б. Рунова, О.Б. Устинникова // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. – 2023. – С.194-202.
2. Технический регламент таможенного союза ТР/ТС 029/2012 (с изменениями на 29 августа 2023 года) «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

© Логунова У.К., Мелихова Е.В., 2026

ДВУХФАЗНАЯ ХИРАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ОСНОВЕ
КОМПОЗИТНОГО ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА И D-
КАМФОРСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭНАНТИОМЕРОВ МЕТИОНИНА

Макарычева К.В., Степанова П.А., науч.руководитель: Зильберг Р.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Метионин является незаменимой серосодержащей α -аминокислотой, участвующей в процессах метилирования, антиоксидантной защиты и регуляции клеточного метаболизма. В последние годы особое внимание уделяется не только общему содержанию метионина, но и соотношению его энантиомерных форм, поскольку изменение аминокислотного профиля и появление D-аминокислот рассматриваются как информативные признаки метаболической перестройки при онкологических заболеваниях, включая рак легкого [1]. Поэтому создание быстрых и селективных способов энантиомерного анализа метионина представляет практический интерес для клинически ориентированной аналитической химии. Одним из таких методов является вольтамперометрия с применением энантиоселективных сенсоров [2-6].

Целью работы являлась разработка двухфазной хиральной системы для вольтамперометрического определения D- и L-метионина. В качестве рабочего электрода использовали стеклоуглеродный электрод, модифицированный композитным слоем на основе полиэлектrolитного комплекса хитозана и наночастиц золота. Хитозан формирует хиральную и сорбционную активную полимерную матрицу, тогда как наночастицы золота повышают электропроводность интерфейса и облегчают перенос заряда. Вторую, жидкую фазу системы задавали введением D-камфорсульфоновой кислоты, выполняющей функцию дополнительного хирального селектора и способствующей усилению различий в межфазном взаимодействии энантиомеров.

Аналитический отклик регистрировали методом дифференциальной импульсной вольтамперометрии, позволяющей повысить соотношение сигнал/фон, что особенно важно при регистрации слабых различий в электроокислении энантиомеров и последующей оценке аналитических характеристик сенсорной системы. Установлено, что предложенная система обеспечивает различимые пики окисления D- и L-метионина. Линейная зависимость тока пика от концентрации сохранялись в диапазоне $3 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ М. Пределы обнаружения, рассчитанные по 3S-критерию, составили

$1.6 \cdot 10^{-6}$ М для D-метионина и $1 \cdot 10^{-6}$ М для L-метионина: нижние границы определяемых концентраций по 10S-критерию – $5.3 \cdot 10^{-6}$ М и $4.3 \cdot 10^{-6}$ М соответственно. Дополнительным преимуществом предложенного подхода является возможность варьирования состава как электродной пленки, так и хирального агента в составе фонового электролита, что открывает перспективы адаптации платформы для анализа других биологически значимых серосодержащих аминокислот в сложных матричных объектах.

Таким образом, сочетание хирально-модифицированной поверхности электрода и хирального селектора в составе фонового электролита позволяет сформировать двухфазную систему, пригодную для экспрессного энантиоселективного определения метионина. Предложенный подход может быть использован как основа для дальнейшей разработки компактных электрохимических сенсоров аминокислотных биомаркеров.

Литература

1. Negut C. C., Stefan-van Staden R.-I., Mihai R.-M. An enantioselective portable stochastic platform for quick screening of whole blood for methionine enantiomers. A new approach for early diagnosis of lung cancer // *Microchemical Journal*. – 2024. – Vol. 205.
2. Rational design of highly enantioselective composite voltammetric sensors using a computationally predicted chiral modifier / R. A. Zilberg, I. V. Vakulin, Yu. B. Teres, et al. // *Chirality*. – 2022. – Vol. 34, No. 11. – P. 1472-1488. –
3. Майстренко, В. Н. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры / В. Н. Майстренко, Г. А. Евтюгин, Р. А. Зильберг. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. – 189 с. – ISBN 978-5-7477-4754-8. – EDN SEWOBC.
4. Gizatov R. R., Teres Yu. B., Galimov M. N., et al. Synthesis and Application of Chelate Complexes $[\text{Zn}(\text{L-arg})_2(\text{H}_2\text{O})]$ and $[[\text{Zn}(\text{L-arg})_2(\text{H}_2\text{O})](\text{SO}_4)]_2$ – as Chiral Selectors. – *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 2025. – V. 51, No. 2, P. 119.
5. Zilberg R. A., Teres Y. B., Bulysheva E. O., et al.. A chiral Ni(II) complex immobilized on Carboblack C as a readily available and effective enantioselective voltammetric sensor for recognition of atenolol enantiomers in real samples. – *Electrochimica Acta*, 2025. – V. 529, P. 146309.
6. Voltammetric sensor for naproxen enantiomers based on a paste electrode modified with a Chiral nickel(II) complex / R. A. Zilberg, Y. B. Teres, I. V. Vakulin, et al. // *Chirality*. – 2025. – Vol. 37, No. 2. – P. e70025.

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДСОРБЦИИ ЭНАНТИОМЕРОВ КАМФОРА НА ЦЕОЛИТПОДОБНОМ МАТЕРИАЛЕ БОРФОСФАТА МЕДИ

Мансурова Э.Р., Изибаева Д.В., Утеева Ж.Д.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В последнее время значительный интерес вызывают цеолитоподобные материалы, которые используются в качестве хиральных неподвижных фаз в хроматографии. Цеолитоподобный борфосфат меди ранее показал хорошие результаты в ОГХ-разделении лимоненов и пиненов, а также при адсорбции энантиомеров триптофана [1]. Полученные данные позволяют предположить его эффективность для более сложных хиральных кетонов, в частности камфоры.

На рисунке 1 представлены кинетические кривые раствора с концентрацией 1200 мкг/мл. (+)-камфора демонстрирует значения адсорбции значительно выше в кинетической и равновесной областях. При проведении эксперимента в течение 2 часов (+)-камфора выходила на равновесие к 60 минутам, а (-)-камфора не адсорбировался. При проведении длительной адсорбции (-)-камфора начинал адсорбироваться к 18 часам эксперимента. Значение коэффициента энантиоселективности составляет 2.89 в кинетической, и 1.87 в равновесной областях.

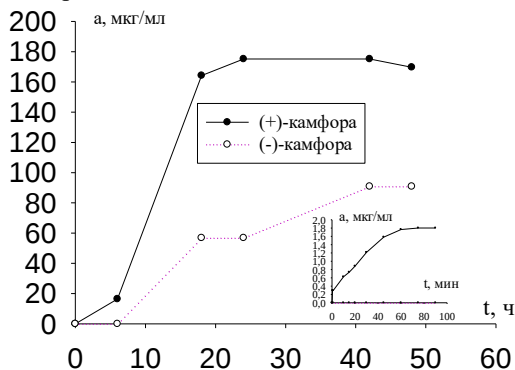


Рис. 1. Кинетическая кривая адсорбции энантиомеров камфоры при концентрации 1200 мкг/мл

Литература

1. Approach to Enantiomer Recognition during Adsorption by Different Adsorption Rates on Zeotype Borophosphate $\text{LiCu}_2[\text{BP}_2\text{O}_8(\text{OH})_2]$ with Spontaneously Emerged Chirality / Z. D. Uteeva, E. R. Mansurova, Y. F. Sharafutdinova, et al. // *Langmuir*. – 2025. – Vol. 41, no. 5. – P. 3541–3548.

© Мансурова Э.Р., Изибаева Д.В., Утеева Ж.Д., 2026

ТЕМПОРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ
СИСТЕМЫ
«ЭЛЕКТРОННЫЙ НОС» ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ
ГОРОДСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗОН

Мигранова В.Р., Сидельникова Е.А., Васенина Н.А., Стрелкова Е.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Мониторинг качества воздушной среды городских территорий является актуальной задачей экологической аналитики. Мультисенсорные системы типа «электронный нос» на основе металлооксидных (МОХ) сенсоров позволяют регистрировать многомерные отклики на сложные смеси летучих соединений, однако анализ таких данных требует применения методов снижения размерности и выделения информативных признаков [1, 2]. В данной работе предложен подход, сочетающий метод главных компонент (РСА) с темпоральным анализом временных рядов сенсорных сигналов, для исследования запаховой активности в различных экологических зонах г. Уфы.

Измерения проводились с помощью мультисенсорной системы, включающей 9 МОХ-сенсоров. Объектами исследования выступали 14 зон города, различающихся по типу: природные, жилые, транспортные и промышленные. Для каждой зоны регистрировали по 50 вольтамперограмм. Суммарный массив данных составил 700 измерений, каждое из которых содержало 970 точек по напряжению [3].

Для анализа сформированной матрицы данных применяли РСА. В отличие от классического подхода, где объектами выступают отдельные вольтамперограммы, в данной работе реализован темпоральный РСА: матрица транспонировалась, после чего объектами становились точки напряжения, а признаками – последовательные измерения. Это позволило выявить закономерности эволюции сигналов во времени. Дополнительно рассчитывали темпоральный индекс кинетической сложности (ТИКС) на основе частотных портретов главных компонент, а также применяли метод one-leave-out для детектирования аномалий [4].

Первые три главные компоненты объяснили более 80 % дисперсии, однако наиболее информативными для различения зон оказались компоненты с 4-й по 10-ю, суммарно содержащие в 2–2.4 раза больше информации о химическом составе воздуха, чем первая компонента. Промышленная зона Z10 продемонстрировала аномально высокие значения ТИКС, выходящие за пределы доверительного интервала $\mu \pm 3\sigma$, что указывает на наличие нестационарных источников эмиссии. Метод one-leave-out подтвердил уникальность частотного портрета данной зоны. Транспортная магистраль Z5, напротив, характеризовалась минимальной

вариабельностью сигналов, что согласуется с относительно однородным составом выхлопных газов в условиях постоянного движения без остановок.

Таким образом, предложенный подход позволяет не только картировать городские территории по уровню запаховой нагрузки, но и выявлять скрытые закономерности в динамике сенсорных сигналов за счёт анализа глубоких главных компонент. Результаты могут быть использованы для создания систем непрерывного мониторинга качества воздуха и оперативного обнаружения нештатных ситуаций.

Таблица

Зона	Тип	Средний ТИКС	Число аномалий
Z1–Z4	Природные/жилые	0.45–0.52	0
Z5–Z6	Транспортные	0.48–0.55	0
Z10	Промышленная	0.89	9
Z7–Z9, Z11–Z14	Промышленные	0.50–0.62	0–1

Литература

1. Gardner J.W., Bartlett P.N. A brief history of electronic noses // Sensors and Actuators B. 1994. Vol. 18, № 1–3. P. 210–211.
2. Jolliffe I.T. Principal Component Analysis. 2nd ed. New York: Springer, 2002. 487 p.
3. Pearce T.C., Schiffman S.S., Nagle H.T., Gardner J.W. Handbook of Machine Olfaction. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. 592 p.
4. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Sidelnikov A.V. Mesoscopic theory of percolation currents associated with quantitative description of VAGs: Confirmation on real data // Chaos, Solitons and Fractals. 2018. Vol. 106. P. 171–183.

© Мигранова В.Р., Сидельникова Е.А., Васенина Н.А.,
Стрелкова Е.А., 2026

УДК 628.312.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ВЫСОКОСТОЙКИХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В ПРОЦЕССЕ НЕФТЕДОБЫЧИ

Мифтахутдинов Д.А.^{1,2}, Бахтеев С.А.², Гармонов С.Ю.²

¹Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья,
Казань, Россия

²Казанский национальный исследовательский технологический
университет, Казань, Россия

При добыче нефти существует проблема накапливания промежуточного слоя в вертикальных стальных резервуарах (РВС). Промежуточный слой представляет собой высокостойкую водонефтяную эмульсию,

скапливающуюся на границе нефти и воды, которая образуется при обезвоживании нефти и состоит из воды, нефти, твердых частиц (механических примесей).

Для исследования состава промежуточного слоя нами был использован метод адсорбционной жидкостной хроматографии. Используя различные растворители, из РВС выделены следующие группы углеводородов: асфальтены; парафины; ароматические углеводороды; смолистые вещества. Сначала выделяются асфальтены, далее деасфальтизат разделяется на адсорбционной колонке на масла и силикагелевые смолы. Масла содержат парафины и ароматические углеводороды. Парафины из масла выделяются холодным фильтрованием. В таблице 1 приведены результаты с учетом содержания в исходной пробе воды и механических примесей.

Таблица 1

Состав промежуточного слоя

Наименование показателя, единица измерения	Результаты
Массовая доля воды, масс. %	50,0
Массовая доля механических примесей, масс. %	4,16
Групповой состав, масс. %:	
Асфальтены	2,19
Смолы силикагелевые	11,08
Ароматические углеводороды	28,73
Парафины	3,84

Далее был использован метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) для изучения элементного состава. Сначала провели определение полуколичественным методом. Для этого пробу механических примесей предварительно измельчили в ступке. Далее на рентгеновском спектрометре СУР 02 «РЕНОМ ФВ» определили элементный состав. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Для количественного определения элементов необходимо было увеличить интенсивность сигнала элементов концентрированием. Для этого пробу механических примесей предварительно подвергли озолению в муфельной печи при температуре 800⁰С, далее в пробу добавили тетроборат кобальта в качестве репера. Результаты количественного определения элементов представлены в таблице 3.

Таблица 2

Элементный состав механических примесей

Наименование элемента	Содержание, масс. %
Al	13,117
Si	2,04
S	11,118
Cl	5,02

K	0,29
Ca	3,29
Fe	59,15
Ni	0,06
Cu	0,24
Zn	0,19
Br	0,09
Sr	1,40
Ba	3,82
Pb	0,14

Таблица 3

Результаты количественного определения
элементов механических примесей

Наименование элемента	Содержание, масс. %
Si	1,50
S	4,76
Cl	1,44
Ca	1,24
Fe	44,25
Sr	1,01
Ba	2,38

По результатам исследования отработан алгоритм определения группового состава высокостойких водонефтяных эмульсий из промежуточного слоя с учетом большего количества воды и показана возможность применения метода РФА для количественного определения элементов в механических примесях промежуточного слоя вертикальных стальных резервуаров.

© Мифтахутдинов Д.А., Бахтеев С.А., Гармонов С.Ю., 2026

УДК 541.14:547.551.2

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ СЕНСОРОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ
УГЛЕРОДА И ЗОЛОТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ
ВОД

Мухаметдинов Ч.Р., Емашева А.А., Зильберг Р.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Современные методы контроля качества минеральных вод требуют наличия ряда дорогостоящих аналитических приборов, а также высококвалифицированных разнопрофильных специалистов. Вольтамперометрические методы способны предложить доступное и простое

решение – мультисенсорная система типа «электронный язык» [1] на основе композитных сенсоров с наночастицами углерода и золота [2] для контроля качества минеральных вод.

Исследование включало анализ 11 образцов минеральных вод с различным минеральным составом: Лысогорская, Donat, Ессентуки №17, Ессентуки №4, STELMAS, Borjomi, Gorgi, Рычал-су, Мензелинская, Нарзан, Красноусольская.

Композитные сенсоры на основе стеклогуглеродных электродов (СУЭ) включают в себя три основных компонента: СУЭ, полиэлектролитный комплекс хитозана-сукцинамид хитозана, наночастицы углерода и золота. Таким образом, для исследования использовали три электрода: СУЭ/ПЭК@SWCNT, СУЭ/ПЭК@rGO, СУЭ/ПЭК@AuNPs.

Для получения полезной информации из массива данных циклических вольтамперограмм, снятых на композитных сенсорах, использовали хемометрическую обработку данных: МГК и SIMCA-классификация.

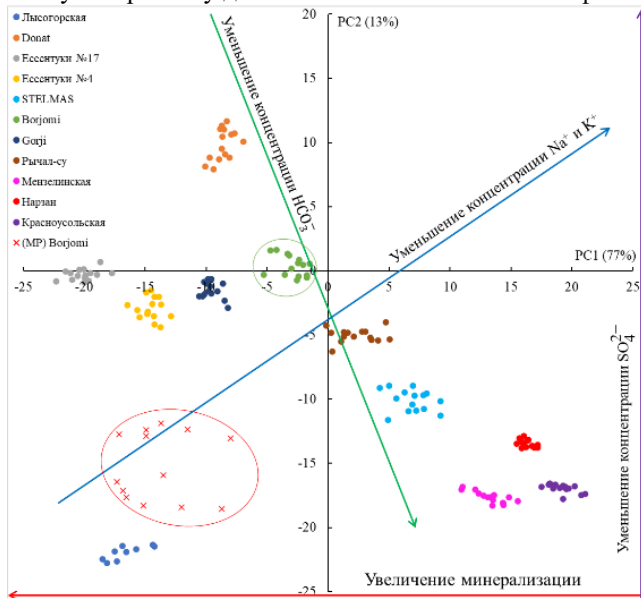


Рис. 1. График счетов МГК циклических вольтамперограмм минеральных вод с модельным раствором Borjomi на трехсенсорной системе

Таблица 1

SIMCA-классификация минеральных вод с модельным раствором Borjomi
на трехсенсорной системе

ОС* ТО**	Лысогогорская	Donat	Эссентуки №17	Эссентуки №4	Стэлмас	Боржоми	Gorji	Рычал-су	Мензелинская	Нарзан	Красноусольская
Лысогогорская	100				13.3			13.3			
Donat		86.7									
Эссентуки №17			100	13.3							
Эссентуки №4				100							
Стэлмас	13.3				100		13.3				
Боржоми						100					
Gorji							100	13.3			
Рычал-су							13.3	100			
Мензелинская									86.7		13.3
Нарзан										100	
Красноусольская										13.3	86.7
(MS) Borjomi											

Кластеры, образованные на графике счетов МГК-моделирования соответствуют образцам исследуемых минеральных вод. Важно отметить, что кластеры расположились в строгом соответствии с их минеральным составом. Данные SIMCA-классификации позволяют идентифицировать образцы по производителю – ошибки I и II рода не превышают 13.3%, а эффективность идентификации достигает 100%.

Для проверки эффективности разработанной системы в ряд исследуемых образцов был добавлен модельный раствор, соответствующий составу минеральной воды Borjomi ((MS) Borjomi). По данным МГК кластер (MS) Borjomi расположен вблизи оригинала, что указывает на схожесть состава. По данным SIMCA-классификации модельный раствор не соответствует ни одной из исследуемых минеральных вод и ошибки I и II рода равны 0%.

Разработанная мультисенсорная система классифицирует и идентифицирует минеральные воды по их природе и производителю, что открывает возможность экспрессного контроля качества. Важно отметить, что система не только верно определяет исследуемые образцы, но также точно идентифицирует фальсификат на примере (MS) Borjomi.

Литература

1. Власов Ю.Г., Легин А.В., Рудницкая А.М. Электронный язык – системы химических сенсоров для анализа водных сред // Рос. хим. ж. – 2008. – Т. ЛП, № 2. – С. 101–112.
2. Zilberg, R., et al. Chitosan-based polyelectrolyte complex in combination with allotropic forms of carbon as a basis of thin-film organic electronics // *Chimica Techno Acta*. – 2024. – Vol. 11, No. 3. – P. 202411302.

© Мухаметдинов Ч.Р., Емашева А.А., Зильберг Р.А., 2026

УДК 544.723

ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНАЯ АДсорбЦИЯ α -ПИНЕНА НА ХИРАЛЬНОМ ЦЕОЛИТОПОДОБНОМ БОРОФОСФАТЕ АММОНИЯ

Нуретдинова А.Ш., Изигаева Д.В., Утеева Ж.Д.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Разделение энантиомеров критически важно для фармацевтики и химии, поскольку разные энантиомеры одного вещества могут обладать противоположным действием на организм — один лечит, другой токсичен, и их необходимо получать в чистом виде. В данной работе была изучена адсорбционная способность борофосфата аммония $(\text{NH}_4)_4[\text{H}_2\text{B}_2\text{P}_4\text{O}_{16}]$ [1] по отношению к энантиомерам α -пинена.

Для энантиомеров α -пинена наибольший коэффициент селективности был зафиксирован при температуре 70°C ($\alpha = 1.42$), как видно из изотермы на рисунке 1 сильнее адсорбировался (-)- α -пинен и изотерма относится к III типу по классификации БЭТ. При 120°C изотерма для α -пинена переходит в I тип по классификации БЭТ, что указывает на смену механизма на монослойную абсорбцию в порах. Коэффициент энантиоселективности при 120°C по значениям адсорбции составил 1.06, по значениям удерживаемых объемов 1.04.

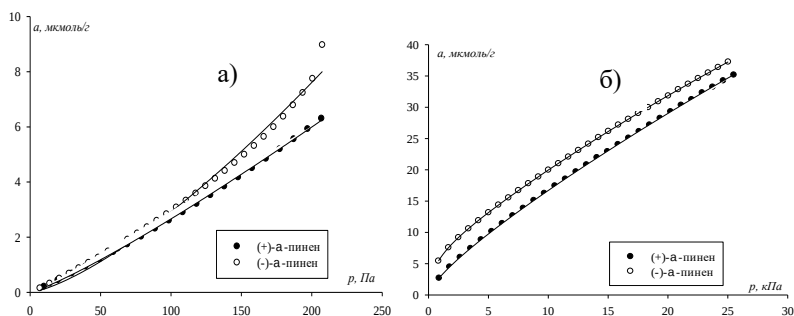


Рис. 1. Изотерма адсорбции энантиомеров α -пинена при температуре 70°C (а) и 120°C (б)

Таким образом, полученные результаты позволяют рассматривать цеолитоподобный борофосфат аммония как перспективный хиральный адсорбент для разделения оптических изомеров.

Литература

1. Xing, H.L., Y.; Su, T.; Xu, J.; Yang, W.; Zhu, E.; Yu, J.; Xu, R., Spontaneous crystallization of a new chiral open-framework borophosphate in the ionothermal system. Dalton Trans, 2010. 39: p. 3.

© Нуретдинова А.Ш., Изибаева Д.В., Утеева Ж.Д., 2026

УДК: 543.6

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КВЕРЦЕТИНА МЕТОДОМ ВЭЖХ

Облёткова А.Б., Мелихова Е.В.

Липецкий Государственный Технический Университет, Липецк, Россия

Кверцетин – модулятор активности ферментов, обладает антиоксидантной активностью, поскольку взаимодействует с радикалами липидов, активными формами кислорода и ионами металлов переменной валентности, образуя менее реакционноспособный ароматический радикал [1 – 4]. В работе проведена оптимизация хроматографических условий определения кверцетина на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20AD с УФ-детектором и хроматографической колонке C18 4E Shodex. В работе варьировали режим элюирования, состав и pH элюента (ацетонитрил- вода и ацетонитрил – фосфатный буферный раствор с различным pH). Оптимальные экспериментально установленные условия для определения кверцетина представлены в таблице 1. Добавление фосфатного буферного раствора стабилизирует базовую линию фона и позволяет получить симметричные хроматографические пики, подавляя разложение кверцетина.

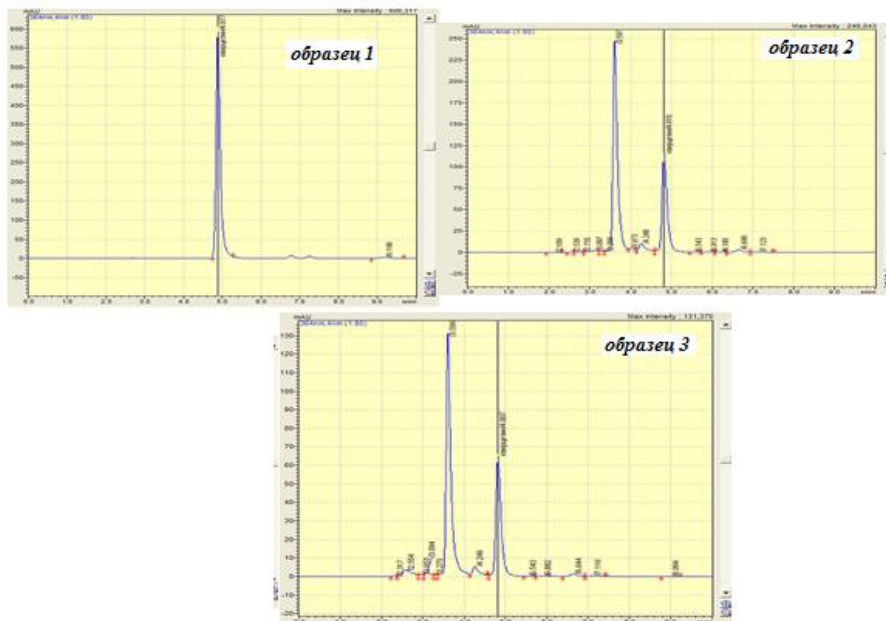
Таблица 1

Условия хроматографирования

Состав подвижной фазы	фосфатный буферный раствор (pH = 3,5) – ацетонитрил (60:40)
Режим элюирования	изократический
Время удерживания аналита, t_R	4,8 мин
Температура колонки	40°C
Детектирование	Спектрофотометрический детектор
Рабочая длина волны	364 нм
Время анализа	10 минут

Построен градуировочный график, линейный в диапазоне концентраций 0,02-0,3 мг/мл и пределом обнаружения 0,2 мкг/мл. Проверка методики методом введено-найдено показала сходимость результатов и значительное улучшение показателя относительного стандартного отклонения.

Методика апробирована при анализе образцов биологически активных добавок: образец 1 – фирма Misterlab «Quercetin» (ООО Misterlab, Россия, г. Киров), образец 2 – фирма naturalis «Дигидрокверцетин плюс» (ООО «ПАРАФАРМ», Россия, г. Санкт-Петербург), образец 3 – фирма vitamir «Дигидрокверцетин форте» (ООО «Квадрат-С», Россия, г. Москва) с содержанием кверцетина 0,12 мг/мл, 0,03 мг/мл и 0,02 мг/мл соответственно. Полученные хроматограммы представлены на рисунке 1.



3. Zalpoor H. Quercetin as a JAK-STAT inhibitor: a potencial role in solid tumors and neurodegenerative diseases [Текст] / H. Zalpoor, M. Nabi-Afjadi, R. Forghaniesfidvajani, C. Tavakol, F. Pakizeh // Cellular and Molecular Biology letters. – 2022. – V.27. - №60.

4. ГОСТ Р 57990-2017 Продукция пищевая специализированная. Биологически активные добавки к пище. Метод определения кверцетина : национальный стандарт Российской Федерации : Дата введения 2019-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. - Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2018 – 124 с.

© Облетова А.Б., Мелихова Е.В., 2026

УДК 543.544

ИЗУЧЕНИЕ MOF $\{Co(PDC)(H_2O)_2 \cdot H_2O\}$ В КАЧЕСТВЕ ХИРАЛЬНОГО СОРБЕНТА

Осокина Н.А., Баландина К.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Хиральные соединения играют ключевую роль в биохимии и фармацевтике [1]. Биологические мишени (ферменты, рецепторы) энантиоселективны – связывают лишь один из двух зеркальных изомеров, поэтому энантиомеры одного вещества могут проявлять разную активность. Однако 88% лекарств выпускаются в виде рацемических смесей из-за сложности и дороговизны разделения, хотя токсичный изомер способен вызывать побочные реакции [2]. Для их минимизации и контроля энантиомерного состава необходимы хиральные неподвижные фазы.

В ахиральной среде свойства энантиомеров идентичны, поэтому изучение хиральных неподвижных фаз привлекает всё большее внимание. Существующие фазы имеют ограничения: узкая селективность, высокая стоимость, недостаточная стабильность, что создает необходимость в разработке новых сорбентов. В последние годы исследователей привлекают металлоорганические каркасы (MOF) благодаря высокой удельной поверхности, стабильности и способности анализировать разные классы соединений.

Нами был синтезирован и изучен MOF $Co(PDC)(H_2O)_2 \cdot H_2O$. Способность к хиральному распознаванию изучалась методом газовой хроматографии при помощи снятия изотерм адсорбции. В качестве тест-сорбатов были использованы энантиомеры пинена.

Изучение адсорбции энантиомеров α -пинена проводилось в температурном диапазоне 50-110°C. Наилучший коэффициент селективности составил при температуре 50°C.

На рисунке 1 представлена изотерма адсорбции пинена при температуре 50°C. При данной температуре (-)- α -пинен адсорбируется лучше. Изотермы

адсорбции демонстрируют линейную зависимость, описываемую уравнением Генри.

Различие подтверждалось статистическим анализом значений адсорбции методом t-критерия (таб. 1).

Полученные данные свидетельствуют, что данный сорбент селективен к распознаванию α -пиненов. В дальнейшем материал будет использован для изучения кинетических кривых адсорбции.

Таблица 1

Значение доверительной вероятности, рассчитанной при выполнении t-критерия, для адсорбции α -пиненов при температуре 50°C ($\alpha=0.05$)

P, kPa	p	P, kPa	p
0.09	0.0087	1.42	0.0009
0.28	0.0078	1.56	0.0003
0.46	0.0074	1.74	0.0004
0.64	0.0067	1.92	0.0003
0.96	0.0006	2.16	0.0009
1.05	0.0007	2.38	0.0003

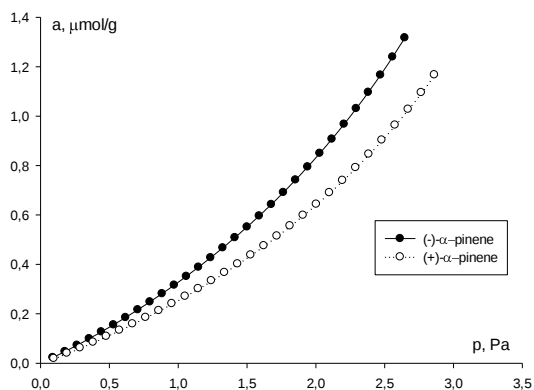


Рис. 3. Изотерма адсорбции пинена при температуре 50°C

Литература

1. Ward T.J., Ward K.D. Chiral separations: a review of current topics and trends // Analytical Chemistry. – 2012. – С. 626–635.
2. Nguyen L.A., He H., Pham-Huy C. Chiral drugs: an overview // International Journal of Biomedical Science. – 2006. – С. 85–100.

© Осокина Н.А., Баландина К.С., 2026

ИЗУЧЕНИЕ MOF $\{Co(PDC)(H_2O)_2 \cdot H_2O\}$ НА ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ

Осокина Н.А., Баландина К.С.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

Исследования показали, что использование рацемических смесей в синтезе лекарственных препаратов остается актуальной, поскольку не все вещества могут существовать в отдельных формах [1]. Оптические изомеры хоть и обладают одинаковыми физическими и химическими свойствами, но на живой организм одна из форм может оказывать нежелательное действие [2]. В связи с этим возникает необходимость в синтезе хиральных неподвижных фаз, способных детектировать энантиомеры, для дальнейшего использования при разделении рацемических смесей или контроле энантиочистоты фармацевтических препаратов.

С использованием ахирального лиганда пиридин-2,5-дикарбоновой кислоты (H_2PDC) нами был синтезирован двумерный слоистый координационный каркас $\{Co(PDC)(H_2O)_2 \cdot H_2O\}$. Способность к хиральному распознаванию изучалась методом газовой хроматографии при помощи снятия изотерм адсорбции. В качестве тест-сорбатов были использованы энантиомеры пинена и лимонена. Полученные ранее результаты эксперимента показали, что изучаемая структура способна распознавать энантиомеры α -пинена. Поскольку в нашей лаборатории стандартными тест-сорбатами являются не только α -пинены, материал был исследован на энантиомерах лимонена.

Изучение адсорбции энантиомеров лимонена проводилось в температурном диапазоне 50-110°C. Наилучший коэффициент селективности 1.11 составил при температуре 50°C.

На рисунке 1 представлена изотерма адсорбции лимонена при температуре 50°C. При данной температуре (-) - лимонен адсорбируется лучше. Изотермы адсорбции демонстрируют линейную зависимость, описываемую уравнением Генри.

Различия подтверждалось статистическим анализом значений адсорбции методом t-критерия (таб. 1).

Полученные данные демонстрируют способность MOF к детектированию энантиомеров лимонена. Результаты начальных исследований позволяют рассматривать данную структуру для фармацевтического разделения и контроле энантиочистоты.

Таблица 1

Значение доверительной вероятности, рассчитанной при выполнении t-критерия, для адсорбции лимоненов при температуре 50°C ($\alpha=0.05$)

P, kPa	p	P, kPa	p
0.03	0.0081	0.49	0.4966
0.09	0.0085	0.52	0.1696
0.16	0.0072	0.60	0.0450
0.22	0.0067	0.66	0.0383
0.30	0.2158	0.70	0.0120
0.34	0.3841	0.80	0.0364

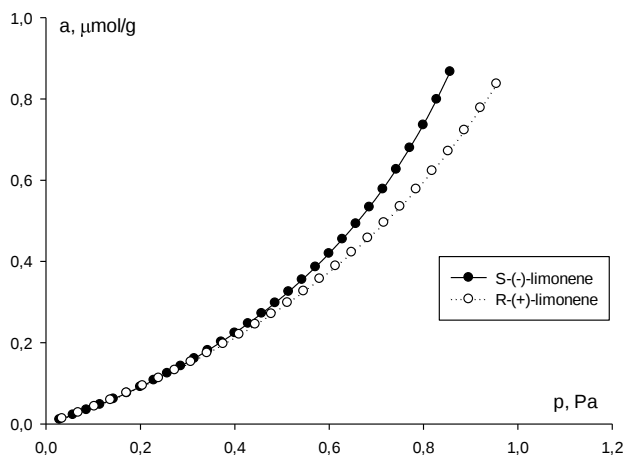


Рис. 4. Изотерма адсорбции лимонена при температуре 50°C

Литература

1. Nguyen L.A., He H., Pham-Huy C. Chiral drugs: an overview // International Journal of Biomedical Science. – 2006. – С. 85–100.
2. Vargesson N. Thalidomide-induced teratogenesis: history and mechanisms // Birth Defects Research Part C: Embryo Today: Reviews. – 2015. –С. 140–156.

© Осокина Н.А., Баландина К.С., 2026

УДК: 543.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ ПРОДУКТОВ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Потанина А.Г., Шашканова О.Ю.

Липецкий Государственный Технический Университет, Липецк, Россия

На современном рынке продукции спортивного питания производители зачастую намеренно завышают показатель общего содержания азота за счёт дешёвых отдельных аминокислот (глицина и таурина), что позволяет скрыть отсутствие девяти незаменимых аминокислот, необходимых для восстановления и роста мышц [1, 2]. В связи с этим необходимо разработать методику экспрессного определения незаменимых аминокислот методом хроматографии на тонком слое сорбента. В работе изучено влияние природы элюента и проявителя на эффективность идентификации незаменимых аминокислот методом ТСХ на хроматографических пластинах («Sorbifil», Россия)).

В ходе исследования применялись два вида хроматографии: одномерная и двухмерная. Выбор элюента проводили с концентрациями стандартных растворов 9-ти незаменимых аминокислот (валин, лейцин, изолейцин, лизин, треонин, триптофан, метионин, фенилаланин, гистидин) 0,05-0,1 мг/мл. Растворители выбирались, исходя из таких параметров как эффективность, элюирующая способность, доступность, простота получения и отсутствие ярко-выраженной токсичности, в качестве проявителя использовали раствор нингидрина в ацетоне.

Для эталонного результата в качестве элюентов одномерной ТСХ использовали следующие смеси растворителей:

- Система 1: хлороформ – этанол – аммиак (25%) (2:2:1);
- Система 2: н-Бутанол – этанол – аммиак (25%) – вода (4:1:1:1);
- Система 3: н-Пропанол – муравьиная кислота – вода (6:1:1);
- Система 4: н-Бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:1);
- Система 5: этанол – хлороформ – аммиак (25%) – вода (5:5:1:1);
- Система 6: этилацетат – этанол – аммиак (25%) – вода (6:3:0,5:0,5).

Для двумерной ТСХ в качестве элюента использовали:

- Система 1: первое направление: н-Бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:5), второе направление: фенол – вода (3:1);
- Система 2: первое направление: н-Бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:1), второе направление: МЭК – пиридин – вода – уксусная кислота (70:15:15:2)
- Система 3: первое направление: изопропанол – аммиак (25%) – вода (40:2:10), второе направление: трет-Бутанол – МЭК – аммиак (25%) – вода (50:30:10:10).

Лучший результат в ходе исследования смеси всех девяти незаменимых аминокислот показала двумерная система 3, при анализе пятна были равномерно распределены по хроматографической пластине, в связи с чем получили четкое разделение, результаты представлены в таблице 1. Обработка результатов проводилась с использованием программного обеспечения «ImageJ».

Таблица 1

Результаты ТСХ для смеси аминокислот в системе 3
методом двумерной ТСХ

Аминокислота	R _f	N	H	S, мм ²
Лизин	0,091	0,161	412,514	21,443
Гистидин	0,152	0,642	103,125	9,557
Треонин	0,215	0,914	72,527	9,237
Валин	0,364	0,442	150,001	15,773
Метионин	0,424	0,442	150,001	10,249
Триптофан	0,576	0,250	264,000	6,975
Фенилаланин	0,636	1,778	37,120	10,555
Изолейцин	0,667	1,778	37,120	10,861
Лейцин	0,878	4,000	16,500	13,989

При анализе аминокислотного профиля образца протеинового коктейля «Bombbbar PRO Whey», производитель ООО «Фитнес Фуд», Россия было установлено соответствие указанного в составе и фактического содержания лейцина, изолейцина, лизина, метионина, фенилаланина, гистидина, треонина, триптофана и валина.

Литература

1. Горбунов А.В. Хроматографические методы анализа биологически активных добавок / Семенова М.Г., Васильев В.Г. // Журнал аналитической химии. – 2019. – Т. 74. №8. С.845 – 856.
2. Технический регламент таможенного союза ТР/ТС 029/2012 (с изменениями на 29 августа 2023 года) «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

© Потанина А.Г., Шашканова О.Ю., 2026

АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПРОДУКЦИИ ПЧЕЛОВОДСТВА
МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Рыжова Т.П., Юртанова Е.С., Кускова И.С.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
государственный университет», г. Томск, Россия*

Продукция пчеловодства, в частности мед, представляет собой не только ценный пищевой продукт, но и источник биологически активных веществ. Минеральный состав меда оказывает существенное влияние на его питательную ценность, вкусовые характеристики и может служить индикатором географического происхождения, а также условий получения и хранения. Макро- и микроэлементы участвуют в регуляции обменных процессов и ферментативной активности [2].

Одним из наиболее информативных методов определения элементного состава является атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС), позволяющая проводить одновременный качественный и количественный анализ широкого спектра элементов с высокой точностью [2].

Цель исследования – изучение элементного состава образцов меда методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) и оценка влияния их географического происхождения и физико-химических характеристик на содержание микро- и макроэлементов [1].

Для анализа отобраны три образца меда:

1. Образец 1 – тёмный не кристаллизованный мед (Республика Алтай, урожай 2024 г.);
2. Образец 2 – мед с признаками расслоения: верхний сиропообразный слой и нижний кристаллизованный (Республика Алтай);
3. Образец 3 – светлый натуральный мед (Республика Хакасия, с. Имек)

Перед анализом образцы пробоподготавливали для разложения органической матрицы. Навеску массой 10 г постепенно нагревали до прекращения выделения белого дыма, после чего прокаливали в муфельной печи при 450–500 °С в течение 5–8 часов до получения белой золы. Полученные образцы исследовали методом АЭС [2]. Результаты представлены в Таблице 1.

Помимо анализа методом АЭС, был проведён сравнительный анализ образцов на содержание сахаров. Полученные значения составили: образец 1 – 80,4%; образец 2 – 81,4%; образец 3 – 83,6%. Это свидетельствует о том, что содержание растворимых сухих веществ в натуральном мёде должно быть не менее 80%, что соответствует требованиям ГОСТ 19792-2017. Все

исследованные образцы удовлетворяют нормативу и характеризуются достаточной степенью зрелости [1].

Таблица 1

Минеральный состав образцов меда (мг/кг)

Элемент	1 образец	2 образец	3 образец
P	16 ± 2	$4,2 \pm 0,4$	$6,5 \pm 0,6$
Ca	70 ± 7	71 ± 7	50 ± 5
K	194 ± 19	98 ± 10	431 ± 43
Mg	$6,9 \pm 0,7$	$6,3 \pm 0,6$	$7,7 \pm 0,8$
Al	23 ± 2	$0,14 \pm 0,01$	$0,83 \pm 0,08$
B	$3,9 \pm 0,4$	$3,6 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,3$
Si	74 ± 7	53 ± 5	$2,1 \pm 0,2$
Ti	$0,95 \pm 0,10$	$0,060 \pm 0,006$	$0,23 \pm 0,02$
W	$0,55 \pm 0,06$	$0,19 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,02$
Zn	$7,6 \pm 0,8$	$1,07 \pm 0,11$	$2,0 \pm 0,2$
Cu	$0,15 \pm 0,02$	$0,040 \pm 0,004$	$0,050 \pm 0,005$
Fe	$3,9 \pm 0,4$	$1,41 \pm 0,14$	$2,2 \pm 0,2$
Mn	$2,4 \pm 0,2$	$0,62 \pm 0,06$	$0,29 \pm 0,03$
Pb	$0,29 \pm 0,03$	-	-

Анализ показал, что во всех образцах присутствуют макро- и микроэлементы, при этом среди макроэлементов преобладают калий и кальций. Образец 3 характеризуется повышенным содержанием калия, тогда как образец 1 – более высокими концентрациями ряда микроэлементов (Al, Si, Zn, Mn). В образце 2 зафиксировано общее снижение содержания элементов, вероятно связанное с его физическим состоянием [2].

Литература:

1. Исмадова Н. Р., Бободжонов Н. К.-У., Ходжакулова Н. Д., Аронбаев С. Д., Аронбаев Д. М. Современные тенденции и достижения в области исследования подлинности меда // КиберЛенинка : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-i-dostizheniya-v-oblasti-issledovaniya-podlinnosti-meda>
2. Глухова А. А., Киселева Д. В., Глухов М. С., Окунева Т. Г., Рыбакова А. Д. Методика пробоподготовки и растворения мёда для ИСП-МС анализа // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/137018/1/978-5-89516-336-8_030.

© Рыжова Т.П., Юртанова Е.С., Кускова И.С., 2026

ИДЕНТИФИКАЦИЯ 5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МЁДЕ
МЕТОДОМ КР-СПЕКТРОСКОПИИ

Сальникова А.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

Натуральный мёд представляет собой сложную углеводную систему, основными компонентами которой являются моносахариды (глюкоза и фруктоза), а также дисахариды, включая сахарозу. Важнейшим показателем качества мёда служит содержание 5-гидроксиметилфурфурола (5-ГМФ) - продукта дегидратации гексоз, образующегося при нагревании или длительном хранении. Повышенное содержание 5-ГМФ свидетельствует о нарушении температурного режима обработки (перегреве) либо о фальсификации продукта путём добавления инвертных сахарных сиропов.

Традиционные методы количественного определения 5-ГМФ требуют сложной пробоподготовки и дорогостоящего оборудования. В связи с этим актуальной задачей является разработка экспрессных методов анализа, позволяющих достоверно отличать натуральный продукт от фальсифицированного. Цель настоящей работы - разработка спектральных критериев идентификации 5-ГМФ методом КР-спектроскопии для экспресс-оценки натуральности мёда.

Объектами исследования служили образцы натурального цветочного мёда, модельные растворы индивидуальных сахаров (глюкозы, фруктозы, сахарозы), стандартный образец фурфурола и органические растворители (хлороформ, этилацетат, изооктан). Для моделирования фальсификации проводили термическую обработку мёда (нагрев при 40°C в течение 16 часов) и кислотно-каталитический синтез 5-ГМФ (нагрев мёда с добавлением соляной кислоты). Пробоподготовка включала прямое исследование мёда, а также экстракцию потенциальных маркеров органическими растворителями с целью селективного выделения 5-ГМФ из углеводной матрицы. Спектры комбинационного рассеяния регистрировали в диапазоне 100–3200 см⁻¹.

В спектре исходного (негретого) мёда наблюдаются интенсивные полосы в области 300–600 см⁻¹ (деформационные колебания углеводных молекул, присутствующие во всех образцах и неспецифические для 5-ГМФ) и характерные интенсивные полосы фруктозы в области 800–1200 см⁻¹ (820–830 и 1050–1080 см⁻¹). Область 1500–1700 см⁻¹ остаётся чистой, что соответствует отсутствию 5-ГМФ. При нагревании мёда (уже после 30 минут) появляются слабые, а после 60 минут значительно усиливаются пики при 1592 см⁻¹ (валентные колебания C=C) и 1668 см⁻¹ (колебания карбонильной группы C=O), а также усиливается полоса при 1080 см⁻¹ (валентные колебания C-O-C в фурановом цикле). Интенсивность этих сигналов в области 1500–1700 см⁻¹

прямо пропорциональна времени термического воздействия и служит специфическим спектральным маркером образования 5-ГМФ.

На заключительном этапе были наложены и сопоставлены три спектра (рис. 1): спектр чистого хлороформа (контроль, линии растворителя), спектр стандартного образца фурфурола (эталонное соединение с фурановым кольцом - структурный аналог 5-ГМФ) и спектр экстракта термически обработанного мёда в хлороформе. В спектре экстракта нагретого мёда помимо линий растворителя присутствуют дополнительные пики в области $1400\text{--}1700\text{ см}^{-1}$, которые по положению и форме полностью совпадают с характеристическими пиками фурфурола. Это доказывает наличие 5-ГМФ в нагретом мёде.

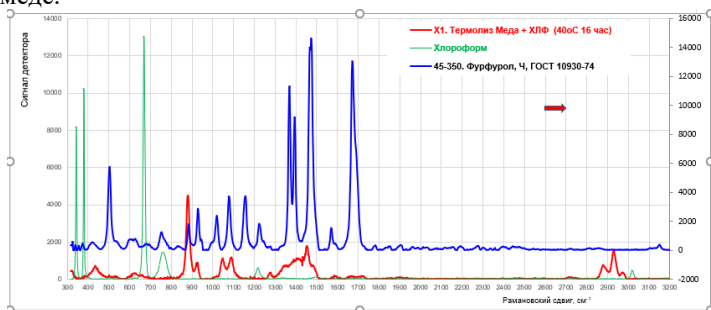


Рис. 1. Наложенные КР-спектры:

1 - чистый хлороформ; 2 - стандарт фурфурола; 3 - экстракт термализованного мёда в хлороформе. Совпадение пиков спектра 3 со спектром 2 в области $1400\text{--}1700\text{ см}^{-1}$ подтверждает наличие 5-ГМФ

Проведённое исследование показало, что метод КР-спектроскопии позволяет достоверно дифференцировать натуральный мёд от фальсифицированного. Ключевым диагностическим признаком служит состояние спектральной области $1400\text{--}1700\text{ см}^{-1}$. Разработанный подход может быть рекомендован для экспресс-контроля качества мёда в лабораторных условиях: он не требует сложной пробоподготовки (достаточно простой экстракции) и основан на визуальном сравнении спектров в ключевой области.

Литература

1. Спиридонова М.И., Максимова И.В. Исследование качества цветочного мёда химическим методом анализа // 2025.
2. Мерчина, С.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза меда при продаже на рынках: учебное пособие / С.В. Мерчина, В.В. Ахметова, Д.А. Васильев. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2021.
3. Шапла У.М., и др. Содержание 5-гидроксиметилфурфурола (ГМФ) в мёде и других пищевых продуктах: влияние на пчел и здоровье человека // Chemistry Central Journal. 2018. Т. 12. С. 35.

© Сальникова А.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МЁДЕ
КАЧЕСТВЕННОЙ РЕАКЦИЕЙ С РЕЗОРЦИНОМ

Сальникова А.А., Гайнуллина Ю.Ю.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия.

Мёд является натуральным продуктом пчеловодства, основными компонентами которого являются моносахара - глюкоза и фруктоза, а также дисахариды, органические кислоты и биологически активные вещества. Качество мёда зависит от его состава, условий хранения и термической обработки. При нагревании или длительном хранении происходит разложение углеводов, в результате чего образуется 5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ), являющийся важным показателем качества продукта. Кроме того, присутствие 5-ГМФ может быть связано с добавлением инвертных сиропов (сахарного или кукурузного), используемых для фальсификации мёда.

В данной работе проведено качественное определение 5-ГМФ в образцах мёда с использованием реакции с резорцином. Образцы мёда предварительно подвергали нагреванию, после чего осуществляли экстракцию 5-гидроксиметилфурфурола из образца мёда с использованием этилацетата. Полученный экстракт обрабатывали раствором резорцина в концентрированной соляной кислоте (1 г резорцина на 5 мл HCl).

При наличии 5-гидроксиметилфурфурола наблюдается появление окрашивания от розового до вишнёво-красного цвета, интенсивность которого зависит от содержания данного соединения. Отсутствие окраски свидетельствует о низком содержании или отсутствии продуктов разложения сахаров

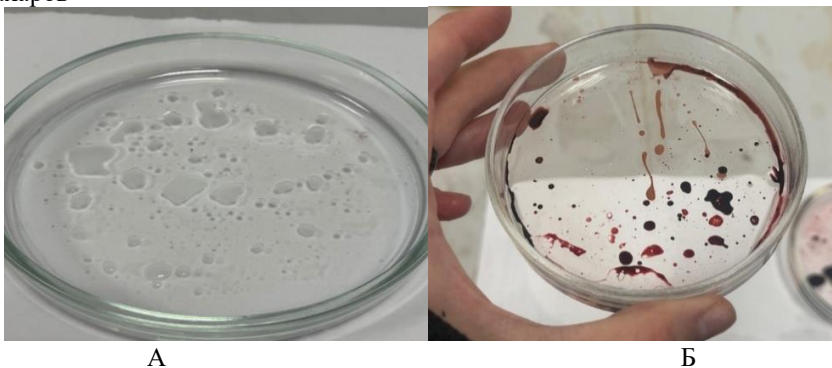


Рис. 1. Качественная реакция экстрактов меда с резорцином

А - отрицательный результат (отсутствие окрашивания, низкое содержание 5-ГМФ);

Б - положительный результат (вишнево-красное окрашивание, высокое содержание 5-ГМФ).

На рисунке представлены результаты качественной реакции: в одном случае наблюдается характерное вишнево-красное окрашивание, свидетельствующее о наличии 5-ГМФ, в другом случае окрашивание отсутствует, что указывает на отсутствие или незначительное содержание данного соединения в образце.

Результаты исследования показывают, что данная качественная реакция позволяет надёжно выявлять присутствие 5-ГМФ и может быть использована для экспресс-оценки качества мёда. Появление интенсивного окрашивания свидетельствует о возможном перегреве продукта или его фальсификации путём добавления инвертных сиропов.

Таким образом, реакция с резорцином является простым, наглядным и доступным методом контроля качества мёда и выявления признаков его фальсификации.

Литература

1. Спиридонова М.И., Максимова И.В. Исследование качества цветочного мёда химическим методом анализа // 2025.
- 2 Мерчина, С.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза меда при продаже на рынках: учебное пособие / С.В. Мерчина, В.В. Ахметова, Д.А. Васильев. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2021.

© Сальникова А.А., Гайнуллина Ю.Ю., 2026

УДК 543.544.

ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНАЯ АДСОРБЦИЯ ПИНЕНОВ НА АДСОРБЕНТЕ НА ОСНОВЕ КООРДИНАЦИОННОЙ КЛЕТКИ СУЛЬФОНИЛКАЛИКС[4]АРЕНА

Самарина А.С., Зиновьев И.М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Хиральное распознавание является одной из фундаментальных концепций в химии, которая играет решающую роль в производстве значимых фармацевтических соединений и материалов. В последние десятилетия макроциклические соединения, такие как тиакаликс[4]арен (ТКА) и особенно сульфонилкаликс[4]арен (SO_2CA), привлекли значительное внимание благодаря своей удивительной способности образовывать полиядерные гомо- и гетерометаллические кластеры, демонстрируя различные интеллектуальные функции. В частности, в комбинации с поликарбоксилатными или пирозолатными органическими линкерами они склонны выступать в качестве бис- или тетракис-связующих суперстроительных блоков, что приводит к образованию так называемых супрамолекулярных координационных клеток (SCC).

Хотя полученные ранее в исследованиях хиральные клетки демонстрировали внутреннюю пористость, их способность к хиральному распознаванию по отношению к хиральным гостям до настоящего времени не сообщалась. Здесь представляется первый пример целенаправленного формирования хиральной SCC квадратной геометрии, полученной в результате комбинации восьми энантиомерно чистых фрагментов О-замещённой 5-гидроксиизофталевой кислоты, несущих (R)-/(S)- α -метилбензиламидные группы, и четырёх катионных строительных блоков $[\text{SO}_2\text{CA-M}_4]^{4+}$ ($\text{M} = \text{Co}, \text{Ni}$).

Чтобы оценить способность полученных образцов к хиральному распознаванию при адсорбции, были получены изотермы адсорбции α -пиненов (рис. 1). Было обнаружено надёжное различие в изотермах адсорбции α -пинена. Максимальный фактор энантиоселективности (отношение значений адсорбции энантиомеров, α) при 95 °С составил 1.16. На $\text{SO}_2\text{CA-Co}_4\text{-1}$ адсорбция L- α -пинена была выше, и наоборот на $\text{SO}_2\text{CA-Co}_4\text{-2}$. Анализ параметров аппроксимации уравнениями изотерм подтвердил наличие энантиоселективности.

При других температурах для $\text{SO}_2\text{CA-Co}_4\text{-2}$ способность к хиральному распознаванию была стабильной, но для $\text{SO}_2\text{CA-Co}_4\text{-1}$ энантиоселективность отсутствовала при 90 °С и вновь проявлялась при 85 °С с максимальным $\alpha = 1.14$ (рис. 2). Наиболее интересной является инверсия энантиоселективности: при 85 °С D-пинен адсорбировался сильнее, чем L-пинен. Это было вызвано явлением изоэнантиоселективной температуры. При этой температуре энтальпийный и энтропийный факторы становятся равными, и энантиоселективность не проявляется. Для адсорбции α -пинена эта температура составила 90 °С. Ниже изоэнантиоселективной температуры происходила инверсия энантиоселективности, как наблюдалось при 85 °С.

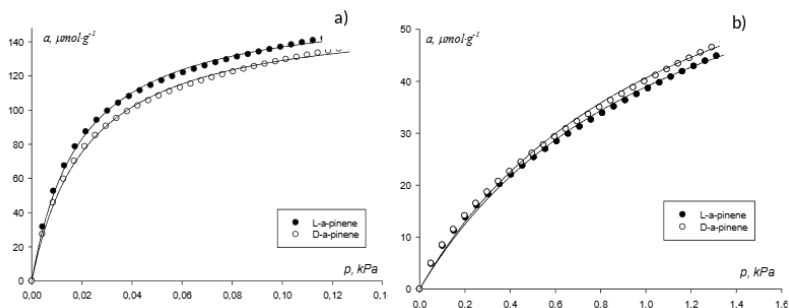


Рис. 1. Изотермы адсорбции α -пинена при 95 °С на а) $\text{SO}_2\text{CA-Co}_4\text{-1}$ б) $\text{SO}_2\text{CA-Co}_4\text{-2}$

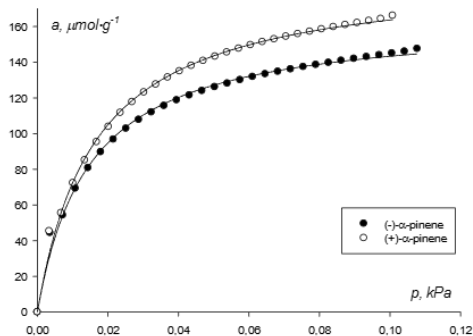


Рис. 2. Изотермы адсорбции α -пинена при 85 °C на $\text{SO}_2\text{C}_4\text{O}_4\text{-1}$

Литература

1. Ilya D. Shutilov, Pavel A. Volodin, Alexander S. Ovsyannikov, Ilya M. Zinoviev, Vladimir Yu. Guskov, Daut R. Islamov, Timur A. Mukhametzyan, Meijin Lin. Edge-centred chirality-induced enantiopure square-like sulfonycalix[4]arene- $\{\text{Co}^{\text{II}}_{16}\}$ cages for selective (+)-/(-)- α -pinene adsorption // Chemical Communications. – 2026. Issue 6.

© Самарина А.С., Зиновьев И.М., 2026

УДК 665.614

ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Серганина В.В., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия*

Высокая обводненность продукции и устойчивость водонефтяных эмульсий осложняют подготовку, транспортировку и переработку нефти. Для разрушения эмульсий применяются деэмульгаторы, эффективность которых традиционно оценивают методом Bottle test [1]. Однако данный подход требует значительного времени и основан на визуальной оценке.

В работе предложен импедансометрический метод [2-4] экспресс-оценки эффективности деэмульгатора. Исследования проводили на модельных водонефтяных эмульсиях при дозировках реагента 0-200 г/т. Параллельно регистрировали спектры импеданса в диапазоне 0,1-50 кГц при 20 °C.

Установлено, что разрушение эмульсии сопровождается характерным изменением электрических параметров системы. С увеличением дозировки деэмульгатора уменьшается время начала интенсивного разделения фаз.

Применение хеометрического анализа позволило установить связь между импедансными характеристиками и эффективностью реагента.

Предложенный подход может использоваться как быстрый и объективный метод подбора деэмульгаторов.

Литература

1. Nesic S., et al. Novel Approach for the Estimation of the Efficiency of Demulsification of Water-In-Crude Oil Emulsions // Polymers. – 2025. – V. 17. – № 21. – P. 2957.
2. Бикмеев Д.М., и др. Физико-химическое моделирование импедансного отклика растворов асфальтенов // Башкирский химический журнал. – 2025. – Т. 32. – № 3. – С. 48-52.
3. Ямова П.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М. Импедансометрический подход к определению асфальтенов в нефти с применением методов обработки многомерных данных // Большая химия: сборник материалов II Международной молодежной научно-технической конференции (Уфа, 03 декабря 2024 г.) / под ред. П.Н. Шадринной. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2024. – С. 97-98.
4. Ямова П.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М. Импедансная спектроскопия растворов асфальтенов в толуоле // Достижения молодых ученых: химические науки: сборник тезисов X Всероссийской молодежной конференции (Уфа, 22-23 мая 2025 г.) / под ред. Р.М. Ахметханова. – Уфа: Изд-во УУНиТ, 2025. – С. 228.

© Серганина В.В., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М., 2026

УДК 54

АНАЛИЗ КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ АТОМНО – ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Смирнова Д.Д., Юртанова Е.С., Кускова И.С.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия

Губная помада – один из самых популярных и востребованных видов декоративной косметики, используемой ежедневно миллионами людей по всему миру. Поскольку губные помады являются предметами повседневного обихода, необходимо уделять особое внимание контролю их показателей безопасности, в том числе и содержания тяжелых металлов. Избыточное содержание тяжёлых металлов (свинца, кадмия, мышьяка) может представлять угрозу для здоровья потребителя. Поэтому точное определение элементного состава является неотъемлемой частью контроля качества и безопасности губных помад.

Метод атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) – один из универсальных методов элементного анализа. Он позволяет проводить как качественную, так и количественную оценку содержания элементов в широком диапазоне концентраций, обеспечивая высокую чувствительность и экспрессность анализа.

Для измерения массовой доли элементов в губных помадах используется метод АЭС, предусматривающий проведение сухого озоления пробы. Таким образом первый этап подготовки пробы включал в себя стадию обугливания на электроплитке до прекращения выделения дыма.

Затем проводили минерализацию в муфельной печи. Кварцевые чашки поместили в печь, разогретую до 250°C и постепенно каждые 30 мин повышали температуру на 50°C до 500°C. И продолжали минерализацию при этой температуре в течение 4-6 часов. Затем разбавляли пробы угольным порошком в соотношении 1:10 для оценки содержания микроэлементов и 1:100 для оценки содержания макроэлементов.

Далее проводили анализ методом атомно – эмиссионной спектроскопии с многоканальным анализатором эмиссионных спектров при помощи комплекса «Гранд». Результаты анализа приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Элементный состав образцов помад (мг/кг)

Элемент	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Ag	0,23±0,02	0,058±0,006	0,041±0,004
Al	1938±194	18380±184	587±59
As	–	4,2±0,4	3,7±0,4
B	43±4	21±2	4,2±0,4
Ba	4609±461	1908±191	665±67
Be	0,0057±0,0006	0,038±0,004	–
Bi	7,2±0,7	0,069±0,007	1,18±0,12
Ca	2182±218	1248±125	8436±844
Cd	4,7±0,5	1,96±0,19	–
Co	–	0,47±0,05	–
Cr	11±1	2,0±0,2	0,16±0,02
Cu	4,4±0,4	1,9±0,2	1,96±0,19
Fe	13059±1306	3483±348	3637±364
K	278±28	1016±102	518±52
Li	4,2±0,4	3,4±0,3	12±1
Mg	6126±613	661±66	32±3
Mn	49±5	7,3±0,7	15±2
Ni	6,1±0,6	4,3±0,4	3,6±0,4
P	–	–	56±6
Pb	–	–	1,74±0,17
Sb	6096±609	3218±322	1,21±0,12
Si	4348±435	1800±180	9,5±0,9
Sn	12±1	5,4±0,5	0,54±0,05
Sr	29±3	111±11	–

Ti	2005±201	964±96	1545±154
W	–	0,26±0,03	–
Zn	4527±453	1667±167	3266±327
Zr	0,37±0,04	1,54±0,15	5,0±0,5

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что содержание Cd в 1 и 2 образцах превышает ПДК. Это может быть связано с тем, что он является примесью в некоторых природных пигментах, например в оксидах железа и минеральных веществах.

Таким образом исследования показали, что в образцах помад по всем исследуемым элементам, кроме кадмия не было обнаружено превышения допустимой концентрации. Это подтверждает соответствие продукции стандартам качества, а также отсутствие риска для здоровья потребителей при их использовании.

Литература

1. ГОСТ 33023-2014. Косметическая продукция. Методы определения тяжелых металлов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
2. Спектроскопические методы анализа: Учеб. пособие. / В.И. Отмахов [и др.]. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 138 с.

© Смирнова Д.Д., Юртанова Е.С., Кускова И.С., 2026

УДК 543.552.054.1

КОМПЛЕКСЫ Cu(II) С АМИНОКИСЛОТНЫМИ ЛИГАНДАМИ КАК ХИРАЛЬНЫЕ СЕЛЕКТОРЫ В ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРАХ

Терес Ю.Б., Булышева Е.О., Воронова М.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Одним из перспективных направлений в аналитической химии является разработка энантиоселективных вольтамперометрических сенсоров (ЭВС), применяемых для экспресс-анализа биологически активных соединений в лекарственных препаратах и биологически активных добавках, а также для контроля их энантиочистоты [1-2]. Среди разнообразия хиральных селекторов, обеспечивающих хиральность ЭВС, особый интерес представляют комплексы переходных металлов с хиральными лигандами [3-10]. Это обусловлено уникальными координационными свойствами: ион металла создает жесткое хиральное окружение, способное к стереоспецифическому связыванию энантиомеров, а варьирование структуры аминокислотного лиганда открывает широкие возможности для тонкой настройки энантиоселективности.

Разработаны сенсоры на основе комплексов Cu(II) с аминокислотными хиральными лигандами. Для иммобилизации хирального селектора на поверхности стеклоуглеродного электрода (СУЭ) применяли

полиэлектролитный комплекс хитозана и N-сукцинил-хитозана (ПЭК). В ходе исследований установили, что сенсоры СУЭ/ПЭК-[Cu(L-Phe)₂] и СУЭ/ПЭК-[Cu(S-Ala)₂]-[Cu(S-Phe)₂] демонстрируют выраженную способность к энантиоселективному распознаванию. Однолигандный комплекс селективен к энантиомерам триптофана (Трп), а разнוליгандный – одновременно к двум анализам – напроксену (Нап) и пропранололу (Прп). Сенсор СУЭ/ПЭК-[Cu(L-Phe)₂] проявил более высокую чувствительность к L-Трп по сравнению с D-энантиомером. Для него установили следующие параметры: коэффициент энантиоселективности (i_{p1}/i_{p2}) 1.33 и разность потенциалов окисления (ΔE) 39 мВ. Для сенсора СУЭ/ПЭК-[Cu(S-Ala)₂]-[Cu(S-Phe)₂] значения i_{p1}/i_{p2} и ΔE составили 1.27 и 30 мВ для Нап и 1.37 и 20 мВ для Прп. Для разработанных сенсоров установили линейный диапазон определяемых концентраций, пределы обнаружения (LOD) и нижние границы определяемых концентраций (LOQ). Для СУЭ/ПЭК-[Cu(L-Phe)₂] в случае L-Трп значения составили 0.625–500 мкМ 0.575 и 1.916 мкМ, а для D-Трп – 5–500 мкМ, 0.734 и 2.448 мкМ. Для СУЭ/ПЭК-[Cu(S-Ala)₂]-[Cu(S-Phe)₂] в диапазоне концентраций 0.05–1 мкМ для Нап получены LOD и LOQ, равные 0.30 и 0.99 мкМ (S-Нап) и 0.38 и 1.25 мкМ (R-Нап); для Прп в диапазоне 0.025–1 мкМ – 0.90 и 3.02 мкМ (S-Прп) и 1.24 и 4.15 мкМ (R-Прп).

Успешная апробация разработанных сенсоров на биологических жидкостях, а также на рацемических и нестехиометрических смесях подтвердила возможность их практического применения для контроля качества фармацевтических препаратов. Разработанные сенсоры сочетают высокую селективность, простоту изготовления и коммерческую эффективность, что делает их перспективными для энантиоселективного анализа.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 23-23-00340.

Литература

1. Майстренко, В. Н. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры / В. Н. Майстренко, Г. А. Евтюгин, Р. А. Зильберг. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. – 189 с.
2. Майстренко, В. Н. Энантиоселективные сенсоры / В.Н. Майстренко, Г.А. Евтюгин. – Москва: Лаборатория знаний, 2023. – 262 с.
3. A chiral Ni(II) complex immobilized on Carboblack C as a readily available and effective enantioselective voltammetric sensor for recognition of atenolol enantiomers in real samples / R. A. Zilberg, Y. B. Teres, E. O. Bulysheva [et al.] // *Electrochimica Acta*. – 2025. – Vol. 529. – P. 146309.
4. Synthesis and Application of Chelate Complexes [Zn(L-arg)2(H2O)] and [[Zn(L-arg)2(H2O)](SO4)]2– as Chiral Selectors / R. R. Gizatov, Yu. B. Teres, M. N. Galimov [et al.] // *Russian Journal of Coordination Chemistry*. – 2025. – Vol. 51, No. 2. – P. 119-128.

5. Синтез и применение хелатных комплексов $[Zn(\xi\text{-ARG})_2(H_2O)]$ и $[[Zn(Z\text{-ARG})_2(H_2O)](SO_4)]^{2-}$ в качестве хиральных селекторов / Р. Р. Гизатов, Ю. Б. Терес, М. Н. Галимов [и др.] // Координационная химия. – 2025. – Т. 51, № 5. – С. 315-326.
6. Chiral Cobalt(III) Complexes Based on (1R,2R)-Cyclohexanediamine and 4-Bromo-5-methylsalicylaldehyde: Synthesis, Modification, and Application in Catalysis and Enantioselective Sensors / O. V. Khromova, A. F. Smol'yakov, R. A. Zil'berg [et al.] // Russian Journal of Coordination Chemistry. – 2025. – Vol. 51, No. 3. – P. 200-210.
7. Voltammetric sensor for naproxen enantiomers based on a paste electrode modified with a Chiral nickel(II) complex / R. A. Zilberg, Y. B. Teres, I. V. Vakulin [et al.] // Chirality. – 2025. – Vol. 37, No. 2. – P. e70025.
8. Chiral octahedral cobalt(III) complex immobilized on Carboblack C as a novel robust and readily available enantioselective voltammetric sensor for the recognition of tryptophan enantiomers in real samples / R. A. Zilberg, Ju. B. Teres, E. O. Bulysheva [et al.] // Electrochimica Acta. – 2024. – Vol. 492. – P. 144334.
9. Chiral selectors in voltammetric sensors based on mixed phenylalanine/alanine Cu(II) and Zn(II) complexes / R. A. Zilberg, T. V. Berestova, R. R. Gizatov [et al.] // Inorganics. – 2022. – Vol. 10, No. 8. – P. 117.
10. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры на основе аминокислотных комплексов Cu(II), Co(III), Zn(II) / Р. А. Зильберг, Л. Р. Загитова, И. В. Вакулин [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2021. – Т. 76, № 12. – С. 1111-1122.

© Терес Ю.Б., Булышева Е.О., Воронова М.А., 2026

УДК 541.14:547.551.2

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ЭНАНТИОМЕРНО- И ДИАСТРЕОМЕРНО ЧИСТЫХ КОМПЛЕКСОВ Ni(II) С ХИРАЛЬНЫМИ ЛИГАНДАМИ НА ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОСТЬ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Траоре М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Учитывая доказанную эффективность комплексов переходных металлов в качестве высокоселективных селекторов [1-7] мы изучили влияние структуры энантиомерно- и диастереомерно чистых комплексов Ni(II) с хиральными лигандами на энантиоселективность вольтамперометрических сенсоров [8].

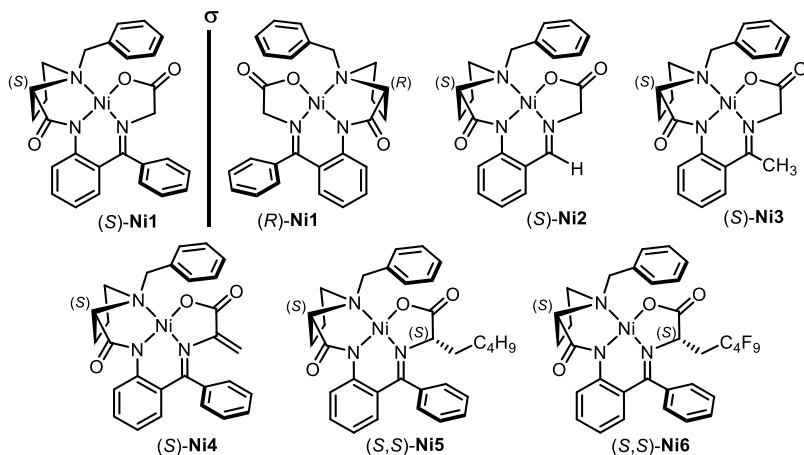


Рис. 1. Структуры комплексов Ni(II), применяемых в качестве хиральных селекторов в вольтамперометрических сенсорах

Установлено, что энантиомерно- и диастереомерно чистые комплексы Ni(II) с хиральными лигандами на основе синтетических аминокислот эффективно работают как селекторы в вольтамперометрических сенсорах для распознавания энантиомеров атенолола. Незначительные изменения структуры комплекса (замена бензольного фрагмента на водород или метил, введение двойной связи, вариация боковой цепи C₄H₉ на C₄F₉) существенно влияют на энантиоселективность. Наибольшую разницу в потенциалах и токах окисления энантиомеров показал сенсор с комплексом (S)-Ni1 ($\Delta E = 20$ мВ, отношение токов 1,60). Замена бензола на H или метильную группу снижает селективность, а введение двойной связи (S)-Ni4 ухудшает разницу потенциалов в 6,7 раза. Энантиомерные комплексы (S)-Ni1 и (R)-Ni1 дают зеркальные отклики: первый чувствительнее к S- атенололу, второй – к R- атенололу. Диастереомер с C₄F₉ (Ni6) проигрывает аналогу с C₄H₉ (Ni5) по разнице потенциалов на 95%.

Литература

1. Синтез и применение хелатных комплексов [Zn(ϵ -ARG)2(H₂O)] И [[Zn(Z-ARG)2(H₂O)](SO₄)]₂-в качестве хиральных селекторов / Р. Р. Гизатов, Ю. Б. Терес, М. Н. Галимов [и др.] // Координационная химия. – 2025. – Т. 51, № 5. – С. 315-326.
2. Chiral Cobalt(III) Complexes Based on (1R,2R)-Cyclohexanediamine and 4-Bromo-5-methylsalicylaldehyde: Synthesis, Modification, and Application in Catalysis and Enantioselective Sensors / O. V. Khromova, A. F. Smol'yakov, R. A. Zil'berg [et al.] // Russian Journal of Coordination Chemistry. – 2025. – Vol. 51, No. 3. – P. 200-210.

3. A chiral Ni(II) complex immobilized on Carboblack C as a readily available and effective enantioselective voltammetric sensor for recognition of atenolol enantiomers in real samples / R. A. Zilberg, Y. B. Teres, E. O. Bulysheva [et al.] // *Electrochimica Acta*. – 2025. – Vol. 529. – P. 146309.
4. Вольтамперометрический сенсор на основе алюмофосфатного цеолита и композита бетулиновой кислоты с полиэлектrolитным комплексом хитозана для распознавания и определения энантиомеров напроксена / Р. А. Зильберг, В. Н. Майстренко, Ю. Б. Терес [и др.] // *Журнал аналитической химии*. – 2023. – Т. 78, № 7. – С. 648-661.
5. Voltammetric sensor for naproxen enantiomers based on a paste electrode modified with a Chiral nickel(II) complex / R. A. Zilberg, Y. B. Teres, I. V. Vakulin [et al.] // *Chirality*. – 2025. – Vol. 37, No. 2. – P. e70025.
6. Homochiral zeolites as chiral modifier for voltammetry sensors with high enantioselectivity / I. V. Vakulin, R. A. Zilberg, I. I. Galimov, M. A. Sycheva // *Chirality*. – 2023. – Vol. 36, No. 2. – P. 23635.
7. Synthesis and Application of Chelate Complexes [Zn(L-arg)2(H2O)] and [[Zn(L-arg)2(H2O)](SO4)]2– as Chiral Selectors / R. R. Gizatov, Yu. B. Teres, M. N. Galimov [et al.] // *Russian Journal of Coordination Chemistry*. – 2025. – Vol. 51, No. 2. – P. 119-128
8. Maistrenko, V. N. Enantioselective Voltammetric Sensors on the Basis of Chiral Materials / V. N. Maistrenko, R. A. Zil'berg // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2020. – Vol. 75, No. 12. – P. 1514-1526.

© Траоре М., 2026

УДК 543.552.054.1

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭДАРАВОНА И ЕГО НОВЫХ АНАЛОГОВ

Ульмаскулова Л.Р.¹, Кутепова П.Р.¹, Перфилова Ю.А.², Загитова Л.Р.²

¹*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

²*Уфимский Институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия*

Эдаравон (Ed) - клинически эффективный антиоксидант для терапии ишемического инсульта. Создание его новых аналогов с улучшенными свойствами (5-*трет*-бутил-(*t*-Bu-Ed) и 5-трифторметил- (F₃C-Ed) производные [1]) требует одновременного решения двух задач: оценка их собственной антиоксидантной активности и разработка валидных методик количественного определения. Традиционные методы (ВЭЖХ, спектрофотометрия) часто трудоемки, требуют длительной пробоподготовки и дорогостоящих реагентов. Вольтамперометрические методы, особенно дифференциально-импульсный режим (ДИВ), обладают высокой чувствительностью, экспрессностью, минимальным расходом образца. В

работе впервые продемонстрирована возможность количественного определения эдаравона и его двух новых производных методом ДИВ, установлены пределы обнаружения. Результаты создают аналитическую основу для последующих фармакокинетических исследований и контроля качества синтезируемых нейропротекторов.

Методом ДИВ измерены зависимости токов пика (I_p) от концентрации (C) для Ed, F₃C-Ed и t-Bu-Ed в диапазоне от 0.016 до 0.5 мМ в фосфатном буфере pH 6.86. На рис. 1а, 2а и 3а видно, что I_p для всех соединений линейно возрастает с увеличением концентрации аналита в растворе (Рис. 1б, 2б и 3б).

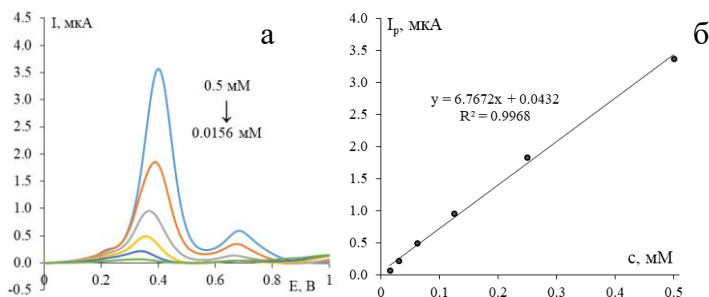


Рис. 1. а) ДИВ на СУЭ при разных концентрациях Ed (100 мВ/с, pH 6.86);

б) соответствующий калибровочный график

Острые и симметричные пики, полученные методом ДИВ, демонстрируют хорошее разрешение. Это позволит проводить анализ каждого соединения в присутствии другого, что является преимуществом при исследовании смесей. Рассчитанные по 3 σ -критерию значения предела обнаружения составили для Ed, F₃C-Ed и t-Bu-Ed 8×10^{-6} , 2×10^{-6} , 6×10^{-6} М, соответственно.

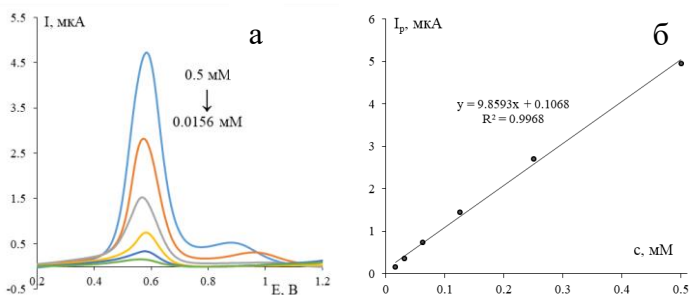


Рис. 2. а) ДИВ на СУЭ при разных концентрациях F₃C-Ed (100 мВ/с, pH 6.86);

б) соответствующий калибровочный график

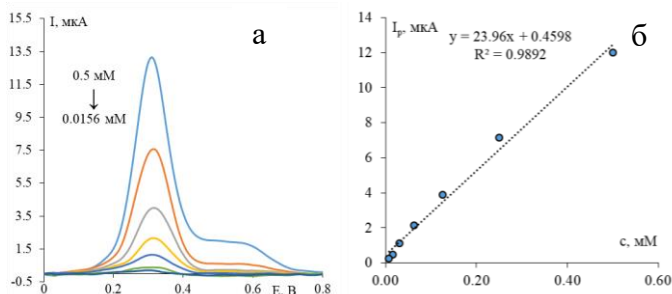


Рис. 3. а) ДИВ на СУЭ при разных концентрациях t-Bu-Ed (100 мВ/с, pH 6.86); б) соответствующий калибровочный график

Наименьший потенциал окисления зафиксирован для t-Bu-Ed, наибольший – для F₃C-Ed, причём незамещённый эдаравон занимает промежуточное положение. Таким образом, по термодинамической силе как восстановители (антиоксиданты) исследуемые соединения образуют ряд: t-Bu-Ed > Ed > F₃C-Ed.

Работа выполнена в рамках гос. Задания № 125020601626-9.

Литература:

1. Stanislav A. Grabovskii; Almaz R. Migranov; Lucija R. Yakupova; Nadezhda M. Andriyashina; Rustam L. Safiullin. Antioxidant mechanism of Edaravone and its amine analogs: Combined kinetic and DFT study// Bioorganic Chemistry, V. 12, 2025.

© Ульмаскулова Л.Р., Кутепова П.Р., Перфилова Ю.А., Загитова Л.Р., 2026

УДК 543.552.054.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭНАНТИОДИФФЕРЕНЦИАЦИИ АТЕНОЛОЛА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ОКСИДОМ ГРАФЕНА С КОВАЛЕНТНО ПРИШИТЫМ ГЛУТАТИОНОМ ПОСРЕДСТВОМ КЛИК-РЕАКЦИИ

Умутбаев Н.С., Абдуллин Я.Р., Загитова Л.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В ходе оптимизации условий электрохимического определения атенолола на модифицированном электроде был выполнен ряд экспериментов. Была исследована зависимость тока пика окисления атенолола от величины pH (рис. 1а). Максимальное значение сигнала наблюдалось в интервале pH 7,1–8,1. При pH 5,2 ток заметно снижался, что, вероятно, вызвано чрезмерным протонированием функциональных групп как у селектора, так и у аналита. При pH 9,2 также фиксировался резкий спад сигнала, что может быть связано с изменением поверхностного заряда и

ослаблением взаимодействий между селектором и анализируемым веществом. Исходя из этого, для дальнейших измерений в качестве оптимальной была выбрана нейтральная среда (рис. 1б).

Помимо этого, было изучено влияние концентрации и объёма дисперсии модификатора на величину тока пика окисления. В ряде случаев S-энантиомер характеризовался более положительным потенциалом окисления по сравнению с R-формой, что свидетельствует о различной энергии взаимодействия этих форм с хиральной поверхностью. Наиболее чёткое различие между энантиомерами атенолола достигалось при концентрации модификатора 0,25 мг/мл и объёме 1,0 мкл. Это позволяет говорить о наличии оптимальной толщины и плотности хирального слоя.

Поскольку на модифицированном электроде механизм окисления для двух энантиомеров существенно различается, была проанализирована зависимость аналитического сигнала от времени удерживания модифицированного электрода в растворе с аналитом. Исследование проведено для двух концентраций: 1,0 мМ и 0,25 мМ (рис. 6е, ф). Наилучшее различие энантиомеров атенолола на сенсоре СУЭ/ОГ-Глу было зафиксировано при времени выдерживания в анализируемом растворе, равном 30 секундам.

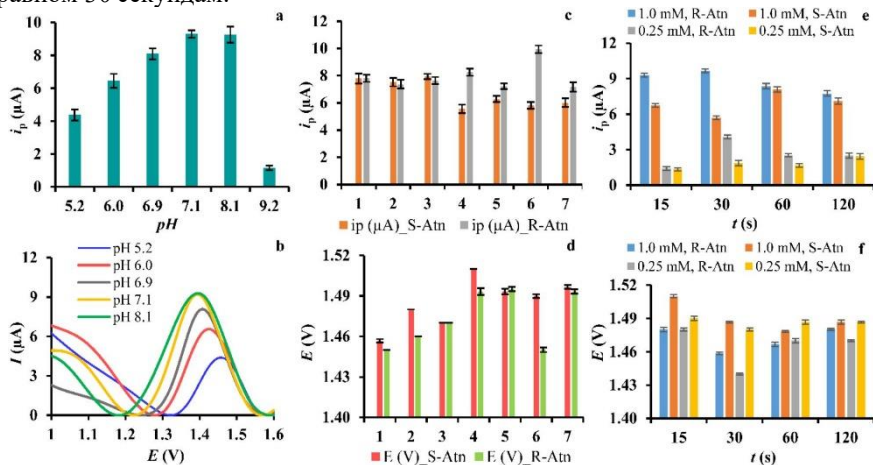


Рис. 1. Подбор оптимальных условий для электрохимического обнаружения атенолола на электроде СУЭ/ОГ-Глу в 0,04 М универсальном буферном растворе. Влияние pH на ток пика (а); Дифференциально-импульсные вольтамперограммы, зарегистрированные при различных значениях pH (б); Влияние концентрации и объёма дисперсии ОГ-Глу на пиковый ток и потенциал (с, d); 4 мг/мл, 1 мкл (1); 2 мг/мл, 1 мкл (2); 1 мг/мл, 1 мкл (3); 1 мг/мл, 0,6 мкл (4); 0,5 мг/мл, 1 мкл (5); 0,25 мг/мл, 1 мкл (6); 0,25 мг/мл, 1,5 мкл (7); Зависимость пикового тока и потенциала от

времени выдерживания (е, ф) для 1,0 мМ и 0,25 мМ R- и S-Атенолола при pH 6,9.

Таким образом, в результате проведённых экспериментов установлены оптимальные условия для энантиодифференциации атенолола на модифицированном электроде: нейтральная среда (pH 7,1), концентрация модификатора 0,25 мг/мл, объём дисперсии 1,0 мкл и время выдерживания электрода в растворе аналита 30 секунд.

Работа выполнена при поддержке РНФ (грант № 25-73-00152)/

© Умутбаев Н.С., Абдуллин Я.Р., Загитова Л.Р., 2026

УДК 543.544.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ АДСОРБЦИИ ЭНАНТИОМЕРОВ КАМФОРЫ НА БЕРЛИНИТЕ AlPO_4

Хуснитдинова А.А., Аллаярова Д.А.

Уфимский Университет Науки и Технологий, Уфа, Россия

Хиральность выступает как один из фундаментальных признаков, регулирующих развитие биологических систем. Ее значимость связана с тем, что хиральность молекул обуславливает существование энантиомеров – стереоизомеров, являющихся несовместимыми в пространстве зеркальными отражениями друг друга. Изучение адсорбционных свойств энантиомеров способно обнаружить процессы, лежащие в основе хиральной асимметрии в ранних биологических системах. Наличие же хиральной асимметрии в природных минеральных системах предоставляет научную основу для дальнейших исследований в химической области. Взаимодействие хиральных минералов с органическими соединениями и обратное влияние их друг на друга изучены лишь отчасти. Таким образом, вопрос о том, насколько существенно влияние взаимодействия аминокислот и иных хиральных простых молекул с хиральными минералами, остается практически неисследованным.

В настоящей работе исследован хиральный природный минерал – берлинит (AlPO_4) в качестве адсорбента для распознавания энантиомеров камфоры и некоторых аминокислот.

Синтез проводили в гидротермальных условиях в автоклавах (объём автоклава составлял 100 мл). Навеску оксида алюминия массой 7,65 г помещали на дно вкладыша. Для приготовления жидкой фазы, выполняющей роль источника фосфора и минерализатора, отмерили 10,3 мл 85%-ной ортофосфорной кислоты и 14,7 мл дистиллированной воды, для разведения кислоты до общего объема 25 мл. Приготовленный раствор осторожно вливали во вкладыш поверх твёрдой фазы. Степень заполнения автоклава реакционной смесью рассчитывали как отношение объёма жидкой фазы (25 мл) к внутреннему объёму автоклава (100 мл), что составило 25%. После загрузки компонентов автоклав герметично закрывали и помещали в

муфельную печь. Синтез проводили при изотермических условиях без создания температурного градиента. Нагрев автоклава осуществляли до температуры 220 °С. По достижении заданной температуры автоклав выдерживали при 220 °С в течение 10 суток. По истечении времени выдержки печь отключали, и автоклав подвергали быстрому охлаждению до комнатной температуры.

Для исследования энантиоселективности был проведен эксперимент по статической адсорбции энантиомеров камфоры из раствора с н-гептаном. Концентрации растворов камфоры варьировались в широком диапазоне: от 0,3 до 50 мг/мл. В каждую колбу объемом 31 мл вносили 0,5 г адсорбента. После часовой стадии интенсивного перемешивания отбирали пробу объемом 1 мл. Анализ выполняли на газовом хроматографе: Хроматэк-Кристалл 5000, с пламенно-ионизационным детектором. Температурный режим 220°C, порт ввода 250°C, скорость газа потока 1 мл/мин. Использовалась капиллярная колонка – CYDEX-B 25m × 0,22mm ID × 0,25µm. Вводимая в прибор проба имела объем 1 мкл. Для количественной оценки использовались площади соответствующих хроматографических пиков.

Была установлена принципиальная энантиоселективность берлинита по отношению к энантиомерам камфоры. При некоторых концентрациях наблюдается адсорбция только одного энантиомера, а второй не адсорбируется вообще. Коэффициент селективности варьируется от 1,08 до 4,5 при изученных концентрациях. Наилучший диапазон концентраций, при которых разница адсорбции статистически доказана, составляет 0,3-50 мг/мл.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что хиральный минерал берлинит, являющийся непористым кристаллом, способен к адсорбции органических молекул, в частности энантиомерам камфоры.

Литература

1. Avnir D. Chiral Minerals // Minerals. 2024. Т. 14. №10. Pp. 995

© Хуснитдинова А.А., Аллаярова Д.А., 2026

УДК 543.544.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОЙ АДСОРБЦИИ АМИНОКИСЛОТ НА МИНЕРАЛЕ БЕРЛИНИТЕ СО СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ

Черноусов А.А., Черкасова Е.А., Аллаярова Д.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В химии хиральность имеет особое значение из-за влияния на живые организмы. Энантиомеры хиральных соединений проявляют одинаковые физические и химические свойства в ахиральной среде, однако в хиральной среде энантиомеры одного и того же вещества могут оказывать различное

воздействие на биологические системы. В связи с этим процессы, поставляющие хирально чистые вещества, важны как для органической, так и для аналитической химии. Хиральность играет определяющую роль в формировании и функционировании биологических систем, поскольку биомолекулы, такие как аминокислоты, сахара и нуклеиновые кислоты, преимущественно хиральны и используются живыми организмами в форме одного энантиомера. В качестве адсорбента возможно использование неорганических хиральных минералов, в частности таких, как $\alpha\text{-Al(PO}_4\text{)}$ (берлинит).

Целью настоящего исследования является установление возможности энантиоселективного распознавания аминокислот с использованием минерала берлинита, обладающего хиральной пространственной группой симметрии, методом статической адсорбции со спектрофотометрическим контролем.

Синтез проводили в гидротермальных условиях в автоклавах (объём автоклава составлял 100 мл). Навеску оксида алюминия массой 7,65 г помещали на дно вкладыша. Приготовленную жидкую фазу, выполняющую роль источника фосфора и минерализатора, осторожно вливали во вкладыш поверх твёрдой фазы. Степень заполнения автоклава составила 25%. После загрузки компонентов автоклав герметично закрывали и помещали в муфельную печь. Синтез проводили при изотермических условиях без создания температурного градиента. Нагрев автоклава осуществляли до температуры 220 °С. По достижении заданной температуры автоклав выдерживали при 220 °С в течение 10 суток. По истечении времени выдержки печь отключали, и автоклав подвергали быстрому охлаждению до комнатной температуры.

Для характеристики поверхности синтезированного берлинита $\alpha\text{-AlPO}_4$ ИК-спектры регистрировали на ИК-Фурье спектрофотометре IR Prestige-21 (Shimadzu) с приставкой НПБО SilverGate, а также применяли метод порошковой рентгеновской дифракции.

Для исследования методом статической адсорбции выбрали энантиомеры аспарагиновой кислоты. Эксперимент начинали с адсорбции из водного раствора аминокислоты. В 35 мл дистиллированной воды добавляли аминокислоту для получения диапазона концентраций 0,05 до 2 мг/мл и отбирали 5 мл нулевой пробы. Затем в раствор добавляли 0,5 г адсорбента берлинита, ставили на интенсивное перемешивание со скоростью 250 об/мин на 1 час. Отбирали 5 мл пробы после адсорбции. Для спектрофотометрического исследования аминокислот необходимо было перевести их в окрашенный комплекс с длиной волны поглощения 570 нм (аспарагиновая кислота имеет спектр поглощения при 200 нм, что не подходит для сравнения в водных растворах). Пробу смешивают с раствором нингидрина и нагревают на водяной бане при температуре 80°С до появления

ярко фиолетового окрашивания комплексов, затем охлаждают, и получают значение оптической плотности при необходимой длине волны.

Установлена разница в адсорбции энантиомеров аспарагиновой кислоты на минерале берлините в диапазоне концентраций 0,1-1 мг/мл.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что хиральный минерал берлинит, являющийся непористым кристаллом, способен к адсорбции органических молекул, в частности энантиомерам аспарагиновой кислоты. А также данный минерал способен к энантиоселективному распознаванию.

Литература

1. Avnir D. Chiral Minerals // Minerals. 2024. Т. 14. №10. Pp. 995
2. An G., Yan P., Sun J., Li Y., Yao X., Li G. The racemate-to-homochiral approach to crystal engineering via chiral symmetry breaking // CrystEng Comm. 2015. V. 17. № 24. P. 4421
3. Davankov V. A. Chirality as an Inherent General Property of Matter // Chirality 2006. 18. 459–461

© Черноусов А.А., Черкасова Е.А., Аллаярова Д.А., 2026

УДК 544.543

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ АДСОРБЦИИ ЭНАНТИОМЕРОВ МЕНТОЛА НА ХИРАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛАХ $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Шайбакова А.А., Белоногов Э.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Хиральность является фундаментальным свойством молекул и конденсированных фаз, проявляющимся в неспособности объекта совместиться со своим зеркальным отражением и лежащим в основе стереоспецифичности биологических процессов, катализа и методов разделения энантиомеров. Помимо классической молекулярной хиральности, обусловленной наличием стереоцентров в отдельной молекуле, всё большее внимание привлекает супрамолекулярная хиральность, возникающая при самоорганизации или кристаллизации ахиральных либо рацемических строительных блоков в энантиоморфные надмолекулярные структуры, способные проявлять оптическую активность и избирательно взаимодействовать с энантиомерами адсорбируемых веществ; распознавание энантиомеров при адсорбции на хиральных поверхностях при этом традиционно объясняют различием теплот и энтропий взаимодействия, тогда как вклад кинетики массопереноса в энантиоселективность остаётся недостаточно изученным и требует специального анализа.

Для решения этой задачи в настоящей работе использован набор кинетических моделей, позволяющих количественно оценить влияние различий в скоростях адсорбции энантиомеров на наблюдаемую

энантиоселективность. В качестве такой системы выбраны гомохиральные кристаллы $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с супрамолекулярной хиральностью, полученные по методу созревания Висдмы: кристаллы $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ растворяли в воде, термостатируемой при 40 °С, и интенсивно перемешивали в присутствии стеклянных шариков до полного выпаривания растворителя. После завершения кристаллизации полученные кристаллы отфильтровывали, сушили и наносили на поверхность силикагеля АСКГ для увеличения суммарного акта адсорбции.

Кинетику адсорбции ментола на модифицированном сорбенте исследовали при перемешивании суспензии гомохиральных кристаллов ретгсита в растворе ментола в *n*-гептане. Пробы раствора отбирали в вials через заданные интервалы времени, после чего содержание ментола определяли газохроматографически. По равновесным значениям адсорбции была построена изотерма, на которой выделяются три области: I – область Генри при низких заполнениях, II – область нелинейной изотермы до монослоя и немного выше, III – область полислойной адсорбции. В области Генри (I) равновесная адсорбция энантиомеров одинакова; во второй области (II) наблюдаются различия в адсорбции, тогда как в области полислойной адсорбции (III) различия в равновесных величинах снова не фиксируются.

Экспериментально были исследованы кинетические кривые адсорбции в характерных концентрационных областях изотермы. При концентрации 1 мкг/мл (I область, область Генри) равновесная адсорбция энантиомеров совпадает, однако в кинетической области кривых наблюдаются различия: максимальный коэффициент энантиоселективности α , определённый как отношение большей адсорбции к меньшей, достигает 1,51. При концентрации 400 мкг/мл (II область изотермы) различия в адсорбции проявляются как в области адсорбционно-десорбционного равновесия, так и в кинетической области: коэффициент α составляет 1,22 в равновесной области и 1,16 в кинетической. При 1600 мкг/мл (III область изотермы) различия между энантиомерами сохраняются только в кинетической области, тогда как в условиях равновесия они исчезают; максимальное значение α в кинетической области составляет 1,34.

Отсутствие энантиоселективности в равновесной области при высоких концентрациях связано с образованием второго адсорбционного слоя. Второй слой ментола не взаимодействует непосредственно с хиральной поверхностью, и энергия его адсорбции фактически равна энергии конденсации, которая одинакова для энантиомеров. Поэтому в III области изотермы хиральное распознавание в условиях адсорбционно-десорбционного равновесия не проявляется, хотя в неравновесной (кинетической) области различия в поведении энантиомеров сохраняются.

Кинетика адсорбции ментола была проанализирована с использованием ряда кинетических моделей: псевдопервого порядка Лагергрена, псевдвторого порядка Хо и Маккея, модели Вебера–Морриса и модели Еловича. Интерпретация результатов моделирования показывает, что поверхность ретггерсита по-разному взаимодействует с энантиомерами ментола: во всех рассмотренных случаях L-ментол адсорбируется быстрее и характеризуется более высокими константами скорости по сравнению с D-энантиомером. Это указывает на более эффективное проникновение L-ментола в поры силикагеля, модифицированные гомохиральными кристаллами $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, и свидетельствует о стереоспецифичности полученного сорбента.

Таким образом, показано, что на супрамолекулярно-хиральных кристаллах энантиомеры могут быть разделены даже при отсутствии термодинамического хирального эффекта за счёт различий в скоростях адсорбции и вкладе отдельных стадий массопереноса.

© Шайбакова А.А., Белоногов Э.В., 2026

УДК 544.543

РАЗДЕЛЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ 1,1'-2-НАФТОЛА МЕТОДОМ
ХИРАЛЬНОЙ ВЭЖХ
НА КОЛОНКЕ НА ОСНОВЕ ХИРАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ CsCuCl_3
Шарипова Ф.М., Тайманова Д.К., Белоногов Э.В.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Актуальность задачи разделения энантиомеров возрастает пропорционально увеличению применения энантиомерно чистых соединений в медицине. Это обусловлено тем, что фармакологическая активность часто является свойством исключительно одного из оптических изомеров, тогда как второй может проявлять нежелательные токсические свойства. Для 1,1'-би-2-нафтола (BINOL), являющегося значимым хиральным катализатором, существующие методы разделения часто характеризуются недостаточной селективностью и высокой стоимостью. Исследования показали, что различие в скорости адсорбции энантиомеров на хиральных кристаллах может быть использовано для их разделения. [1]. Это открывает перспективное направление для создания новых, более эффективных хроматографических систем, использующих хиральные неорганические фазы, такие как CsCuCl_3 .

Синтез хлорокупрата(II) цезия осуществляется по методике созревания Виедмы. В качестве исходных веществ использовались концентрированный водный раствор CsCl и эквимольное количество $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, растворенного в 3М HCl . В полученную смесь добавляли стеклянные шарики и нагревали до 80°C при интенсивном перемешивании (1300 об/мин). Далее происходило

Остwaldское созревание в течение двух часов в закрытой системе, после которого сосуд открывали и перемешивали при более медленной скорости (200 об/мин) в течение недели. Образовавшиеся игольчатые кристаллы были отделены фильтрованием, высушены и затем использованы для заполнения стальной колонки длиной 15 см.

Анализ и разделение проводилось методом ВЭЖХ в градиентном режиме с бинарной подвижной фазой: элюент А – гептан, элюент В – гептан/изопропанол (90:10). Скорость потока составляла 0,5 мл/мин. Диапазон исследуемых концентраций составлял от 10 до 300 мкг/мл. Были получены два пика с временами удерживания при концентрации 300 мкг/мл равными 4,64 мин и 9,49 мин, при 100 мкг/мл – 4,82 мин и 9,45 мин, при 50 мкг/мл – 4,75 мин и 9,51 мин и при 10 мкг/мл – 4,65 мин и 10,45 мин. Поляриметрический анализ отобранных фракций показал, что первый пик соответствует R энантиомеру, где угол вращения поляризованного света равен -60° , второй пик соответствует S энантиомеру, где угол вращения света равен $+15^\circ$. Максимальный коэффициент энантиоселективности равен 2,25 при концентрации 10 мкг/мл, что свидетельствует об эффективности хиральной неподвижной фазы на основе CsCuCl_3 для разделения аксиально-хиральных соединений класса бинафтилов.

Таким образом, полученные методом созревания Виедмы кристаллы CsCuCl_3 показали эффективность в качестве хиральной неподвижной фазы для ВЭЖХ-разделения энантиомеров 1,1'-би-2-нафтола.

Литература

1. Belonogov E., Ermolaeva E., Zinoviev I., Zhang Zh.H., Guskov V. Enantiomer recognition by the difference in adsorption rates on the surfaces of chiral crystals// Chirality. 2024 T. 36. №9. С. 1-7.

© Шарипова Ф.М., Тайманова Д.К., Белоногов Э.В., 2026

УДК 54

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОБОПОДГОТОВКИ ГРИБОВ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДЛЯ МЕТОДОВ АТОМНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Юртанова Е.С., Кабакова М.О., Кускова И.С.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия

Лекарственные грибы, известные также как медицинские грибы, используются в традиционной медицине на протяжении тысячелетий и продолжают привлекать внимание современной науки благодаря своему потенциалу для поддержания здоровья. В первую очередь они используются в поддержании иммунной системы, улучшении когнитивных функций, поддержании сердечно-сосудистой системы.

Всеми перечисленными свойствами обладают как грибы, выращенные в естественных условиях, так и грибы глубинного культивирования. Последние имеют ряд преимуществ, связанных с методами культивации, такие как: чистота и стерильность, контроль над производством, высокая концентрация активных веществ, меньше зависимость от внешних условий.

Эти преимущества делают глубинное выращивание привлекательным методом для получения высококачественных грибных экстрактов и биомассы для использования в пищевой промышленности, производстве БАДов и фармацевтике.

Понимание элементного состава гриба имеет важное значение, как для оценки безопасности, так и для понимания содержания биологических активных веществ, так как микроэлементы зачастую являются хелатообразующими и входят в состав БАВ [1]. Элементный состав гриба – это важная характеристика, которая влияет на его безопасность, питательную ценность, биологическую активность и потенциальное применение.

Метод атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) позволяет провести качественную и количественную оценку содержания элементного состава гриба достаточно быстро и результативно [2]. Целью исследования является оптимизация пробоподготовки грибной матрицы для эффективного определения элементного состава гриба.

Для исследования были взяты пробы гриба Щелелистника обыкновенного (*Schizophyllum commune*) в культуральном бульоне. Метод АЭС с дугой постоянного тока, требует переведения пробы в сухое порошкообразное состояние, таким образом первый этап подготовки пробы включал в себя стадию высушивания в сушильном шкафу при 100°C до сухого состояния, затем проводили пробоподготовку двумя способами.

Первую часть пробы (П-1) озоляли с помощью муфельной печи при температуре 450°C до постоянной массы и белой золы, что позволяет разрушить органическую матрицу. Затем разбавляли пробы угольным порошком в соотношении 1:10 для оценки содержания микроэлементов и 1:100 для оценки содержания макроэлементов.

Вторую часть пробы (П-2) минуя этап озоления сразу разбавляли угольным порошком.

Далее проводили анализ методом атомно эмиссионной спектроскопии с многоканальным анализатором эмиссионных спектров при помощи комплекса «Гранд». Результаты анализа приведены в Табл. 1.

Таблица 1

Результаты анализа Щелелистника обыкновенного (*Schizophyllum commune*) методом АЭС

С, мкг/г	Al	Ba	Be	Ca	Mo	Si
П-1	0,092 ± 0,009	0,017 ± 0,002	0,00050 ± 0,00005	13,5 ± 1,4	1,0 ± 0,1	0,49 ± 0,05
П-2	0,0020 ± 0,0002	-	7,4*10 ⁻⁶ ± 7,4*10 ⁻⁵	0,050 ± 0,005	0,0040 ± 0,0004	0,0060 ± 0,0006
С, мкг/г	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Sn
П-1	0,0020 ± 0,0002	0,015 ± 0,002	2,8 ± 0,3	0,16 ± 0,02	1,2 ± 0,1	0,15 ± 0,02
П-2	0,0020 ± 0,0002	0,029 ± 0,003	0,0010 ±0,0001	0,14 ± 0,01	0,0090 ± 0,0009	0,0010 ± 0,0001
С, мкг/г	Fe	K	Mg	Mn	P	
П-1	7,5 ± 0,7	329 ± 33	50,5 ± 5,1	1,2 ± 0,1	133 ± 13	
П-2	3,9 ± 0,4	3,9 ± 0,4	0,50 ± 0,05	0,0070 ± 0,0007	0,33 ± 0,03	

Из табл. 1 видно, что при пробоподготовке 1 содержание элементов в пробе выше, чем при пробоподготовке 2. Вероятно это связано с наличием хелатных комплексов, в которых отдельные элементы являются металлами комплексообразователями, что мешает элементам переходить в возбуждённое атомизированное состояние.

Таким образом, исследования показали, что оптимальным способом подготовки пробы является сухое озоление в муфельной печи при температуре 450°C. Однако стоит обратить внимание, что на определение некоторых элементов, таких как кадмий, медь и кобальт пробоподготовка не оказывает существенного влияния.

Литература

3. Traxler L, Shrestha J, Richter M, Krause K, Schäfer T, Kothe E. Metal adaptation and transport in hyphae of the wood-rot fungus *Schizophyllum commune*. J Hazard Mater. 2022 Mar 5;425:127978. doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.127978. Epub 2021 Dec 3. PMID: 34896706.

4. Спектроскопические методы анализа : Учеб. пособие. / В.И. Отмахов [и др.]. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2014. – 138 с.

© Юртанова Е.С., Кабакова М.О., Кускова И.С., 2026

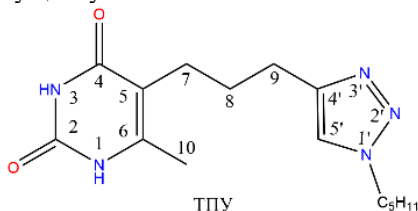
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХЛОРИДА МЕДИ (II) С 5-ПРОПИЛ-(1,2,3-ТРИАЗОЛ-4-ИЛ)-6-МЕТИЛУРАЦИЛОМ

Янбердина З.А.¹, Пышкин А.А.², Алехина И.Е.¹,Семенов В.Э.³, Иванов С.П.²¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия²Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия³Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ Казанский НЦ РАН, Казань, Россия

Ковалентное связывание циклов урацила и 1,2,3-триазола в общую структуру является многообещающим с точки зрения создания новых интересных лигандов в координационной химии. Ранее при взаимодействии 5-метил-(1,2,3-триазол-4-ил)-6-метилурацила (ТМУ), синтезированного по методике [1], с хлоридом меди в ацетоне был получен комплекс состава $\text{ТМУ} \cdot \text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [2]. На основании данных ЯМР спектроскопии и расчетных методов установлено [2], что координация ионов меди(II) с молекулой ТМУ происходит в первую очередь по 1,2,3-триазольному кольцу. Предполагаются также слабые взаимодействия Cu^{2+} урацильным кольцом.

В данной работе изучено взаимодействие 5-пропил-(1,2,3-триазол-4-ил)-6-метилурацил (ТПУ) с хлоридом меди(II) в ацетоне. В ходе взаимодействия выделен осадок, представляющий собой по данным элементного микроанализа комплекс состава $\text{ТПУ} \cdot \text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

В результате проведенной работы синтезирован комплекс ТПУ с хлоридом меди(II) в ацетоне, методом элементного анализа установлен его состав, выполнено отнесение колебаний в ИК-спектре молекулы 5-пропил-(1,2,3-триазол-4-ил)-6-метилурацила, на основании данных ЯМР и ИК спектроскопии предположено, что координация меди(II) с ТПУ происходит по 1,2,3-триазольному циклу.



Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования № 125020601629-0. ИК и ЯМР спектры зарегистрированы на оборудовании ЦКП «Химия» УФИХ УФИЦ РАН и РЦКП «Агидель» УФИЦ РАН.

Литература

1. Ахияров А.А., и др. // Журнал физической химии. 2021 Т.95. №2. С. 207.
 2. Пышкин А.А., и др. // Журнал структурной химии. 2026 Т.67. №4. 163164
- © Янбердина З.А., Пышкин А.А., Алехина И.Е.,
Семенов В.Э., Иванов С.П., 2026

СЕКЦИЯ
«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХИРАЛЬНОГО
РАСПОЗНАВАНИЯ АТЕНОЛОЛА СЕЛЕКТОРОМ НА ОСНОВЕ
ГЛУТАТИОНА

Абдуллин Я.Р., Загитова Л.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Хиральное распознавание низкомолекулярных биологически активных соединений представляет практический интерес для разработки селективных сенсорных систем и материалов для разделения энантиомеров. В настоящей работе выполнено квантово-химическое моделирование межмолекулярного взаимодействия S- и R-атенолола с хиральным фрагментом селектора на основе глутатиона с триазольным якорем (pre_GO_Glut).

Расчёты проведены в рамках теории функционала плотности (DFT) в пакете Gaussian. Для описания межмолекулярных взаимодействий использован гибридный функционал ω B97X-D4 с учётом дальнедействующей коррекции и дисперсионных эффектов. Электронная структура описывалась валентно-расщеплённым базисным набором def2-TZVP, а влияние водной среды учитывалось в рамках модели поляризуемого континуума (PCM, Solvent=Water). Для снижения вычислительной стоимости было принято приближение, согласно которому основное распознавание определяется взаимодействием аналита с хиральной частью селектора; кор графен-оксида в оптимизацию не включался.

После геометрической оптимизации установлено, что оба энантиомера образуют две водородные связи между карбоксамидной группой аналита и γ -глутамильным фрагментом глутатиона. Вместе с тем для R-атенолола из-за конфигурации хирального центра становится доступным дополнительное связывание с глицильным фрагментом селектора, что приводит к образованию ещё двух водородных связей и, как следствие, к более прочной стабилизации комплекса.

Энергию взаимодействия определяли как разность между суммой энергий изолированных молекул и энергией молекулярного комплекса. Полученные значения приведены на рис. 1. Для комплекса R_Atn-Pre_GO_Glut рассчитанная энергия взаимодействия составила 8,89 кДж/моль, тогда как для S_Atn-Pre_GO_Glut она оказалась близка к нулю. Различие в 8,89 кДж/моль соответствует преимущественной стабилизации комплекса с R-энантиомером и эквивалентно примерно 1-2 дополнительным водородным связям. С практической точки зрения такая разница является существенной для слабых нековалентных комплексов и указывает на наличие умеренной энантиоселективности. Предпочтительное связывание R-формы объясняется

не только числом контактов, но и более благоприятной взаимной ориентацией донорно-акцепторных центров атенолола и селективного фрагмента. Это подчёркивает, что хиральное распознавание в рассматриваемой системе формируется совокупностью слабых взаимодействий, а не одним доминирующим контактом.

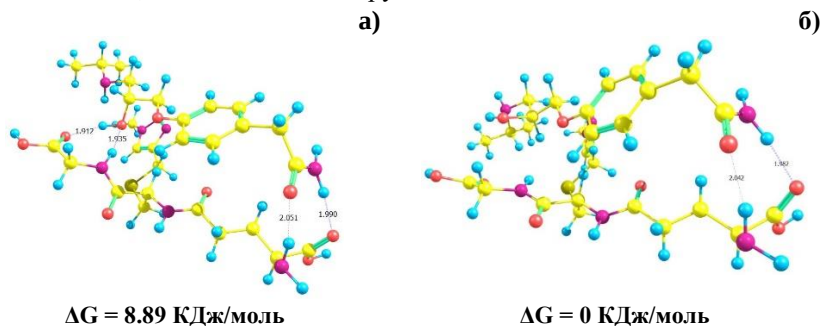


Рис. 1. Оптимизированные комплексы R_Atn-Pre_GO_Glut (а) и S_Atn-Pre_GO_Glut (б)

Таким образом, показано, что селектор на основе глутатионного фрагмента способен различать энантиомеры атенолола по величине и топологии межмолекулярных контактов. Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшем проектировании хиральных сенсорных систем и оптимизации состава селективного слоя.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 25-73-00152)

Литература

1. Mardirossian N., Head-Gordon M. ω B97X-D and related long-range corrected hybrid density functionals for thermochemistry, thermochemical kinetics, and noncovalent interactions.
2. Weigend F., Ahlrichs R. Balanced basis sets of split valence, triple zeta valence and quadruple zeta valence quality for H to Rn: design and assessment of accuracy.
3. Tomasi J., Mennucci B., Cammi R. Quantum mechanical continuum solvation models.
4. Gaussian 16, Revision C.01, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2016.

© Абдуллин Я.Р., Загитова Л.Р., 2026

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ НЕКОТОРЫХ
ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С МЕРКАПТОПУРИНОМ

Абдуллина А.З.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Меркаптопурин является цитотоксическим лекарственным средством. Содержащиеся в составе молекулы пуриновые основания аденина и гипоксантина влияют на биосинтез нуклеиновых кислот и, как было обнаружено, активны в отношении лейкозов человека. Меркаптопурин обладает противоопухолевыми и иммунодепрессивными свойствами. Структура меркаптопурина включает донорные участки серы и азота, которые преобразуются в соответствующие рибозиды. Координация этих участков с другими ионами, в частности, с ионами переходных металлов, повышает противоопухолевые свойства молекулы [1].

В работе [2] изучено комплексообразование меркаптопурина с ионами переходных металлов и установлено, что подобные металлокомплексы проявляют более высокую биологическую активность по сравнению с исходным лигандом, однако, структурные характеристики [3-5] полученных соединений остаются малоизученными.

С целью изучения структурной организации металлокомплексов с меркаптопурином, в представленной работе изучено взаимодействие меркаптопурина с ионами некоторых переходных металлов (Cu(II), Ni(II), Zn(II), Co(II)) в соотношении 1:1 и 2:1 [3-5] в водных растворах. В работе определены оптимальные условия проведения комплексообразования. Показано, что растворение меркаптопурина в водной среде осуществляется только при повышении температуры реакционной среды до 70°C. Добавление этанола практически не влияет на повышение растворимости соединения. Полученные комплексы изучены методами ИК- и УФ-спектроскопии, элементным анализом. Предполагаемая структура полученных соединений установлена квантовохимическим моделированием.

Литература

1. Marquez E., Mora J, Flores-Morales V., et al.//Molecules 2020, 25, 24.
2. A.A. Sharfalddin, A-H. Emwas, M. Jaremko, M.A. Hussien//J. Appl. Organomet. Chem. 35,1, 2021
3. Zilberg R.A., Berestova T.V., Gizatov R.R., Teres Y.B., Galimov M.N., Bulysheva E.O.// Inorganics. 2022. 10(8). P. 117
4. Berestova T.V., Gizatov R.R., Galimov M.N., Mustafin A.G.//J. Mol. Struct. 2021. 1236. 130303.
5. Berestova T.V., Khursan S.L., Mustafin A.G.//J. Spectrochim. Acta, Part A. 2020. 229.

© Абдуллина А.З., 2026

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ 5-ГИДРОКСИ-1,3,6-ТРИМЕТИЛ-УРАЦИЛА С ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ КАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Аглиуллина Э.Т.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Ранее было обнаружено [1], что антидотным действием при интоксикации нитритом натрия обладает комплексное соединение 5-гидрокси-1,3,6-триметилурацила (ГТМУ) с дикарбоновой янтарной кислотой. В этой связи весьма интересным является изучение комплексообразования данного производного урацила с другими полифункциональными кислотами, например, яблочной (ЯК) и лимонной (ЛК), выполняющими не только метаболические функции в рамках цикла Кребса, но и обладающими антигипоксическими, антиоксидантными и мембранотропными свойствами.

Для исследования комплексообразования ГТМУ с ЯК и ЛК применяли метод УФ-спектроскопии. Поглощение регистрировали с помощью прибора u-Violet DB (SILab, Китай) на характерных для данного производного урацила длинах волн (208 и 283 нм). Обнаружено, что добавление кислот к водным растворам ГТМУ вызывает смещение максимумов поглощения и изменение их интенсивности. Методами изомолярных серий и молярных отношений было установлено эквимольное стехиометрическое соотношение компонентов в комплексах. Значения констант устойчивости (K), имеющие порядок $10^3 \div 10^4$ л/моль, указывают на то, что комплексные соединения довольно устойчивы в разбавленных водных растворах в интервале температур 291 – 321 К. На основании зависимости $K = f(T)$ были рассчитаны термодинамические параметры комплексообразования. Полученные данные согласуются с результатами более ранних исследований [2, 3] по изучению комплексообразования производных урацила с янтарной и фумаровой кислотами.

Литература

1. Патент РФ № 2634731. Комплексное соединение 5-гидрокси-1,3,6-триметилурацила с янтарной кислотой, проявляющее антидотную активность, и способ его получения: В. А. Мышкин, и др. Опубл. 03.11.2017.
2. Борисова Н.С., и др. Исследование взаимодействия янтарной и фумаровой кислот с урацилом и его производными // Вестник Башкирского университета. 2012. Т. 17. № 4. С. 1687-1690.
3. Терентьев А.О., и др. Экспериментальное и квантово-химическое исследования взаимодействий 6-метилурацила с янтарной и фумаровой кислотами // Журнал физической химии. 2014. Т. 88. № 12. С. 1908-1913.

© Аглиуллина Э.Т., 2026

В работе исследовалась обратимость и устойчивость графитового электрода, модифицированного гальваностатическим осаждением полианилина методом циклической вольт-амперометрии (ЦВА).

Электрохимические измерения проводили в трёхэлектродной ячейке: рабочий электрод – графит с осаждённой плёнкой ПАНИ (геометрическая площадь 5 см²), электролит – 0,2 М HCl. Циклическую вольтамперометрию (ЦВА) проводили со скоростями развёртки 10, 25, 50, 100 мВ/с.

Циклические вольтамперограммы демонстрируют характерное псевдоёмкостное поведение, обусловленное редокс-активностью полианилина: на анодной и катодной ветвях наблюдаются сопряжённые пики, отвечающие переходам лейкоэмеральдин ↔ эмеральдин ↔ пернигранилин. С ростом скорости развёртки анодный ток увеличивается (рис.1), при этом форма кривых сохраняется, что свидетельствует о быстром отклике редокс-центров и преимущественно ёмкостном вкладе в ток.

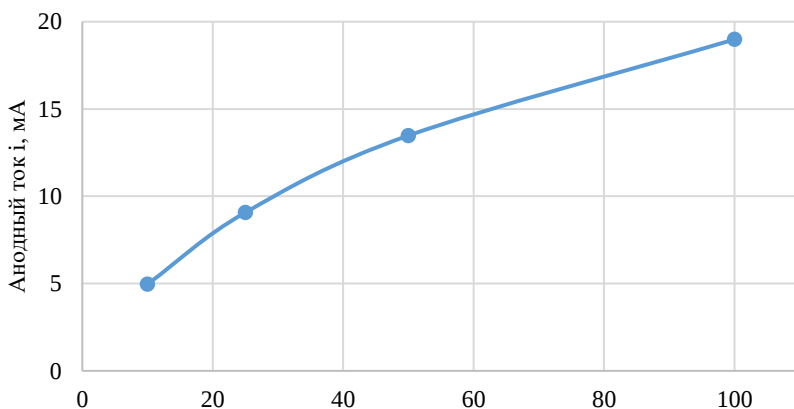


Рис. 1. Диаграмма зависимости анодного тока i от скорости развёртки ЦВА

Литература

1. Zhou H. et al. The effect of the polyaniline morphology on the performance of polyaniline supercapacitors //Journal of Solid State Electrochemistry. – 2005. – Т. 9. – №. 8. – С. 574-580.

© Валиева С.С., Сякаев Р.С., Садыков Т.Т., 2026

ГЗР (гальваностатический заряд-разряд) – это метод тестирования аккумуляторов и суперконденсаторов путем подачи постоянного тока для измерения времени заряда/разряда и расчета реальной емкости материала.

Электрохимические измерения проводили в трёхэлектродной ячейке: рабочий электрод – графит с осаждённой плёнкой ПАНИ (геометрическая площадь 5 см²), электролит – 0,2 М HCl. гальваностатический заряд–разряд (ГЗР) проводили при токах ± 1 ; $\pm 2,5$; ± 5 мА в окне потенциалов 0–0,8 В.

Кривые ГЗР (рис. 1) имеют близкую к линейной форму с небольшими отклонениями в области редокс-переходов ПАНИ, что подтверждает доминирующий ёмкостный механизм накопления заряда. Снижение емкости при росте тока связано с диффузионными ограничениями, из-за которых ионы электролита не успевают проникнуть вглубь полимера, ограничивая реакцию только его поверхностью. Кулоновская эффективность η по результатам циклирования близка к 100 %, что свидетельствует о высокой обратимости процессов и отсутствии значимых побочных реакций. По величине IR-провала на начальном участке разрядной кривой определено полное внутреннее сопротивление ячейки, равное ~ 19 Ом, что соответствует уровню лабораторных псевдоконденсаторных систем аналогичного формата.

Таблица 1

Значения C, R, η при различных токах заряда-разряда

i, мА	C, Ф	R, Ом	η , %
$\pm 1,0$	0,65	21,13	97
$\pm 2,5$	0,50	17,77	98
$\pm 5,0$	0,35	18,44	100

Полученные результаты согласуются с литературными данными для ПАНИ-электродов и подтверждают высокую обратимость, стабильность и выраженное псевдоёмкостное поведение исследованной системы [1].

Литература

1. Eftekhari A., Li L., Yang Y. Polyaniline supercapacitors //Journal of power sources. – 2017. – Т. 347. – С. 86-107

© Валиева С.С., Сякаев Р.С., 2026

ИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ ПАНИ-МОДИФИЦИРОВАННОГО
ЭЛЕКТРОДА

Валиева С.С., Сякаев Р.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Электрохимическая импедансная спектроскопия является информативным методом исследования суперконденсаторных электродов, позволяющим разделить вклады омического сопротивления, переноса заряда и диффузионных процессов. Цель настоящей работы – изучить импедансные характеристики ПАНИ-модифицированного графитового электрода и проследить их зависимость от потенциала поляризации.

Измерения проводили в трёхэлектродной ячейке (рабочий электрод – графит с гальваностатически осаждённой плёнкой ПАНИ, площадь 5 см²; электролит – 0,2 М HCl) в диапазоне частот 50 кГц – 0,1 Гц при амплитуде переменного напряжения 10 мВ и стационарных потенциалах 0,1; 0,5 и 0,8 В.

По данным реальной части импеданса в высокочастотной области определено омическое сопротивление R_s , практически не зависящее от потенциала (табл. 1). Сопротивление переноса заряда R_{ct} уменьшается с ростом потенциала, что отражает улучшение проводимости полианилина при анодной поляризации, связанное с переходом полимера в более проводящую эмеральдиновую форму.

Таблица 1

Значения R_s , $R_s + R_{ct}$ и R_{ct} при различных стационарных потенциалах

E, мВ	100	500	800
R_s , Ом	2,96	3,34	3,25
$R_s + R_{ct}$, Ом	12,65	11,81	10,65
R_{ct} , Ом	9,69	8,47	7,40

Низкочастотный наклонный участок на диаграмме Найквиста соответствует диффузионно-контролируемому отклику, типичному для пористых псевдоёмкостных материалов. Значения R_s и R_{ct} находятся в диапазоне, характерном для ПАНИ-электродов, описанных в литературе, что подтверждает корректность полученных данных [1]. Диаграмма Боде показывает снижение $|Z|$ с ростом частоты и отражает переход системы от ёмкостного к резистивному поведению – поведение, типичное для псевдоёмкостных электродов на основе полианилина.

Литература

1. Martins J. C. et al. Electrochemical behavior of polyaniline: A study by electrochemical impedance spectroscopy (EIS) in low-frequency //Solid State Ionics. – 2020. – Т. 346. – С. 115198.

© Валиева С.С., Сякаев Р.С., 2026

КИНЕТИКА ПЕРЕГРУППИРОВКИ КЛЯЙЗЕНА (1-МЕТИЛБУТ-2-ЕН-1-ИЛ)ФЕНИЛОВОГО ЭФИРА В ПРИСУТСТВИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА NaA

Валитова Р.С., Фахретдинов Д.Ш., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

В рамках исследования, направленного на поиск возможности контроля кинетических параметров перциклических реакций в присутствии пористых материалов, изучена кинетика перегруппировки Кляйзена с участием (1-метилбут-2-ен-1-ил)фенилового эфира (AFE) с добавлением цеолита NaA. Реакцию проводили в присутствии 5%масс. цеолита NaA при 190 °С. Расход AFE и образование орто- и пара- замещенного (1-метилбут-2-ен-1-ил)фенолов (о-MBP и п-MBP, соответственно) определяли хроматографическим методом (внутренний стандарт – о-ксилол).

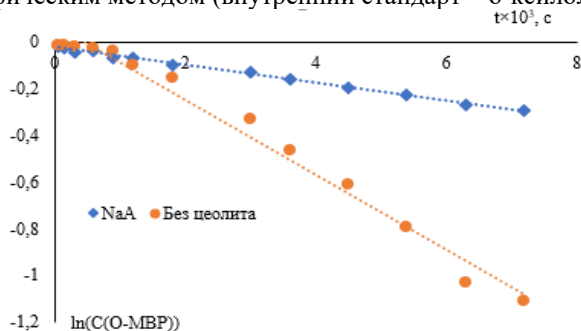


Рис. 1. Логарифмическая анаморфоза кривой накопления о-MBP при перегруппировке AFE без цеолита и в присутствии NaA при $T=190\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Анализ данных показал, что присутствие цеолита приводит к образованию минорного количества п-MBP, в то время как кинетика накопления о-MBP удовлетворительно описывается уравнением первого порядка $R^2=0,9865$. Рассчитанные значения констант скоростей (табл. 1) накопления о-MBP указывают на то, что присутствие цеолита снижает скорость образования орто-замещенного продукта.

Таблица 1

Значения констант скоростей накопления о-MBP

№ п/п	Константа скорости реакции накопления о-MBP, $k \times 10^{-5} \text{ c}^{-1}$
Без цеолита	19,85
NaA	3,80

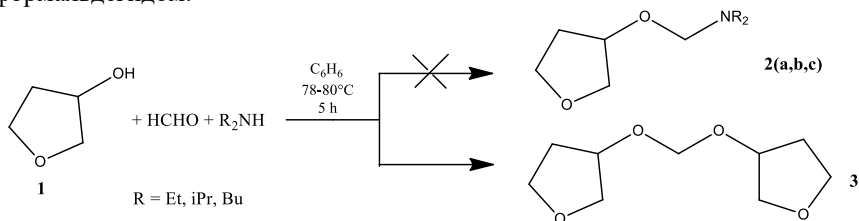
© Валитова Р.С., Фахретдинов Д.Ш., Латыпова Э.Р.,
Талипов Р.Ф., 2026

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ МАННИХА ТЕТРАГИДРОФУРАНОЛА-3 С ВТОРИЧНЫМИ АМИНАМИ

Валитова Р.С., Охиров Ш.М., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

В ходе исследования, направленного на синтез потенциально фармакологически активных азотосодержащих производных тетрагидрофуранола-3 [1] по реакции Манниха с использованием вторичных аминов (диметиламина, диизопропиламина и дибутиламина) и формальдегида, вместо ожидаемых аминотоксипроизводных **2(a-c)** основным продуктом реакции оказалось соединение димерной структуры – 3,3'-[метиленис(окси)]дитетрагидрофуран (**3**). Данный продукт образуется в результате конденсации двух молекул тетрагидрофуранола-3 (**1**) с формальдегидом.



Для обоснования вышеуказанного факта было выполнено квантово-химическое моделирование с использованием полуэмпирического метода RM1 в программе HyperChem. Расчеты энергии Гиббса при 80 °С для реакций тетрагидрофуранола-3 (**1**) с диэтиламином, диизопропиламином и дибутиламином подтвердили, что продукт димеризации является наиболее энергетически выгодными, что указывает на их повышенную термодинамическую стабильность над продуктами Манниха и согласуется с экспериментальными данными.

Литература

1. Синтез потенциально фармакологически активных соединений в условиях реакции Манниха / Ш. М. Охиров, Р. С. Валитова, Н. М. Канчурина [и др.] // Достижения молодых ученых: химические науки : Сборник тезисов X Всероссийской молодежной конференции, Уфа, 22–23 мая 2025 года. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. – С. 121-122.

© Валитова Р.С., Охиров Ш.М., Латыпова Э.Р.,
Талипов Р.Ф., 2026

КИНЕТИКА ПЕРЕГРУППИРОВКИ КЛЯЙЗЕНА (1-МЕТИЛБУТ-2-ЕН-1-ИЛ)ФЕНИЛОВОГО ЭФИРА В ПРИСУТСТВИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА CaX

Валитова Р.С., Фахретдинов Д.Ш., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия

В рамках исследования возможности управления кинетическими параметрами перициклических реакций с использованием пористых материалов, нами была изучена кинетика перегруппировки Кляйзена с участием (1-метилбут-2-ен-1-ил)фенилового эфира (AFE) с добавлением цеолита CaX в качестве катализатора. Реакцию проводили в присутствии 5%масс. цеолита CaX при 190 °С. Расход AFE и образование орто- и пара-замещенного (1-метилбут-2-ен-1-ил)фенолов (о-МВР и п-МВР, соответственно) определяли хроматографическим методом (внутренний стандарт – о-ксилол).

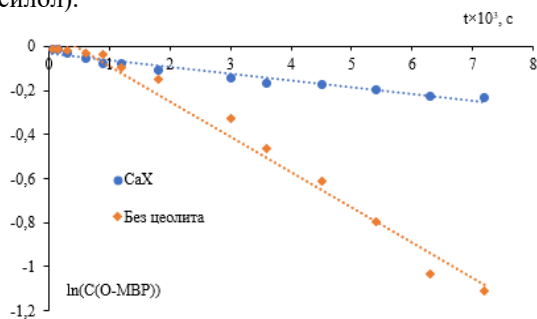


Рис. 1. Логарифмическая анаморфоза кривой накопления о-МВР при перегруппировке AFE без цеолита и в присутствии CaX при T=190 °С.

Установлено, что для о-МВР кинетика накопления продукта описывается уравнением первого порядка ($R^2 = 0,9814$), а рассчитанные значения скоростей указывают на снижение скорости образования изомера в присутствии цеолита. В то же время п-МВР в данных условиях обнаружен лишь в минорных количествах.

Таблица 1

Значения констант скоростей накопления о-МВР и п-МВР

№ п/п	Константа скорости реакции накопления о-МВР, $k \times 10^{-5} c^{-1}$
Без цеолита	19,85
CaX	3,10

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
КИНЕТИКИ ЭЛЕКТРОПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА

Васенина Н.А., Степанченко Д.А., Мигранова В.Р.,

Мустафин А.Г., Сякаев Р.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Электрохимическая полимеризация анилина является классическим методом получения проводящих полимерных плёнок с контролируемыми свойствами [1]. Процесс включает множество последовательных и параллельных реакций: образование катион-радикалов, димеризацию, олигомеризацию и структурирование плёнки. Традиционный анализ циклических вольтамперограмм (ВАГ) ограничивается измерением токов и потенциалов пиков, что не позволяет разделить вклады одновременно протекающих процессов [2]. В данной работе предложен метод темпорального анализа, основанный на частотном анализе абсолютных значений счетов главных компонент (ГК), позволяющий выявить характерные временные масштабы процессов электрополимеризации.

Полимеризацию анилина проводили в трёхэлектродной ячейке (рабочий электрод – ИТО-стекло, электрод сравнения – Ag/AgCl, вспомогательный – Pt) в растворе 0.1 М анилина в 0.2 М H₂SO₄. Регистрировали 1000 последовательных циклов ЦВА в диапазоне потенциалов от –0.2 до +0.8 В со скоростью развёртки 100 мВ/с. Морфологию плёнок исследовали методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) после 100, 200, 300, 400 и 500 циклов [3].

Темпоральный PCA (объекты – точки напряжения, признаки – номера циклов) показал, что первые три ГК описывают 98.93 % дисперсии и образуют иерархию процессов: ГК1 (87.78 %) – макроскопический рост плёнки, ГК2 (9.46 %) – диффузионные ограничения, ГК3 (1.69 %) – структурные перестройки. Анализ глубоких компонент (ГК4–ГК20), на которые приходится менее 1 % дисперсии, выявил осцилляции в области потенциалов +0.5...+0.7 В, соответствующие быстрым электронным переходам и актам адсорбции/десорбции промежуточных продуктов [4].

Частотный анализ счетов ГК ($SNR \geq 6$ дБ) позволил зарегистрировать 508 значимых частот. Методом one-leave-out (последовательное исключение блоков по 100 циклов) идентифицировано 22 частоты-маркера ($\nu^* = 46\text{--}219$), характеризующих активный рост полианилина. Максимальные потери частот (20) зафиксированы при удалении блока 2 (циклы 101–200), минимальные (5) – при удалении блока 4 (циклы 301–400). После 500 циклов системная полимеризация прекращается, что подтверждается данными SEM: размер

глобул уменьшается с 307 нм (блок 2) до 82 нм (блок 5) с появлением хаотической морфологии.

Показано, что многоэлектронная природа полимеризации анилина, скрытая в исходных ВАГ из-за перекрывания пиков, отчётливо проявляется в частотных портретах глубоких ГК. Маркерные частоты образуют два диапазона: низкочастотный ($\nu^* = 46\text{--}115$), связанный с диффузией и ростом глобул, и высокочастотный ($\nu^* = 127\text{--}219$), соответствующий электронным переходам. Предложенный подход открывает новые возможности для исследования кинетики сложных электрохимических процессов без априорного знания о числе и положении пиков.

Таблица

Блок	Циклы	Размер глобул, нм	Потеряно частот	Маркеров роста
1	1–100	157–241	10	6
2	101–200	193–307	20	8
3	201–300	229–266	12	7
4	301–400	253–298	5	3
5	401–500	82–201	9	0

Литература

1. Geniès E.M., Boyle A., Lapkowski M., Tsintavis C. Polyaniline: A historical survey // *Synthetic Metals*. 1990. Vol. 36, № 2. P. 139–182.
2. Bard A.J., Faulkner L.R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. 833 p.
3. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Sidelnikov A.V. Mesoscopic theory of percolation currents associated with quantitative description of VAGs: Confirmation on real data // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2018. Vol. 106. P. 171–183.
4. Jolliffe I.T. *Principal Component Analysis*. 2nd ed. New York: Springer, 2002. 487 p.

© Васенина Н.А., Степанченко Д.А., Мигранова В.Р.,
Муштафин А.Г., Сякаев Р.С., 2026

ВЛИЯНИЕ КАТИОННЫХ ГРУПП В СОСТАВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДНОГО ФЛОКУЛЯНТА ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ КАДМИЯ ПОРОШКОМ ЦИНКА

Гафаров Д.А., Гладченко А.А., Агеенко Е.И.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Высокомолекулярные поверхностно-активные вещества (флокулянты) широко используются в гидрометаллургическом производстве цинка для интенсификации процессов сгущения и фильтрации. Однако их остаточные количества загрязняют растворы, подаваемые на стадию цементационной очистки от примесей, в частности от кадмия. В настоящее время известны флокулянты катионной и неионогенной природы со сравнимыми молекулярными массами. Цель работы заключается в установлении влияния катионных групп в составе полиакриламидного флокулянта на кинетику цементации кадмия порошком цинка.

Процесс цементации Cd^{2+} цинком представляет собой короткозамкнутый гальванический элемент $\text{Zn} | \text{Cd}$, где анодом служит цинк, а катодом – поверхность осаждаемого кадмия. Присутствие органических добавок может изменять кинетику как основной реакции, так и побочного выделения водорода, за счёт адсорбции на активных центрах поверхности. Эксперименты проводили при 50 °С в модельном растворе CdSO_4 с концентрацией флокулянтов 70 мг/л. Кинетические кривые регистрировали в непрерывном режиме с использованием кадмий-селективного электрода.

Показано, что присутствие флокулянтов оказывает ингибирующее влияние на процесс цементации. Присутствие полиакриламида незначительно увеличивает энергию активации (Таблица 1). Цементация кадмия протекает в смешанном режиме. Добавление катионного флокулянта значительно увеличивает энергию активации, переводит режим цементации в кинетический.

Таким образом, наличие катионных звеньев в полиакриламидном флокулянте увеличивает ингибирующий эффект последнего, что и видно из значения энергии активации.

Таблица 1

Влияние катионных флокулянтов на эффективную энергию активации (E_a) цементации Cd^{2+}

Флокулянт	E_a , кДж/моль
Без добавки флокулянта	34±4
Неионогенный Besfloc K4000	37±2
Катионный Besfloc K6645	97±11

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОЗОНА
ПО ОТНОШЕНИЮ К ГУАНИНУ

Гималетдинова Э.Р., Максютова А.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Среди всех азотистых оснований гуанин наиболее чувствителен к окислению из-за своего низкого редокс-потенциала. Изучение скорости и активационных параметров реакции озона с гуанином может быть полезным для расчета безопасных режимов озонотерапии, оценки мутагенных рисков и создания математических моделей окислительной деградации нуклеиновых кислот.

В работе использовали гуанин фирмы «Aldrich» (США) с содержанием основного вещества не менее 99%. Концентрация озона на выходе из озонатора составляла 1 – 2 % об. В качестве растворителя применяли 0.1 н и 1 н солянокислые водные растворы. Кинетику реакции окисления изучали спектрофотометрическим методом на приборе UV-2600 фирмы «Shimadzu» (Япония). Опыты проводили при равенстве начальных концентраций реагентов. За ходом реакции следили по изменению оптической плотности на максимуме поглощения гуанина (246 – 249 нм).

При обработке кинетических кривых изменения концентрации гуанина от времени было обнаружено, что они достаточно хорошо линеаризуются в координатах уравнения реакции второго порядка. Определенные в интервале температур 285 – 309 К по тангенсам углов наклона прямых константы скорости реакции второго порядка свидетельствуют о довольно высокой реакционной способности озона по отношению к гуанину. На основании полученных данных были определены десятичные логарифмы предэкспоненциальных множителей $\lg A$ (9.4 ± 0.2 и 11.9 ± 1.5) и энергии активации E_a (46.9 ± 1.3 и 52.6 ± 5.3 кДж/моль) реакции озона с рассматриваемым азотистым основанием в 0.1 н и 1 н растворах соляной кислоты, соответственно. Весьма интересным является обнаружение линейной корреляции между найденными величинами $\lg A$ и E_a и результатами предыдущих исследований [1, 2], что свидетельствует в пользу общей лимитирующей стадии окисления озоном изученных пуриновых и пиримидиновых производных.

Литература

1. Максютова А.А., и др. Кинетика реакций озона с аденином и цитозином в водных растворах // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2020. Т. 63. № 10. С. 17–22.
2. Максютова А.А., и др. Кинетика окисления урацила и его производных озоном в водных растворах // Журнал физической химии. 2019. Т. 93. № 9. С. 1322–1327.

ВЛИЯНИЕ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ НА РАЗРЯД КАТИОНОВ
ЦИНКА

Голишко Т.Д., Агеев Е.И.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

В гидрометаллургии цинка широко используются добавки органических веществ, поверхностно-активные вещества (ПАВ), к ним относятся клеи, природные смолы. В настоящее время особый интерес представляет применение синтетических ПАВ в электрохимической технологии. Наибольшее распространение получили катионные ПАВ, информация о влиянии анионных добавок ограничена. Наиболее распространённым примером анионного ПАВ является додецилсульфат натрия. В связи с этим цель работы заключалась в определении влияния додецилсульфата натрия на разряд катионов цинка из нейтрального сульфатного электролита.

Эксперимент проводился в трёхэлектродной ячейке, состоящей из: хлорсеребряного электрода сравнения, рабочего цинкового электрода, и вспомогательного платинового электрода. Измерения осуществляли в потенциодинамическом режиме в диапазоне потенциалов от -900 до -1300 мВ на потенциостате «Elins p-30J». Скорость развертки потенциала 1 мВ/с. Разряд катионов цинка исследовали в электролите состава: 0,09M Na₂SO₄ и 0,07M ZnSO₄.

Полученные в ходе исследования поляризационные кривые строили в координатах Тафеля, к пологим участками проводили касательные. Построение касательных позволило рассчитать плотности тока обмена (i_0), по величинам которых судили о влиянии анионного ПАВ. В диапазоне концентраций ПАВ до 0,015 г/л наблюдается увеличение плотности тока обмена, что говорит о катализирующем влиянии добавки. Дальнейшее увеличение концентрации приводит к резкому уменьшению исследуемой величины. Такое поведение анионного ПАВ связано с образованием комплексных соединений цинка и додецилсульфата натрия. Образование координационного соединения цинка с ПАВ сопровождается разрушением аквакомплексов цинка. Образующиеся комплексные соединения адсорбируются на поверхности катода, что облегчает разряд цинка. При дальнейшем увеличении концентрации добавки активные центры катода занимают молекулы ПАВ и блокируют их. В результате снижается плотность тока обмена.

Таблица 1

Влияние додецилсульфата натрия на плотность тока обмена

С, мг/л	0	7,5	15	30	100	200
i_0 , А/м ²	$4,9 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$8,2 \cdot 10^{-6}$

© Голишко Т.Д., Агеев Е.И., 2026

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ,
ОБРАЗОВАННОГО 5-АМИНОСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ И
ОКИСЛЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА

Давлетшина К.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

5-Аминосалициловая кислота (5-АСК) является препаратом первой линии для терапии воспалительных заболеваний кишечника, однако её клиническое применение ограничено быстрой системной абсорбцией. Перспективным подходом к решению данной проблемы является иммобилизация лекарственного вещества на полимерных носителях. Подобные исследования достаточно давно проводятся на кафедре физической химии и химической экологии УУНиТ (см., например, [1, 2] и цитируемую там литературу). Цель настоящей работы – разработка методики синтеза комплекса 5-АСК с окисленной фракцией яблочного пектина (ОФЯП).

ОФЯП получали озонированным окислением яблочного пектина (Fluka, $M = 213$ кДа) в водной среде. Содержание карбоксильных групп в ОФЯП определяли методом потенциометрического титрования. Комплексообразование изучали методом УФ-спектроскопии на приборе UV-2401 PC (Shimadzu, Япония) при низких концентрациях реагентов.

Ранее [3] была показана возможность комплексообразования 5-АСК с ОФЯП в водных растворах, определены состав и устойчивость образующегося комплекса при комнатной температуре (296 К). В настоящей работе изучена температурная зависимость константы устойчивости комплекса 5-АСК·ОФЯП в интервале 296-323 К и рассчитаны термодинамические параметры комплексообразования.

На основании полученных данных разработана методика синтеза комплекса 5-АСК·ОФЯП, основанная на смешении эквимольных количеств компонентов в воде, перемешивании реакционной смеси в течении определенного времени и последующем удалении растворителя, и проведена наработка его опытной партии для проведения биологических испытаний.

Литература

1. Кутлугильдина Г.Г., и др. Взаимодействие окисленной фракции арабиногалактана сибирской лиственницы с ацетилсалициловой кислотой // Вестник Башкирского университета. 2024. Т. 29. № 4. С. 218–222.
2. Зимин Ю.С., и др. Взаимодействие окисленной фракции поливинилового спирта с производными урацила в водных растворах // Журнал физической химии. 2022. Т. 96. № 8. С. 1159–1164.
3. Борисова Н.С., и др. Взаимодействие пектинов с 4- и 5-аминосалициловыми кислотами // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 34, № 4. С. 59-64.

© Давлетшина К.А., 2026

ТЕРМОДИНАМИКА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ И
ПРОТИВОЯЗВЕННАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСА 5-
АМИНОСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ С ОКИСЛЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ
ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА

Давлетшина К.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Ранее [1] было установлено, что 5-аминосалициловая кислота (5-АСК) образует с окисленной фракцией яблочного пектина (ОФЯП) комплекс состава 1:1 с константой устойчивости $(6.0 \pm 1.0) \cdot 10^4$ л/моль при 296 К. Целью данной работы явилось изучение влияния температуры на устойчивость комплекса 5-АСК·ОФЯП, определение термодинамических параметров и исследование противоязвенной активности синтезированного соединения.

Температурную зависимость констант устойчивости изучали методом УФ-спектроскопии в интервале 296-323 К. Методика проводимых экспериментов подробно описана в работе [2]. Установлено, что в изученном температурном интервале состав комплекса остаётся неизменным (1:1). С ростом температуры константа устойчивости (K) закономерно снижается. Обработка температурной зависимости K в координатах уравнения ($\ln K = \Delta S^\circ/R - \Delta H^\circ/RT$) позволила определить термодинамические параметры комплексообразования (ΔS° и ΔH°), а по ним и величину ΔG° при заданной температуре. Значения ΔH° , ΔG° и ΔS° оказались меньше нуля. Отрицательные значения ΔH° и ΔG° свидетельствуют об экзотермичности и самопроизвольности процесса, а уменьшение энтропии указывает на образование упорядоченной структуры комплекса.

Противоязвенную активность синтезированного комплекса изучали на модели диклофенак-индуцированного поражения желудка у белых аутбредных крыс. Установлено, что комплекс 5-АСК·ОФЯП в дозе 50 мг/кг проявляет выраженное гастропротекторное действие: общее количество повреждений снижается на 67%, количество язв – на 70% по сравнению с контролем. Противоязвенная активность комплекса сопоставима с препаратом сравнения «Де-Нол» и превосходит эффекты индивидуальных компонентов. Выявленный эффект открывает перспективы для дальнейшего изучения комплекса в качестве потенциального противоязвенного средства.

Литература

1. Борисова Н.С., и др. Взаимодействие пектинов с 4- и 5-аминосалициловыми кислотами // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 34, № 4. С. 59-64.
2. Кутлугильдина Г.Г., и др. Взаимодействие окисленной фракции арабиногалактана сибирской лиственницы с ацетилсалициловой кислотой // Вестник Башкирского университета. 2024. Т. 29. № 4. С. 218-222.

© Давлетшина К.А., 2026

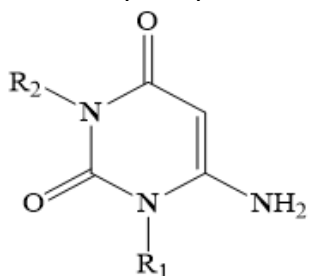
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО РАВНОВЕСИЯ 6-АМИНОУРАЦИЛА И ЕГО N-МЕТИЛЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Дитятева И.П.¹, Ахияров А.А.², Файзрахманов И.С.¹, Иванов С.П.²

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Уфимский институт химии РАН, Уфа, Россия

Известно, что урацил и его 5- и(или) 6-замещенные производные являются слабыми двухосновными кислотами, pK_{a1} которых находится в диапазоне от 4.8 [1] до 10.2 [2] в зависимости от заместителя в пиримидиновом кольце, например, для урацила pK_{a1} составляет 9.5, а pK_{a2} – 13-14 [2]. Несмотря на большое количество экспериментально установленных значений констант диссоциации производных урацила, информация об их температурной зависимости в водных растворах в литературе представлены фрагментарно [2]. В связи с этим исследование данного вопроса представляется актуальной задачей.



$R_1 = R_2 = H$ 6-Аминоурацил
 $R_1 = CH_3, R_2 = H$ 1-Метил-6-аминоурацил
 $R_1 = H, R_2 = CH_3$ 3-Метил-6-аминоурацил

Методом потенциометрического титрования определены константы и термодинамические характеристики кислотно-основного равновесия 6-аминоурацила и его N-метилзамещенных производных в водных растворах (таблица 1).

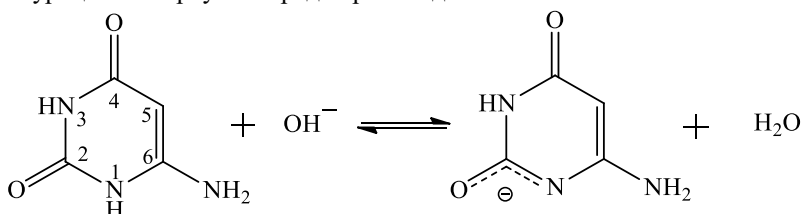
Таблица 1

Константы и термодинамические характеристики кислотно-основного равновесия 6-аминоурацила, 1-метил-6-аминоурацила, 3-метил-6-аминоурацила в воде (0.1M KNO₃)

Соединение	T, °C	pK_a	ΔH , кДж/моль	ΔG^{298} , кДж/моль	ΔS^{298} , Дж·моль·K ⁻¹
6-Аминоурацил	15	8.87±0.08	47.4±0.5	48.4±0.9	-3.4±0.3
	25	8.48±0.08			
	35	8.25±0.02			
	45	8.05±0.04			

1-Метил-6-аминоурацил	15	10.59±0.06	45.1±0.7	58.7±0.2	-45.6±1.6
	25	10.29±0.05			
	35	10.12±0.03			
	45	9.79±0.07			
3-Метил-6-аминоурацил	15	8.99±0.03	32.3±0.4	50.6±0.3	-61.2±1.1
	25	8.86±0.02			
	35	8.66±0.03			
	45	8.44±0.04			

Согласно полученным данным констант диссоциации 6-аминоурацила и его N-метилзамещенных производных отрыв протона у неметирированного 6-аминоурацила в первую очередь происходит от атома азота N1:



Изучение влияния температуры на константы депротонирования 6-аминоурацила и его N-метилзамещенных производных позволило установить, что процесс диссоциации исследуемых соединений эндотермичен. Положительные значения энергии Гиббса свидетельствуют о том, что при стандартных условиях процесс депротонирования термодинамически невыгоден, и кислотно-основное равновесие смещено в сторону нейтральных форм соединений.

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования № 125020601629-0. Результаты получены на оборудовании ЦКП «Химия» УФИХ УФИЦ РАН и РЦКП «Агидель» УФИЦ РАН.

Литература

1. Pfliegerer W., Deiss H. // Isr. J. Chem. 1968. V. 6. P. 603-614
2. Taqui Khan M.M., Satyanarayana S., Jyoti M.S., Lincoln Ch.A. // Indian J. Chem. 1983. V. 55, №5. P. 357.

© Дитятева И.П., Ахияров А.А., Файзрахманов И.С.,
Иванов С.П., 2026

УСТРАНЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ КАТИОННОГО
ФЛОКУЛЯНТА НА РАЗРЯД КАТИОНОВ МЕДИ ИЗ ХЛОРИДНОГО
ЭЛЕКТРОЛИТА

Долганина С.А., Агеенко Е.И.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Полиакриламидные флокулянты используются на этапах подготовки электролитов для гидрометаллургического производства металлов, в частности меди. Остаточное количество флокулянтов попадает на стадию электролиза, которое негативно сказывается на процессе.

Цель работы заключалась в устранении негативного влияния катионного флокулянта на разряд катионов меди (II) добавлением анионного ПАВ.

Исследование кинетики разряда катионов меди проводили в электролите состава хлорид меди (II) 0,01 М + хлорид натрия 0,5 М с использованием трехэлектродной ячейки, подключенной к потенциостату Elins P-30j.

В работе исследовали влияние концентраций добавок в диапазоне от 7,5 до 200 мг/л. Из полученных данных следует, что катионный флокулянт увеличивает перенапряжение и происходит смещение пологих участков в катодном направлении, характеризующихся замедленной стадией разряда. Добавление анионного ПАВ к раствору, содержащему 0,07 г/л катионного флокулянта снижает негативный эффект последнего, но при этом полного устранения негативного влияния не наблюдается. Это обуславливается взаимодействием разнозаряженных частиц, в результате которого образуются агрегаты, что уменьшают концентрацию флокулянта и ПАВ в растворе и снижает их адсорбцию за счёт увеличения размера частиц. При сравнении токов обмена, отмечается, что добавка флокулянта снижает плотность тока обмена практически в 15 раз, при этом использование добавки ПАВ позволяет увеличить плотность тока обмена, что говорит о частичном устранении влияния флокулянта.

Таким образом, присутствие катионного флокулянта увеличивает перенапряжение ($\Delta E > -1000$ мВ) разряда катионов меди из хлоридного электролита. Эффект флокулянта обусловлен его адсорбцией, занимающей промежуточное значение между физической адсорбцией и хемосорбцией, на поверхности катода. Анионный ПАВ также оказывает негативное влияние на разряд катионов меди, однако рост перенапряжения незначительный ($\Delta E < -220$ мВ), чем при внесении флокулянта. Анионный ПАВ адсорбируется заметно сильнее. При внесении анионного ПАВ к электролиту, содержащему катионный флокулянт, плотность тока обмена возрастает более, чем в 4 раза, но при этом не превышает значение, полученное в отсутствии добавок. Рост перенапряжения носит промежуточный характер ($\Delta E < -700$ мВ).

© Долганина С.А., Агеенко Е.И., 2026

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИИОДИДА ЕВРОПИЯ В РАСТВОРЕ ТЕТРАГИДРОФУРАНА

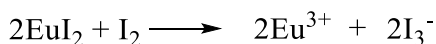
Ермолаева О.В., Газеева Д.Р., Василюк К.С., Якупова С.М., Галимов Д.И.

Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Уникальные восстановительные свойства алюминийорганических соединений (АОС) обуславливают их широкое применение: от классического органического синтеза [1] до специфических задач по получению соединений двухвалентных лантанидов [2]. В ранее опубликованной нами работе [3] было показано, что добавка диизобутилалюминий гидрида ${}^i\text{Bu}_2\text{AlH}$ к раствору диiodида европия EuI_2 в тетрагидрофуране (ТГФ) приводит к нивелированию тушения fd -люминесценции иона Eu^{2+} , вызванного примесями триiodид-аниона I_3^- . В настоящей работе нами проведено изучение влияния добавок других АОС – алкилаланов R_3Al (где $\text{R} = \text{Me}, \text{Et}, {}^i\text{Bu}$), на фотофизические свойства EuI_2 в растворе ТГФ.

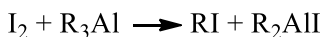
Согласно [3] присутствие примесей молекулярного йода, образующихся при длительном хранении диiodида европия или использовании избытка I_2 при синтезе EuI_2 , ведет к образованию триiodид-аниона I_3^- (схема 1). Это, в свою очередь, приводит к тушению фотолуминесценции (ФЛ) иона Eu^{2+} в растворе.

Схема 1



Спектры поглощения исходного раствора EuI_2 в ТГФ содержат интенсивные полосы при 295 и 366 нм, характерные для аниона I_3^- . Добавка триалюминийалкилов R_3Al к раствору EuI_2 в ТГФ приводит к мгновенному исчезновению «йодной» окраски раствора и образованию гомогенного прозрачного реакционного раствора. Спектры поглощения реакционных растворов (рис. 1А), полученных при взаимодействии R_3Al с EuI_2 в ТГФ, содержат полосу поглощения при 337-341 нм, характерную для иона Eu^{2+} . Полосы I_3^- в этих спектрах отсутствуют, что обусловлено взаимодействием молекулярного йода с R_3Al и образованием йодалканов и алкилалюминий иодидов, согласно ниже приведенной схеме 2.

Схема 2



$\text{R} = \text{Me}, \text{Et}, {}^i\text{Bu}$

Спектры ФЛ растворов EuI_2 -АОС-ТГФ (Me_3Al , Et_3Al , ${}^i\text{Bu}_3\text{Al}$) независимо от природы R_3Al содержат один широкий максимум в синей области спектра при 438 нм (рис. 1Б), характерный для иона Eu^{2+} и обусловленный интраконфигурационным переходом $4f^65d^1 \rightarrow 4f^7$.

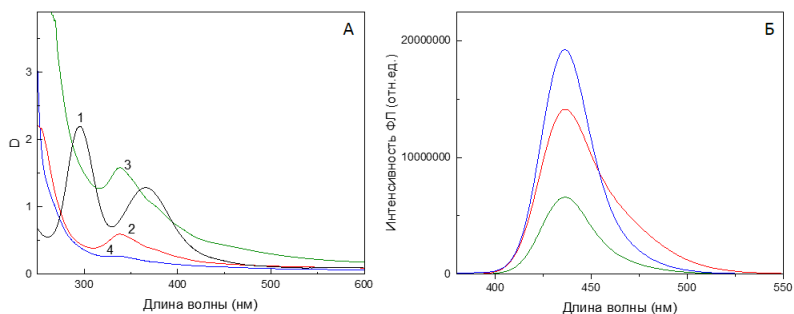


Рис. 1. А - Спектры поглощения раствора EuI_2 в ТГФ до (1) и после добавления АОС (АОС: Me_3Al (2), Et_3Al (3), iBu_3Al (4)). Б - Спектры ФЛ реакционного раствора, полученного при добавлении АОС к раствору EuI_2 в ТГФ (АОС: Me_3Al (1), Et_3Al (2), iBu_3Al (3)). $[\text{EuI}_2] = 10^{-2} \text{ M}$, $[\text{АОС}] = 0.4 \text{ M}$, $V(\text{ТГФ}) = 2 \text{ мл}$, $l = 1 \text{ см}$, 298 K .

Для исследованных систем определены квантовые выходы ФЛ. Полученные значения можно расположить в следующий ряд: 44% (iBu_3Al) > 24% (Et_3Al) > 16% (Me_3Al).

Таким образом, экспериментально установлено, что алкилаланы R_3Al эффективно нивелирует тушение ФЛ иона Eu^{2+} , обусловленное присутствием триодид-аниона I_3^- в растворе. Полученные гомогенные растворы обладают характерными для иона Eu^{2+} свойствами: полосами поглощения при 337-341 нм, интенсивной ФЛ при 438 нм. Наибольший квантовый выход ($\phi_{\text{ФЛ}} = 0,44$) и интенсивность ФЛ достигнуты при применении iBu_3Al , что подтверждает перспективность применения АОС для стабилизации фотофизических параметров двухвалентных лантанидов в растворе и создания на их основе функциональных оптических материалов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНК УФИЦ РАН (№ FMRS-2025-0025).

Литература

1. Dzhemilev, U.M., Dzhemileva, L.U. & D'yakonov, V.A. // Russ. Chem. Bull., 2023, 72, 404.
2. Патент РФ № 2574265 «Способ получения люминесцирующих растворимых комплексов двухвалентных лантанидов $\text{LnCl}_2 \cdot (\text{THF})_2$ ($\text{Ln} = \text{Eu}, \text{Yb}, \text{Sm}$)», Булгаков Р.Г., Елисеева С.М., Галимов Д. И., Джемилев У. М.
3. Galimov D.I., Yakupova S.M., Vasilyuk K.S., Bulgakov R.G. // J. Photochem. Photobiol. A: Chem., 2024, 451, 115489.

© Ермолаева О.В., Газеева Д.Р., Василюк К.С., Якупова С.М., Галимов Д.И., 2026

ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ГЛЮКОНАТА ЦИНКАИванов К.С.¹, Конкина И.Г.², Файзрахманов И.С.¹, Иванов С.П.²¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия²Уфимский институт химии УФИЦ РАН., Уфа, Россия

Соединения 3d-металлов характеризуются многообразием направлений взаимодействия с биологическими мишенями [1]. В этом плане представляет интерес изучение комплексных соединений 3d-металлов, в частности с D-глюконовой кислотой, которая обладает детоксицирующими свойствами и используется в фармацевтической и пищевой промышленности. Глюконаты 3d-металлов обладают противоопухолевой активностью, и при этом, в отличие от химиотерапевтических препаратов, имеют выраженные иммунокорригирующие свойства [2]. Одним из наиболее эффективных оказался глюконат цинка (ZnGI). В связи с этим представляет интерес более глубокое изучение его физико-химических свойств, а также оптимизация синтеза.

В настоящей работе было показано, что если исходными реагентами в синтезе являются глюконовая кислота и металлический цинк, реакция протекает в течение длительного времени и выход целевого продукта не превышает 70 %. Сократить время синтеза в несколько раз удалось при использовании в качестве исходного реагента гидроксида цинка, при этом выход увеличился до 85-90 %.

В ИК спектре ZnGI наблюдается исчезновение полосы поглощения валентных колебаний C=O связи карбоксильной группы свободной глюконовой кислоты с максимумом поглощения при 1715 см⁻¹ и появление полос поглощения, соответствующих валентным ассиметричным (1574 см⁻¹) и симметричным (1359 см⁻¹) колебаниям ионизированных карбоксильных групп OCO^- . Разность этих частот составляет около 200 см⁻¹, что свидетельствует о монодентатной координации иона металла. В согласии с этими данными результаты ЯМР ¹³C спектроскопии также указывают на координацию иона цинка через донорный атом кислорода при карбоксильной группе. В отличие от строения молекулы глюконата ртути, изученного ранее, образование хелатного кольца с участием атомов кислорода при первом и втором атомах углерода, в случае глюконата цинка не наблюдается.

Работа выполнена в рамках ГЗ Минобрнауки РФ № 125020601629-0 и 125020601626-9.

Литература

1.Kostova I. // Inorganics. 2023. V. 11. 56.

2.Князева О.А. и др. // Вопросы онкологии. 2025. Т. 71. №4.

© Иванов К.С., Конкина И.Г., Файзрахманов И.С.,
Иванов С.П., 2026

УСТРАНЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ АНИОННОГО ФЛОКУЛЯНТА НА РАЗРЯД КАТИОНОВ МЕДИ ИЗ ХЛОРИДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Искакова Ж.К., Агеенко Е.И.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Полиакриламидные флокулянты используются на этапах подготовки электролитов для гидрометаллургического производства металлов, в частности меди. Остаточное количество флокулянтов попадает на стадию электролиза, которое негативно сказывается на процессе.

Цель работы заключалась в устранении негативного влияния анионного флокулянта на разряд катионов меди (II) добавлением катионного ПАВ.

Исследование кинетики разряда катионов меди проводили в электролите состава хлорид меди (II) 0,01 М + хлорид натрия 0,05 М с использованием трехэлектродной ячейки, подключенной к потенциостату Elins P-30j.

В работе исследовали влияние концентраций добавок в диапазоне от 7,5 до 200 мг/л. Из полученных данных следует, что анионный флокулянт и катионный ПАВ увеличивают перенапряжение и происходит смещение пологих участков в катодном направлении, характеризующихся замедленной стадией разряда. Негативное влияние катионного ПАВ Berol 556 выражено более значительно по сравнению с влиянием флокулянта. Добавление катионного ПАВ к раствору, содержащему 0,07 г/л анионного флокулянта снижает негативный эффект последнего, но при этом полного устранения негативного влияния не наблюдается. Это обуславливается взаимодействием разно заряженных частиц, в результате которого образуются агрегаты, что уменьшают концентрацию флокулянта и ПАВ в растворе и снижает их адсорбцию за счёт увеличения размера частиц. При сравнении токов обмена, отмечается, что добавка флокулянта снижает плотность тока обмена практически в 3 раза, при этом использование добавки ПАВ позволяет увеличить плотность тока обмена, что говорит о частичном устранении влияния флокулянта.

Таким образом, присутствие анионного флокулянта увеличивает перенапряжение разряда катионов меди из хлоридного электролита. Главным образом эффект флокулянта обусловлен его хемосорбцией на поверхности катода. Катионный ПАВ также оказывает большее негативное влияние на разряд катионов меди по сравнению с анионным флокулянтом, что связано с большей адсорбцией ПАВ. ($K_{ад}$ для анионного флокулянта - $7,4 \cdot 10^4$, для катионного - ПАВ $9,0 \cdot 10^4$). Добавление катионного ПАВ позволяет снизить негативное влияние анионного флокулянта. При внесении катионного ПАВ к электролиту, содержащего анионный флокулянт, плотность тока обмена возрастает более, чем в 1,7 раза.

© Искакова Ж.К., Агеенко Е.И., 2026

ИНГИБИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ДЕНДРИТНОГО ПРОИЗВОДНОГО
КУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ В РЕАКЦИИ РАДИКАЛЬНО-ЦЕПНОГО
ОКИСЛЕНИЯ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Каштанова Т.А., Шараева К.С., Сафарова И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В растительном мире широко распространены фенольные соединения, защищающие растения от патогенов и окислительного стресса. В последние годы интерес к этим соединениям обусловлен способностью подавлять свободнорадикальные процессы, что открывает перспективы для создания новых антиоксидантных препаратов [1]. В настоящей работе была исследована ингибирующая активность дендритного производного кумаровой кислоты при окислении изопропилового спирта.

Экспериментальные кинетические измерения проводились при $T = 348$ К, инициатором служил азодиизобутиронитрил (АИБН) и скорость инициирования составляла $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}$ М/с. Эффективность ингибирующего действия оценивали по скорости поглощения кислорода при добавлении разных количеств веществ. Увеличение концентрации исследуемого соединения в реакционную смесь приводит к снижению скорости поглощения кислорода (рис. 1). Полученные результаты указывают на наличие ингибирующих свойств дендритного производного кумаровой кислоты.

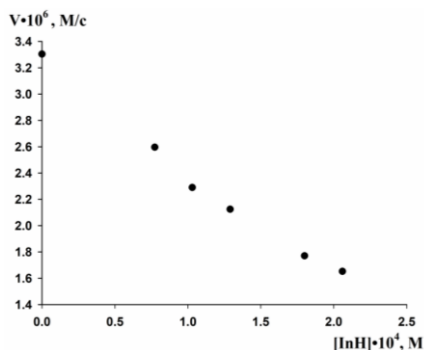


Рис. 1. Зависимость скорости окисления изопропилового спирта от концентрации исследуемого соединения. $T = 348$ К, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}$ М/с.

Литература

1. Gerchikov A. Y. et al. The specifics of the antioxidant action mechanism of cyclopentane annealed tetrahydroquinolines //Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis. – 2023. – V. 136. – No. 3. – P. 1455-1466.

© Каштанова Т.А., Шараева К.С., Сафарова И.В., 2026

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДНОЙ ГАЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ В РЕАКЦИИ ИНИЦИИРОВАННОГО ОКИСЛЕНИЯ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Каштанова Т.А., Шараева К.С., Сафарова И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Галловая кислота – природный полифенол, который обладает выраженными антиоксидантными свойствами благодаря трём гидроксильным группам в ароматическом кольце [1]. Дендритные структуры перспективны в качестве антиоксидантов: их большие размеры уменьшают потери при миграции и испарении, а наличие нескольких активных фрагментов на одной макромолекуле может повысить эффективность ингибирования [2]. В данной работе были изучены кинетические закономерности ингибирующего действия дендритного производного галловой кислоты в модельной реакции окисления изопропилового спирта.

Ингибирующая активность оценивалась по изменению скорости поглощения кислорода в модельной реакции окисления изопропилового спирта. Кинетические параметры регистрировали при $T = 348$ К с использованием азодиизобутиронитрила (АИБН) в качестве инициатора, скорость иницирования составляла $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}$ М/с. Добавление дендритного производного галловой кислоты приводит к снижению скорости поглощения кислорода и появлению индукционного периода на кинетических кривых (рис. 1), что подтверждает способность исследуемого соединения ингибировать развитие радикально-цепного окисления.

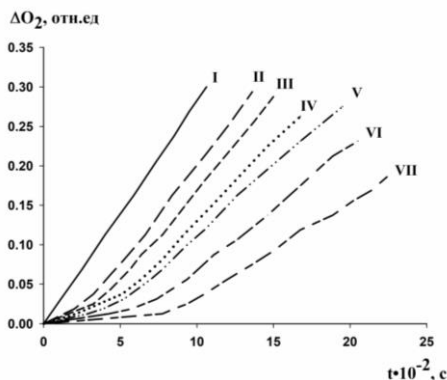


Рис. 1. Кинетические кривые поглощения кислорода при окислении изопропилового спирта в отсутствие [I] и присутствии добавок соединения $[InH] \cdot 10^5$ М = 0.00 (I), 0.77 (II), 1.29 (III), 1.80 (IV), 2.32 (V), 2.83 (VI), 5.15 (VII) $T = 348$ К, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}$ М/с.

Литература

1. Badhani B., Sharma N., Kakkar R. Gallic acid: a versatile antioxidant with promising therapeutic and industrial applications // RSC Advances. – 2015. – Vol. 5. – P. 27540–27557.
2. Bergenudd H., Eriksson P., DeArmitt C., Stenberg B., Malmström Jonsson E. Synthesis and evaluation of hyperbranched phenolic antioxidants of three different generations // Polymer Degradation and Stability. – 2002. – Vol. 76. – P. 503–509.

© Каштанова Т.А., Шараева К.С., Сафарова И.В., 2026

УДК 544.47+544.42+544.431

МОДИФИКАЦИЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ КИНЕТИКИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ДИЕНОВ

Кичигина М.Н.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

На примере полимеризации изопрена в присутствии каталитической системы $\text{GdCl}_3 \cdot n(\text{iC}_3\text{H}_7\text{OH})$ –TIBA–ПП ([ПП]/[Gd] = 0.5) провели сравнение трех способов решения обратной кинетической задачи, отличающихся минимизируемым функционалом.

Экспериментальные исследования проведены в Институте химии УНЦ РАН Стяжкиным Д.В. Расчеты проводились в программе, составленной Янборисовым В.М.

Кинетическая модель полимеризации ИП, протекающей по полицентровому механизму с использованием гадолиниевого катализатора, включает реакции инициирования, роста цепи, передачи цепи на мономер, дезактивации активных центров полимеризации [1]. Ввиду отсутствия альтернативных механизмов передачи цепи, молекулярно-массовые распределения полиизопрена могут быть аппроксимированы суперпозицией распределений Флори [2]. В связи с этим решение обратной кинетической задачи достигается путем аппроксимации конверсионной зависимости и ММР модельными зависимостями, полученными в результате решении СДУ, соответствующей кинетической схеме.

Проводилось сопоставление результатов аппроксимаций тремя способами: 1) индивидуальная аппроксимация конверсионной зависимости и ММР при минимизации суммы квадратов отклонений экспериментальных данных от модельных; 2) бикритериальная или совместная путем минимизации суммы квадратов относительных отклонений [3]; 3) бикритериальная при минимизации суммы квадратов отклонений, деленной на среднее значение функции.

Таблица 1

Статистические показатели отклонения экспериментальных значений от расчетных, разные способы.

	Способ 1			Способ 2			Способ 3		
	R^2	$S_{ад}$	$\square$, %	R^2	$S_{ад}$	$\square$, %	R^2	$S_{ад}$	$\square$, %
U	0.9948	6.1	8	0.9979	3.4	4	0.9973	2.8	5
$\bar{P}_n$	0.9866	1446	13	0.9923	1189	11	0.9840	877	9
$\bar{P}_w$	0.9900	1767	6	0.9899	4018	13	0.9855	1959	7
D	0.9990	0.26	13	0.9921	0.49	14	0.9757	0.24	6
ММР	-	0.054	14	-	0.066	16	-	0.059	12

Совместная аппроксимация конверсии мономера и ММР полимера (способы 2 и 3) позволила быстрее достичь решения обратной кинетической задачи, чем индивидуальная аппроксимация по отдельности (способ 1). Кроме того, она привела к более низким стандартным отклонениям и более высоким коэффициентам корреляции (табл. 1).

Таблица 2

Значения кинетических параметров, определенные разными способами

тип АЦ	$k_p \cdot 10^{-3}$, $M^{-1} \text{ мин}^{-1}$	k_m , $M^{-1} \text{ мин}^{-1}$	k_d , $M^{-1} \text{ мин}^{-1}$	k_i , $M^{-1} \text{ мин}^{-1}$	$[ПЦ]_0 \cdot 10^6$, М
Способ 1					
1	40	10.5	12.5	10	25.5
2	86	11.1	0.26	10	1.53
3	146	5.36	0.0709	0.0094	5.18
Способ 2					
1	40	10.5	10.9	10	25.1
2	86	10.2	0.16	10	1.17
3	146	4.66	0.046	0.0134	3.74
Способ 3					
1	40	10.9	10.6	10	19.7
2	86	12.0	0.202	10	1.14
3	146	5.68	0.109	0.0151	8.69

Константы скоростей реакций и начальные концентрации предреакционных центров, полученные при аппроксимации разными способами, отличаются незначительно (табл. 2).

Способ 3 более предпочтителен, чем способ 2, где минимизируется сумма квадратов относительных невязок, ввиду переоценивания точек с малыми значениями функции (конверсии или ММР) в способе 2.

Литература

1. Kolesov, S.V., Plotnikova N.V., Stiazhkin D.V., Yanborisov V.M. On Kinetic Reasons for the Activating Effect of Piperylene in Isoprene Polymerization on the Catalyst System $\text{GdCl}_3 \cdot n(\text{i-C}_3\text{H}_7\text{OH})$ – TIBA – Piperylene // Polymer Science, Series B. – 2025. – V. 67:23. – ISSN 1560-0904.
2. Стяжкин Д.В., Янборисов В.М., Плотникова Н.В., Колесов С.В. Кинетические константы полимеризации изопрена на полицентровом гадолиниевом катализаторе // Высокомолекулярные соединения, Серия С. – 2024. – Т. 66. – №1. – С. 115-124.
3. Терещенко К.А., Улитин Н.В., Шиян Д.А., Альметова Г.Ф., Захарова Е.М., Насыров И.Ш., Захаров В.П. Кинетика полимеризации изопрена в присутствии каталитической системы $\text{NdCl}_3 \cdot n\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3\text{--Al}(\text{i-C}_4\text{H}_9)_3\text{--}$ пиперилен // Химическая физика. – 2019. – Т. 38. – №2. – С. 63-70.

© Кичигина М.Н., 2026

УДК 544.54

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ КОНВЕРСИЯ СМЕСИ РАЗВЕТВЛЁННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Клыгин А.Я., Пономарев А.В.

ИФХЭ РАН, Москва, Россия

Радиационно-химическая конверсия углеводородов является важным направлением в радиационной химии, однако на данный момент большинство работ в этой области посвящены радиолizu индивидуальных изопарафинов, тогда как исследования конверсии их многокомпонентных смесей, потенциально образующихся в PUREX-процессе, остаются фрагментарными.

В данной работе исследован радиолiz смеси жидких разветвленных углеводородов. Состав исходной смеси представлен четырьмя изогексанами: 2-метилпентаном, 3-метилпентаном, 2,3-диметилбутаном и 2,2-диметилбутаном, и двумя изогептанами: 2,4-диметилпентаном и 2,3-диметилпентаном. Образец дезаэрировался кипячением (2 мин.) в потоке аргона высокой чистоты (99.9999%). Смесь облучали в герметичных ампулах при 293 ± 2 К с помощью линейного ускорителя LINS-03-350-EURF (RadiaBeam Systems, США) импульсами электронов 2.5 МэВ (длительность импульса 4 мкс; частота повторения импульсов 50 Гц; воздушный зазор между окном пучка и образцом 30 см; мощность дозы в импульсе 2.7 ± 0.1 Гр). Поглощенная доза составила 100 кГр. Состав исходной и облученной смеси анализировали с помощью газожидкостного хроматографа и масс-спектрометра Shimadzu GCMS-TQ8040 (газ-носитель – гелий; стеклянная капиллярная колонка Shimadzu SH-Rtx 60 м $\times$ 0.25 мм $\times$ 0.25 мкм, неполярная). Продукты идентифицировали с использованием базы данных

NIST и программного обеспечения AMDIS. Образцами сравнения служили линейные алканы C₆-C₁₄ от компаний Reachim и Aldrich.

Анализ облученной смеси показал, что радиационно-химический выход фракции углеводородов C₆-C₁₀ составил 3,92 молекул/100 эВ, в то время как выход фракции C₁₁-C₁₄ составил 1,28 молекул/100 эВ, что говорит о низкой склонности радикалов в исследуемых изоалканах к димеризации по сравнению с линейными гомологами и согласуется с результатами исследования [1], несмотря на то, что фракция C₁₁-C₁₄ для смеси представлена уже более чем 100 изомерами. Результаты радиолитического разложения обусловлены разветвленной структурой исходных веществ, т.е. наличием третичных и четвертичных атомов в углеродной цепи, что приводит к преобладанию числа разрывов C-C связей над числом C-H разрывов. Также следует отметить, что радиолитическая конверсия таких углеводородов приводит к повышению октанового числа смеси за счет образования разветвленных изоалканов C₇-C₁₀.

Литература

1. Клыгин А.Я., Пономарев А.В. Радиационно-химический синтез углеводородного разбавителя // Физикохимия – 2026 : XX Конференция молодых ученых, аспирантов и студентов ИФХЭ РАН, 16–20 февраля 2026 г. : сборник тезисов докладов. – Москва : ИФХЭ РАН, 2026. – С. 167

© Клыгин А.Я., Пономарев А.В., 2026

УДК 544.18

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЕДИНЕНИЙ С ОКСАДИАЗОЛЬНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ

Коновалова А.А., научный руководитель: доц. Лапыкина Е.А.

Ивановский государственный университет, Иваново, Россия

Соединения, содержащие оксадиазольные фрагменты, обладающие термической и химической стабильностью и высоким квантовым выходом фотолюминесценции, исследуются для применения в оптоэлектронных устройствах, таких как органические светодиоды и органические фотоэлектрические элементы.

В работе выполнены квантово-химические расчеты геометрического строения и электронных спектров поглощения и испускания (TD-DFT/B3LYP/6-311G**) для молекул на основе 1,3,5-трис[5-фенил-(1,3,4)-оксадиазол-2-ил]бензола с различными заместителями (рис. 1) как для газовой фазы, так и с учетом растворителя (CHCl₃) с использованием континуальных моделей сольватации: PCM, CPCM и SMD. Выбор растворителя хлороформа обусловлен его широким применением при получении экспериментальных электронных спектров поглощения (ЭСП).

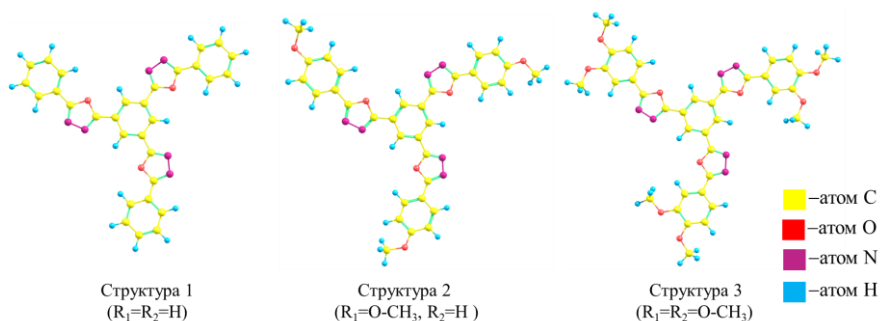


Рис. 1. Структура исследуемых молекул производных оксадиазола

Для исследования выбраны наиболее энергетически выгодные конформеры, с симметрией C_{3h} , обладающие плоской структурой. Заместители R_1 и R_2 оказывают слабое влияние на строение остова. Для каждой рассматриваемой структуры энергия ВЗМО и НСМО, по результатам расчетов в растворителе (PCM, CPCM, SMD) так же, как и для значения $\Delta E_{\text{gap}} = E_{\text{НСМО}} - E_{\text{ВЗМО}}$, оказались близки.

Расчет ЭСП показал, что любая модель сольватации (табл.1) приводит к близким значениям $\lambda_{\text{погл}}$, которая относится ко второму электронному переходу, обладающего ненулевой силой осциллятора и являющемуся оптически разрешённым. В таблице 2 представлены результаты расчетов электронных спектров поглощения и испускания, стоков сдвиг, энергии ВЗМО и НСМО и разность энергий граничных орбиталей рассчитанные в газовой фазе.

Таблица 1

Электронные спектры поглощения (растворитель- CHCl_3)

CHCl_3	Радикал (R)	PCM	CPCM	SMD	Эксп.
Поглощение λ , нм	-H	322	322	322	294[1]
	-O-CH ₃	351	351	352	317[2]
	-(O-CH ₃) ₂	378	376	380	329[3]

Таблица 2

Электронные спектры поглощения и испускания, энергии граничных орбиталей

Расчет - газовая фаза / эксперимент (хлороформ)	Радикал (-R)		
	-H	-O-CH ₃	-(O-CH ₃) ₂
Поглощение ($\lambda_{\text{теор}} / \lambda_{\text{эксп}}$), нм	317/294	341/317	368/329
Испускание ($\lambda_{\text{теор}} / \lambda_{\text{эксп}}$), нм	362/360	393/376	436/411
Стоксов сдвиг ($\lambda_{\text{теор}} / \lambda_{\text{эксп}}$), нм	45/66	52/59	68/82
ΔE_{gap} , эВ	4.30	4.04	3.75
$E_{\text{ВЗМО}} / E_{\text{НСМО}}$, эВ	-6.60/-2.30	-6.10/-2.06	-5.79/-2.04

Добавление донорных заместителей повышает энергию ВЗМО, уменьшает ΔE_{gap} и увеличивает длину волны испускания и поглощения. В результате донорная способность молекулы усиливается и тенденции, происходящие в теоретических расчетах, хорошо согласуются с результатами экспериментов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (FZZM-2026-0004).

Литература

1. Yang Ch. Excited State Luminescence of Multi-(5-phenyl-1,3,4-oxadiazole-2-yl)benzenes in Electron-Donating Matrix: Exciplex or Electropex? // J.Phys.Chem. 2010.Vol.114. P.756–768.
2. Cristiano R., Gallardo H. Synthesis and characterization of low molecular mass luminescent liquid crystalline materials with 1,3,4oxadiazole // Liquid Crystals. 2005.Vol.32, No.1.P.7–14.
3. Giroto E., Eccher J., Vieira A. A., Bechtold I. H., Gallardo H. Luminescent columnar liquid crystals based on 1,3,4-oxadiazole // Tetrahedron. 2014.Vol.70. No. 20. P. 3355–3360.

© Коновалова А.А., 2026

УДК 544.354.5:519.87

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЕСТРУКЦИИ ТВЕРДОПЛАВКОГО ПАРАФИНА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Корнилова А.А., Никонова С.И., научный руководитель: Гиззатова Э.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В [1] показано, что процесс термической деструкции твердоплавких парафинов протекает в три стадии, соответствующих смене физико-химических режимов превращения. Детальная интерпретация динамики системы на каждом из этих участков становится возможной благодаря анализу данных по потере массы образца. В литературе для аппроксимации зависимости скорости потери массы от температуры традиционно применяются функции распределения Пуассона, Флори или Шульца [2]. Однако данные модели не всегда адекватно описывают реальные процессы ввиду сложности химических процессов.

В качестве альтернативного предположим, что процесс деструкции макромолекулы можно представить как совокупность случайных событий разрыва химических связей.

Пусть p – вероятность разрыва единичной связи при заданной температуре (T), а q – вероятность сохранения ее целостности. В таком случае вероятность того, что в цепи, состоящей из эквивалентных связей, произойдет ровно n разрывов, описывается биномиальным законом распределения:

$$P_k = C_n^k p^k q^{n-k}$$

где C_n^k отражает число возможных комбинаций расположения дефектов в цепи длиной n .

Применение биномиального распределения для моделирования деструктивных процессов позволяет достичь высокой степени сходимости с экспериментальными данными [3]. Это обусловлено тем, что данная модель более гибко учитывает стохастическую природу расщепления цепей парафиновых углеводородов по сравнению с классическими экспоненциальными зависимостями.

Литература

1. Корнилова А.А., Гиззатова Э.Р., Мустафин А.Г. и др. Кинетическое моделирование процесса деструкции твердоплавкого парафина // Булатовские чтения. 2025. Т. 3. – С. 85-88.
2. Янборисов В.М., Султанова А.А., Колесов С.В. и др. Моделирование механизма полимеризации метилметакрилата в присутствии азобисизобутиронитрила и ферроцена методом Монте-Карло // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18, № 18. С. 51-53
3. Mustafin, I. A., Abdullin, M. F., Sudakova, O. M., Mustafin, A. G., Galiakhmetov, R. N., Valinurova, E. R. Destructive Transformation of Gas Oil in the Presence of a Nano-Sized Catalyst Based on Nickel // Petroleum Chemistry. 2018. Vol. 58, No. 3. Pp. 275-281.

© Корнилова А.А., Никонова С.И., 2026

УДК 544.016.2

ВЛИЯНИЕ ВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОКСИГИДРОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Криволапова А.Д., Куваева А.О.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Наличие фоновой освещенности, характерной для стандартным условиям работы в лаборатории (не более 1 Вт/м² [1]) приводит к существенным изменениям в свойствах синтезируемого материала. Даже при таком низком уровне освещенности наблюдается влияние электромагнитного излучения видимого диапазона на процессы структурообразования оксигидроксида циркония [2].

В данной работе в качестве исходной соли использовали оксихлорида циркония $ZrOCl_2 \cdot 18H_2O$ ЧДА. Синтез образцов осуществляли золь-гель методом при помощи водного раствора аммиака 0,50 М до pH 9,5 по методике, изложенной в работе [3]. Во время введения гидролитического агента часть образцов помещали в светоизолированное место. После

завершения процесса созревания, гель декантировали, а затем многократно промывали дистиллированной водой до полного исчезновения следов противоионов исходных солей в промывных водах.

Исследование сорбционных свойств проводили методом изомолярных серий. К навескам оксигидроксида циркония приливали раствор сорбата (нитрат иттрия) и помещали на 2 ч на встряхиватель, затем оставляли для установления равновесия ещё на 22 ч. После этого раствор сорбата отделяли декантацией и определяли его остаточную концентрацию титрованием трилоном Б в присутствии индикатора ксиленолового оранжевого и ацетатно-аммиачного буфера (рН 5,3). Полученные данные использовали для построения изотерм сорбции в координатах $\Gamma = f(C_{\text{равн}})$ линеаризовали в координатах $C_{\text{равн.}}/\Gamma = f(C_{\text{равн.}})$, рассчитали уравнение линейной регрессии и по углу наклона определили константу Лэнгмюра (K_L).

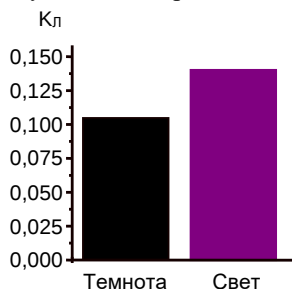


Рис. 1. Значения констант Лэнгмюра (K_L) оксигидроксида циркония

Исследование сорбционных свойств показало, что облучение оказывает влияние на сорбционные свойства оксигидроксидов циркония (по отношению к ионам иттрия), способствует формированию более упорядоченной структуры геля, что приводит к увеличению доли стабильных полимерных областей и, как следствие, к повышению сорбционной ёмкости. Таким образом, фоновая освещённость в лаборатории не является нейтральным фактором и должна учитываться при синтезе оксигидроксидов металлов, поскольку способна существенно изменять физико-химические свойства конечного продукта.

Литература

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. 2003.
2. Авдин В.В., и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2026. Т. 18, № 1. С. 167–176.
3. Буланова А.В. Особенности структурообразования оксигидроксида иттрия, полученного золь-гель и гидротермальным методами: дис. канд. хим. наук: Челябинск, 2021. С. 118.

МОДИФИКАЦИЯ МЕМБРАНЫ МК-40 ВАНАДИЛ-ИОНАМИ

Куцеволова Д.В., Коваленко Л.Ю.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Мембрану МК-40 применяют в процессах обессоливания, очистки, обеззараживания растворов различного состава. Актуальным направлением является создание композитов типа органика-неорганика с целью повышения ионообменной ёмкости и ионной проводимости мембраны МК-40 [1].

В связи с этим целью работы являлся подбор условий для модификации мембраны МК-40 ванадил-ионами.

В качестве объектов исследования выбраны: воздушно-сухой образец мембраны МК-40; мембрана, выдержанная в течение 60 минут в дистиллированной воде; мембрана, выдержанная в течение 7 суток в растворе 1 М NaOH. Введение ионов VO^{2+} в мембраны проводили, выдерживая мембраны МК-40 в насыщенном растворе $VOSO_4$ ($C=1,1$ моль/л) при температуре 25 °С. Через заданные промежутки времени отбирали пробы. Контроль концентрации ионов VO^{2+} проводили с помощью титрования проб солью Мора в присутствии H_2SO_4 , индикатор – дифениламин (Табл. 1).

Таблица 1

Концентрация раствора $VOSO_4$ после его взаимодействия с МК-40

Образец	C_N (30 мин выдержки), н	C_N (1 час выдержки), н	C_N (2 недели выдержки), н
Воздушно-сухая мембрана МК-40	0,08	0,08	0,1
Мембрана МК-40, выдержанная в дистиллированной воде	0,14	0,17	0,18
Мембрана МК-40, выдержанная в 1 М NaOH	0,14	0,18	0,1

Согласно полученным данным, концентрация раствора $VOSO_4$ уменьшилась почти в десять раз, что свидетельствует о введении значительного количества ванадил-ионов в поры мембраны. Для образцов, предварительно выдержанных в дистиллированной воде и в растворе NaOH, остаточная концентрация $VOSO_4$ в растворе больше. Это может свидетельствовать о том, что молекулы воды и ионы Na^+ тоже вошли в поры мембраны.

Литература

1. Юрова П.А., и др. Влияние на транспортные свойства катионообменных мембран МК-40 модификации перфторсульфополимером и оксидом церия // Электрохимия. – 2020. – Т. 56, № 6. – С. 568-573.

© Куцеволова Д.В., Коваленко Л.Ю., 2026

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ВЕГЕТАЦИИ ПИЩЕВЫХ КУЛЬТУР НА
ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ В НИХ АНТИОКСИДАНТОВ

Ларионова Д.Г., Зырянова С.А., Мустафина Э.З.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

К настоящему времени актуальным является поиск природных антиоксидантов как источников сырья для промышленной пищевой биотехнологии, медицины и косметологии. Добавление природных антиоксидантов в продукты питания, косметические средства, в лекарства позволяет удлинить срок их пригодности. Особое внимание уделяется ресурсным видам, плодово-ягодным культурам, пищевым культурам, содержащим высокий уровень антиоксидантов. Накопление в растительном сырье веществ, обладающих ингибирующими свойствами, зависит от множества факторов: состава почвы, климатических условий произрастания, времени года выращивания, способов хранения [1,2]. Актуальным является исследование влияния сроков вегетации растительного сырья на процесс накопления в них компонентов, обладающих ингибирующими свойствами. В настоящей работе исследовали зависимость антиокислительных свойств спиртовых экстрактов, извлеченных из следующих видов пищевых продуктов: редиски, горчицы, кресс-салата, капусты брокколи.

Влияние спиртовых экстрактов из пищевых продуктов исследовали на модельной реакции инициированного окисления этанола. Выбор модельной системы определяется тем, что для этанола известны значения элементарных констант скоростей реакций продолжения и обрыва цепей. За процессом окисления этанола следили по поглощению кислорода [3,4]. Скорость поглощения кислорода измеряли на высокочувствительной дифференциальной манометрической установке. По кинетическим кривым поглощения кислорода вычисляли величину скорости поглощения кислорода.

Стандартным опытом является реакция окисления этанола в присутствии традиционного инициатора – азиобутиронитрила. В специальных опытах установлен кинетический режим окисления модельного субстрата, когда скорость поглощения кислорода не зависит от его концентрации. В кинетическом режиме окисления реакции продолжения и обрыва цепей протекают с участием оксипероксильных радикалов спирта; частный порядок реакции по кислороду нулевой [3,4].

В дальнейшем в систему добавляли спиртовые экстракты из исследованных продуктов питания. Объемная доля добавленных спиртовых экстрактов в реакционной системе равна 0,025 и 0,050% (объемных). Добавки в реакционную систему экстрактов пищевых продуктов приводят к значительному снижению скорости окисления этанола. Данный

экспериментальный результат доказывает эффект ингибирования исследуемой реакции добавками экстрактивных веществ, извлеченных из исследованных продуктов питания. Среди исследованных пищевых продуктов наибольшей ингибирующей способностью обладает спиртовой экстракт из редиски. Установлена связь между ингибирующими свойствами спиртовых экстрактов пищевых продуктов от объемной доли экстракта в системе: чем больше объемная доля экстракта в реакторе, тем больше эффект ингибирования. Срок вегетации пищевых продуктов оказывают большое влияние на антиокислительные их свойства. Для некоторых пищевых культур наблюдается экстремальный характер накопления ингибирующих компонентов в зависимости от сроков вегетации. Полученный результат имеет важное практическое значение: сбор пищевого сырья нужно будет провести, когда в них накопилось максимальные концентрации ингибирующих добавок.

Таким образом, спиртовые экстракты из пищевых продуктов могут быть использованы в качестве добавок для снижения скорости нежелательных окислительных процессов в продуктах питания и в производстве лекарственных препаратов. Немаловажным является учет тех сроков вегетации, когда в пищевых продуктах накопилось наибольшие количества веществ, обладающих антиокислительными свойствами.

Литература

1. Р.Н. Насретдинова, Г.Г. Гарифуллина, М.М. Ишмуратова, Л.А. Головина, А.Р. Ишбирдин. Влияние сока смородины черной (*Ribesnigrum*L.) сортов башкирской селекции на процесс окисления этанола. // Вестник Башкирского университета. – 2026. – Т. 31, №1. – С. 57-62.
2. Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н., Ишмуратова М.М., Головина Л.А. Антиоксидантная активность спиртовых экстрактов почек смородины черной (*RIBESNIGRUM*L.) сортов Башкирской селекции. // Вестник Башкирского университета. – 2025. – Т. 30, №1. – С. 51-55.
3. Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н., Гатиятуллина А.И., Мустафин А.Г., Петрова А.В. Влияние заместителей на антиокислительную активность терпеноидов в модельной реакции окисления этилбензола. Вестник Башкирского государственного университета. 2022, т.37, № 4, с. 1007-1015.
4. Garifullina G.G., Nasretdinova R.N., Gerchikov A.Ya., Shaymordanova G.M., Petrova A.V., Mustafin A.G. Antioxidant efficiency of triterpenoids in radical chain oxidation of organic compounds. Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis. 2024. T. 137. № 1. С. 39-51.

© Ларионова Д.Г., Зырянова С.А., 2026

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПОИСК СОЕДИНЕНИЙ С ВЫРАЖЕННОЙ
АНТИКОАГУЛЯНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ СРЕДИ НЕКОТОРЫХ
ПРОИЗВОДНЫХ ИНДОЛУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Максимов Л.С., Хайруллина В.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Сердечно-сосудистые заболевания остаются одной из ведущих причин смертности, где ключевую роль играют тромбоэмболические осложнения. Существующие антикоагулянты (варфарин, прямые ингибиторы тромбина и фактора Ха) имеют ограничения, связанные с узким терапевтическим окном, риском кровотечений и развитием резистентности. Индолный фрагмент представляет собой «привилегированную структуру» в медицинской химии, что обуславливает интерес к производным индолуксусной кислоты как потенциальным лекарственным субстанциям.

Цель работы: проведение компьютерного поиска (*in silico*) и оценка потенциальной антикоагулянтной активности серии производных индолуксусной. В качестве мишеней использовались структуры белков из банка данных PDB[1]: тромбин (1TA6), фактор Ха (1XKA) и фактор XIIa (6B77).

Теоретическая оценка ADMET-свойств выполнялась в программе DataWarrior 6.04.04. Молекулярный докинг проводился с использованием AutoDock Vina 1.2.6 [2]. Анализ межмолекулярных взаимодействий осуществлялся в Discovery Studio Visualizer.

Все исследуемые соединения серии отвечают «правилу пяти» Липински (молярная масса < 500 г/моль, cLogP 3.19–4.41), демонстрируя благоприятные физико-химические характеристики для перорального применения. Соединения продемонстрировали высокое сродство к тромбину (IIa) и фактору Ха. Энергия связывания E_{bind} для комплекса с тромбином варьировалась от -8.8 до -9.2 ккал/моль, с фактором Ха – от -9.1 до -10.1 ккал/моль. Сродство к фактору XIIa оказалось умеренным, что объясняется меньшим числом стабилизирующих взаимодействий.

Стабилизация лигандов в активных центрах обеспечивается сетью водородных связей с ключевыми остатками каталитической триады (His57, Ser195, Asp102), а также гидрофобными и π - π стекинг-взаимодействиями (Trp215, Tyr60A, Phe174). Все изученные лиганды эффективно блокируют доступ к каталитическому центру ферментов.

Литература

1. <https://www.rcsb.org/>
2. <http://autodock.scripps.edu/>

© Максимов Л.С., Хайруллина В.Р., 2026

УДК 541.14:547.551.2

QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ ЦИКЛООКСИГЕНАЗЫ-2 НА ОСНОВЕ ДИАРИЛГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Максимов Л.С., Хайруллина В.Р., Мартынова Ю.З.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Целью работы являлось построение и валидация консенсусных QSAR-моделей для прогнозирования ингибирующей активности (параметр pIC_{50}) структурно-разнообразных диарилгетероциклических производных в отношении циклооксигеназы-2 (ЦОГ-2).

На основе набора из 305 ингибиторов ЦОГ-2 (базы ChEMBL, PubChem; диапазон $IC_{50} = 1,00\text{--}9549,93$ нмоль/л) в программе GUSAR 2019 построены 9 консенсусных QSAR-моделей. Для построения моделей использованы подструктурные дескрипторы MNA и QNA в комбинации с тремя дескрипторами целевой молекулы (топологическая длина, объем, липофильность). Валидация моделей проведена на независимой тестовой выборке из трех соединений (ChEMBL129021, ChEMBL339798, ChEMBL285831)

Все 9 моделей демонстрируют высокую описательную способность (коэффициент детерминации $R^2 = 0,898\text{--}0,985$ для обучающей выборки) и умеренную прогностическую способность для тестовой выборки ($R^2 = 0,741\text{--}0,877$). Наилучшие статистические характеристики показали модели QSPR, построенные с применением методов отбора дескрипторов RBF-SCR и Both. Прогностическая надежность подтверждена на независимой выборке: расхождение между экспериментальными и предсказанными значениями pIC_{50} не превышает 1,0 единицы.

Разработанные консенсусные QSAR-модели обладают достаточной прогностической надежностью для виртуального скрининга химических библиотек с целью поиска новых потенциальных ингибиторов ЦОГ-2. Эффективность подхода обусловлена использованием комбинированных дескрипторов атомных окружений и консенсусной стратегии усреднения предсказаний множества частных регрессионных уравнений.

© Максимов Л.С., Хайруллина В.Р.,
Мартынова Ю.З., 2026

КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ 5Н,6Н,6АН,7Н,9АН-
ЦИКЛОПЕНТА[С][1,7]ФЕНАНТРОЛИН-6-КАРБОКСИЛАТА К
АКТИВНЫМ ЦЕНТРАМ ЦИКЛОКСИГИНАЗЫ

Хайруллина В.Р., Максимов Л.С., Мартынова Ю.З.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Целью работы: изучение стерической комплементарности восьми стереоизомеров 5Н,6Н,6АН,7Н,9АН-циклопента[с][1,7]фенантролин-6-карбоксилата к активным центрам изоформ циклооксигеназ (ЦОГ-1 и ЦОГ-2) и поиск среди них потенциальных противовоспалительных средств, способных ингибировать биосинтез простагландинов.

Вычислительный эксперимент выполнен методом молекулярного докинга с использованием программы AutoDock 4.2.6 [1] со стандартными параметрами, за исключением шага перебора углов вращения вокруг одинарных связей и трансляций молекулы как целого (30°). В качестве структурных моделей ЦОГ-1 и ЦОГ-2 использованы кристаллические структуры из банка Protein Data Bank (PDB) с кодами 3N8X (цепь В) и 1PXX (цепь А) соответственно. Активные центры белков помещали в трёхмерный докинговый бокс размером 22 Å; центром бокса служили координаты нативных лигандов – нимесулида (для ЦОГ-1) и диклофенака (для ЦОГ-2)[2].

Установлено, что все исследованные стереоизомеры 5Н,6Н,6АН,7Н,9АН-циклопента[с][1,7]фенантролин-6-карбоксилата теоретически могут проявлять ингибирующую активность в отношении обеих изоформ ЦОГ, демонстрируя высокие значения энергии связывания с активными центрами белков 3N8X и 1PXX в диапазонах –9,40...–8,13 ккал/моль и –9,86...–8,70 ккал/моль соответственно. Значения параметра эффективности связывания |LE| для данной серии лигандов находились в интервалах 0,370–0,427 (ЦОГ-1) и 0,395–0,448 (ЦОГ-2), что указывает на умеренную, но сравнимую с известными НПВС аффинность. Полученные данные свидетельствуют о потенциальной неселективности соединений в отношении изоформ ЦОГ. Для верификации *in silico*-результатов необходимы экспериментальные исследования биологической активности и оценка гастротоксичности данных стереоизомеров.

Литература

1. <http://autodock.scripps.edu/>
2. <https://www.rcsb.org/>

© Хайруллина В.Р., Максимов Л.С., Мартынова Ю.З., 2026

КОНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ 2,5-ДИМЕТИЛ-8-ЭТИЛХРОМАНА

Мосалёв П.О.¹, Латыпова Э.Р.¹, Лобов А.Н.²¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия²Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Широкая терапевтическая применимость производных бензопирана определяет актуальность разработки новых методов их синтеза, а также всестороннего исследования структурных и конформационных особенностей соединений данного класса.

Как правило, заместители во 2-м положении у хромана (бензодигидропирана) ориентированы экваториально, а само дигидропирановое кольцо имеет конформацию близкую к полукреслу [1]. Однако, несмотря на наличие выраженных конформационных предпочтений, систематический поиск конформеров остаётся необходимым вследствие возможности низкобарьерных конформационных переходов.

В данной работе было изучено конформационное поведение 2,5-диметил-8-этилхромана (**1**) (рис. 1). Поиск глобального и локальных минимумов был выполнен с использованием GOAT (Global Optimizer Algorithm) [2], реализованного в программном пакете ORCA [3]. Помимо ожидаемого конформера с экваториальным (**Eq**) расположением метильной группы во 2-м положении, обнаружен конформер с аксиальной (**Ax**) ориентацией заместителя. Оптимизированные геометрии и частоты колебаний были получены с помощью DFT-расчета на уровне теории ω B97X-D/def2-TZVP.

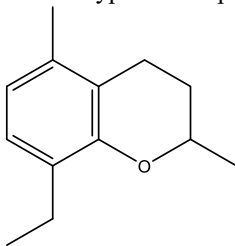


Рис. 1. Структурная формула соединения **1**

Следующим шагом исследования был поиск переходного состояния (**TS**) для оценки энергетического барьера инверсии дигидропиранового кольца. Использовался метод NEB (Nudged Elastic Band), позволяющий определить минимальный энергетический путь между двумя стационарными состояниями, с дальнейшей оптимизацией **TS**. Частотный анализ оптимизированной структуры переходного состояния показал наличие одной мнимой частоты, что характерно для седловой точки первого порядка и подтверждает соответствие данной геометрии реакции конформационного перехода.

Переходному состоянию соответствует конформер с дигидропирановым кольцом в форме «ванна». На рис. 2 представлены структуры **Eq** и **Ax**, соответствующие минимумам на поверхности потенциальной энергии, и переходному состоянию **TS Boat** между ними.

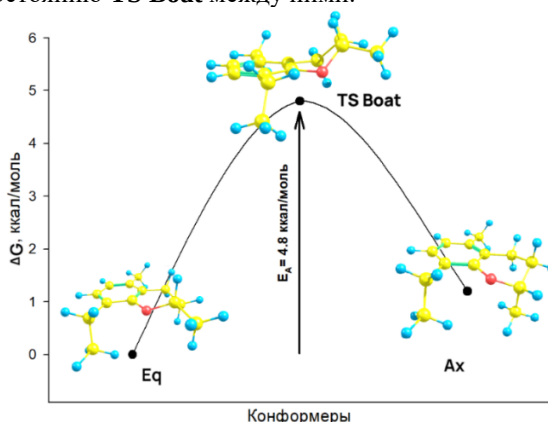


Рис. 2. Конформационный переход 2,5-диметил-8-этилхромана

Для получения более надежных значений свободных энергий Гиббса была выполнена постобработка термохимических данных с использованием программы GoodVibes [4], включающая корректировку низкочастотных колебательных мод в рамках квазигармонического приближения.

Полученное значение энергии активации конформационного перехода составляет 4.8 ккал/моль при комнатной температуре. Конформер **Eq** является более стабильным по сравнению с **Ax** на 1.2 ккал/моль, согласно распределению Больцмана **Eq/Ax** = 89/11.

Таким образом, молекула 2,5-диметил-8-этилхромана относительно жесткая [5], с низкобарьерным переходом.

Литература

1. Yang, B.-B. et al. Stereochemistry of Chiral 2-Substituted Chromanes: Twist of the Dihydropyran Ring and Specific Optical Rotation. *Molecules* 2023, 28, 439.
2. B. de Souza, *Angewandte Chemie* 2025, 64, e202500393.
3. Neese, F. Software update: The ORCA program system – Version 5.0. *WIREs Comput. Molec. Sci.* 2022, 12(1)e1606.
4. Velmiskina, J. A., Malyshev, V. I., Gerasimov, I. S. & Medvedev, M. G. GoodVibes-2 version 3.2 *J. Chem. Phys.* 2025, 162, 124115. DOI: 10.1063/5.0255622
5. Bursch, M. et al. Best-practice DFT protocols for basic molecular computational chemistry. *Angewandte Chemie* 2022, 134.42: e202205735.

© Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Лобов А.Н., 2026

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ 2-МЕТИЛ-8-ЭТИЛХРОМАНА НА ОСНОВЕ ГЛОБАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ ДЕСКРИПТОРОВ

Мосалёв П.О.¹, Латыпова Э.Р.¹, Лобов А.Н.²

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Оценка потенциальной биологической активности с помощью PASS Online для 2-метил-8-этилхромана выявила следующие наиболее вероятные профили действия ($P_a > 0,7$): субстрат ряда изоформ цитохрома P450 (CYP2J, CYP2C, CYP3A и др.), ингибирование митохондриального цитохрома bc1, ингибирование альдо-кеторедуктазы 1C3 (AKR1C3), антиоксидантная активность.

В этой связи представляет интерес проведение квантово-химического исследования реакционной способности 2-метил-8-этилхромана (**1**) в рамках CDFT с использованием глобальных и локальных дескрипторов.

Оптимизация геометрии выполнялась на уровне теории ω B97X-D/def2-TZVP (рис. 1), для анализа распределения электронной плотности проводились одноточечные расчеты состояний N, N-1, N+1 электронов системы с использованием расширенного базисного набора def2-TZVPD в газовой фазе.

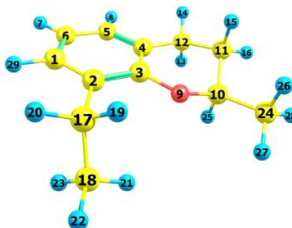


Рис. 1. Оптимизированная геометрия соединения **1**

Глобальные дескрипторы реакционной способности, рассчитанные в рамках CDFT, анализировались с использованием программного пакета Multiwfn [1] на основе метода разложения электронной плотности по Хиршфельду и представлены в табл. 1.

Таблица 1

Глобальные дескрипторы 2-метил-8-этилхромана

Параметр	Показатель	Значение (a.u.)	Значение (эВ)
Энергия нейтральной системы	E_N	- 542.17736	—
Энергия аниона	E_{N+1}	- 542.11755	—

Энергия катиона	E_{N-1}	-	541.89209
Вертикальный ПИ	$IP = E_{N-1} - E_N$	0.28527	7.76
Вертикальное сродство электрону	$EA = E_N - E_{N+1}$	-0.05981	-1.63
Электроотрицательность	$\chi = (IP + EA)/2$	0.11273	3.07
Химический потенциал	$\mu = -\chi$	-0.11273	-3.07
Глобальная жесткость	$\eta = E_{N+1} + E_{N-1} - 2E_N$	0.345087	9.39
Глобальная мягкость	$S = \frac{1}{\eta}$	2.897822	0.11
Квадрат мягкости	S^2	8.397372	0.01
Индекс электрофильности	$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta}$	0.018412	0.50
Нуклеофильность	N, данные MultiWFN	0.046604	1.23

По этим данным 2-метил-8-этилхроман характеризуется высокой глобальной жесткостью ($\eta = 9.39$ эВ), что указывает на его низкую поляризуемость. Величина нуклеофильности ($N = 1.23$ эВ) позволяет рассматривать его как нуклеофильный агент. Отрицательное значение сродства к электрону ($EA = -1.63$ эВ) подтверждает слабые электрофильные свойства.

Локальная реакционная способность 2-метил-8-этилхромана анализировалась с использованием condensed dual descriptor (CDD), полученного на основе конденсированных индексов Фукуи, вычисленных методом конечных разностей согласно подходу Янга и Мортье [2]. Значения CDD позволяют количественно различать нуклеофильные ($CDD < 0$) и электрофильные ($CDD > 0$) центры молекулы, основные положения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные реакционные центры 2-метил-8-этилхромана по данным CDD

Атом	CDD
O9	-0.0956
C6	-0.0784
C3	-0.0654
C5	0.0309
H8	0.0745
H14	0.1248

На основании значений индексов Фукуи установлено, что атом C6 является наиболее вероятным центром атаки электрофильных реагентов, тогда как атом C5 – центром атаки нуклеофилов. Максимальное значение CDD для атома H14 указывает на значительную поляризацию связи C12-H14

и ее повышенную реакционную способность, что делает данную позицию потенциально активным центром в метаболических превращениях, а также перспективной для направленной функционализации производных хромана [3].

Литература

1. Tian Lu; A comprehensive electron wavefunction analysis toolbox for chemists, Multiwfn. J. Chem. Phys. 2024; 161 (8): 082503.
2. Parr R.G., Pearson R.G. Absolute hardness: companion parameter to absolute electronegativity. J. Am. Chem. Soc. 2002, 105:7512–7516.
3. C. Bastien, W. Erb, Y. S. Halauko, V. E. Matulis, T. Roisnel, Y. Sarazin, F. Mongin, Eur. J. Org. Chem. 2024, 27, e202400566.

© Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Лобов А.Н., 2026

УДК 54

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕГРУППИРОВОК КЛЯЙЗЕНА И АУВЕРСА

Николаенко А.А., научный руководитель: Белик А.В.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

В работе рассматривается расчет температурно-зависимого частотного дескриптора $\nu'_{\text{ср}}$ и его применение для прогнозирования направления реакции перегруппировок Кляйзена и Ауверса.

Дескриптор хорошо подходит для описания перегруппировки Кляйзена и показана тенденция его изменения с повышением температуры [1].

Для вычисления дескриптора были построены модели молекул, участвующий в реакции в программе HyperChem, геометрия оптимизирована семи-эмпирическим методом PM3 и обработаны программным комплексом Gaussian. После чего полученные декартовы координаты атомов были преобразованы и обработаны в программном комплексе DENSON для расчета искомого дескриптора. По полученным данным для перегруппировки Кляйзена был построен график зависимости дескриптора $\nu'_{\text{ср}}$ от температуры (Рис. 1).

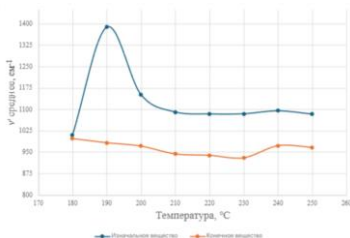


Рис. 1. Сравнительный график значений дескриптора $\nu'_{\text{ср}}$ исходного и конечного вещества перегруппировки Кляйзена 1-аллилокси-2-метокси-бензола в диапазоне температур 180–250 °C

Помимо этого были вычислены структурный дескриптор S'_d и дескриптор связи R_{mild} при температуре 240°C (табл.1).

Таблица 1

Значения дескрипторов исходного и конечного соединения
перегруппировка Кляйзена 1-аллилокси-2-метокси-бензола

$\nu'_{cp}, \text{см}^{-1}$	R_{mild} исходного соединения	S'_d исходного соединения	$\nu'_{cp}, \text{см}^{-1}$	R_{mild} конечного соединения	S'_d конечного соединения
1059	1.755	37.280	961	2.017	39.508

Аналогичным методом исследована перегруппировка Ауверса на основе изомеров 1-(дихлорметил)-1-метил-4-метилениклогексadiens-2,5 (рис. 2) и построена таблица полученных результатов (табл.2).



Рис. 2. Исследуемая реакция перегруппировки Ауверса

После вычислений построена сравнительная таблица значений искомого дескриптора для субстрата и продукта реакции (табл. 2).

Таблица 2

Значения дескрипторов исходного и конечного соединения
перегруппировка Ауверса

R_1	R_2	R_3	R_4	∂R_{mild}	$\partial S'_d$	$\nu'_{cp}, \text{см}^{-1}$ исходного соединения	$\nu'_{cp}, \text{см}^{-1}$ конечного соединения
H	H	H	H	0,114	4,175	1006	979
CH ₃	H	H	H	0,216	4,752	984	969
CH ₃	H	H	CH ₃	0,288	6,027	981	962
CH ₃	H	CH ₃	CH ₃	0,222	6,852	1004	1002
CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	0,222	6,852	1064	1024
H	CH ₂ - CH=CH ₂	H	H	0,341	7,922	1042	1058

Основываясь на полученных данных о снижении частотного дескриптора v'_{cp} при перегруппировках Кляйзена и Ауверса, а также о меньшем увеличении значений дескрипторов S'_d и R_{mild} относительно не осуществляющихся вариантов перегруппировки Ауверса, можно сделать вывод о прямом направлении реакции и возможности применения исследуемого частотного дескриптора v'_{cp} для описания данных перегруппировок.

Литература

1. Белик А.В. Перспективы прогноза условий проведения перегруппировки Кляйзена. / А.В. Белик, Р.М. Арсламбеков // Журнал органической химии. 1995. Т.31, №5. С.743-746.

© Николаенко А.А., 2026

УДК 544.43 : 678.744.335

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ КИНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССА РАДИКАЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Никонова С.И., Корнилова А.А., научный руководитель: Гиззатова Э.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В [1] разработано программное обеспечение позволяющее выявлять особенности протекания любого химического процесса. В основе метода лежит аппроксимация экспериментальных зависимостей (конверсия, потеря массы) функциями описывающими различные кинетические модели (нуклеация, реакции n -го порядка, автокатализ и др.). Для проверки применимости генетического алгоритма был выбран процесс радикальной полимеризации в силу его высокой изученности [2-3]. В процессе расчетного эксперимента для процесса радикальной полимеризации метилметакрилата в присутствии вещественного инициатора (азобисизобутиронитрила (АИБН)) при температуре 60°C [2] получены следующие значения, представленные в таблице.

Таблица

	F1, %	F2, %	R2, %	R ² , %
I	84.13±5.62	8.40±4.89	7.47±1.04	99.84±0.02
II	7.72±3.57	70.28±12.23	62.52±16.41	96.39±0.43
III	6.07±3.83	-	92.67±4.01	96.52±0.60

где F – реакции 1 или 2 порядка, R₂ – реакция 2 порядка на границе раздела фаз, R² – коэффициент аппроксимации.

Высокий коэффициент аппроксимации свидетельствует о математической адекватности выбранных моделей реальному физико-химическому процессу. Однако в контексте радикальной полимеризации

ММА результаты подтверждают смену механизмов – переход от гомогенной кинетики к диффузионно-контролируемой стадии (гель-эффекту).

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026616287 Российская Федерация. Программный комплекс сегментированного моделирования данных по термической деструкции генетическим алгоритмом : № 2026613315 : заявл. 03.03.2026 : опубл. 05.03.2026 / Э. Р. Гиззатова, С. И. Никонова, А. А. Корнилова ; заявитель ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». – Текст : электронный.
 2. Carswell, T. G. Kinetic parameters for polymerization of methyl methacrylate at 60 °C / T. G. Carswell, D. J. T. Hill, D. I. Londero, et al. Text : unmediated // Polymer. – 1992. – Vol. 33, № 1. – P. 137–140.
 3. Янборисов, В. М. Моделирование радикальной полимеризации метилметакрилата в массе методом Монте-Карло / В. М. Янборисов, А. А. Султанова, С. В. Колесов. – Текст : непосредственный // Информационные технологии моделирования и управления. – 2015. – Т. 95, № 5. – С. 418-428.
- © Никонова С.И., Корнилова А.А., 2026

УДК 544.18; 547.7

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ 3,7,11-ТРИС(3,4-БИС(МЕТОКСИ)ФЕНИЛ)-ТРИС([1,2,4]ТРИАЗОЛ)[1,3,5]ТРИАЗИНА В РАСТВОРИТЕЛЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ

Салькова А.М.

Ивановский государственный университет, Иваново, Россия

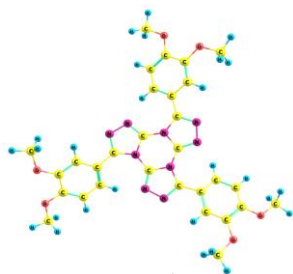


Рис. 1.
Структура
соединения

С использованием методов квантовой химии (TD-DFT/B3LYP/6–311G**) рассчитаны электронные спектры поглощения (ЭСП) исследуемого соединения в газовой фазе и с учетом растворителя в неявном виде (модель РСМ). Расчет выполнен для наиболее энергетически выгодного конформера. Представленные в таблице 1 результаты показывают зависимость электрооптических свойств соединения от полярности среды. Положение полос поглощения ($\lambda_{\text{полгл.}}$) демонстрирует низкую чувствительность к природе растворителя. Максимальные изменения, как теоретические, так и

экспериментальные, отмечены в самом полярном растворителе, тогда как в

остальных случаях разница в положении полос поглощения не превышает 3 нм.

Таблица 1

Результаты расчетов ЭСП и энергетические характеристики

	$\lambda_{\text{погл.}}$, нм (теор.)	$\lambda_{\text{погл.}}$, нм (эксп.)	μ , D	$E_{\text{ВЗМО}}$, эВ	$E_{\text{НСМО}}$, эВ	ΔE_{gap} , эВ	ΔE , ккал/моль
Газовая фаза	336	-	0.40	-5.75	-1.60	4.15	0
Циклогексан	338	318	0.69	-5.83	-1.66	4.18	-7.37
Толуол	338	313	0.74	-5.85	-1.67	4.18	-8.88
CHCl_3	335	316	1.00	-5.91	-1.70	4.21	-14.05
CH_2Cl_2	333	310	1.21	-5.94	-1.71	4.23	-17.25
DMSO	331	303	1.46	-5.98	-1.71	4.27	-20.80

Анализ энергетических характеристик показывает, что энергии высшей занятой (ВЗМО) и низшей свободной (НСМО) молекулярных орбиталей понижаются при движении от газовой фазы к полярному растворителю, а $\Delta E_{\text{gap}} = E_{\text{НСМО}} - E_{\text{ВЗМО}}$ плавно возрастает. Наибольшее взаимодействие системы с растворителем достигается в среде с максимальной полярностью.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (FZZM–2026–0004).

Работа выполнена под руководством: к.х.н. Лапыкиной Е.А.

Литература

1. Zharnikova N. V., Akopova O. B. Effect of alkyloxy substituents on mesomorphic and photophysical properties of star-shaped trisriazolotriazines. Liquid Crystals, 2023, 50(7–10), 1296–1309.

© Салькова А.М., 2026

УДК 541.49:547.476.2:661.746.54

КОМПЛЕКСНОЕ СОЕДИНЕНИЕ N, N'-ЗАМЕЩЕННОГО
ОКСИМЕТИЛАЦИЛА С ФУМАРОВОЙ КИСЛОТОЙ
Фазлыева Л.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Известно, что комплексное соединение 5-гидрокси-1,3,6-триметилацила с янтарной кислотой (ЯК) относится к малоопасным веществам при введении в желудок, практически нетоксично при внутривенном введении и обладает выраженной антидотной активностью. Поэтому было весьма интересным изучить взаимодействие данного N, N'-замещенного оксиметилацила со структурно схожим соединением – фумаровой кислотой (ФК).

Комплексообразование изучали спектрофотометрическим методом на максимумах поглощения замещенного оксиметилацила. УФ-спектры

снимали на двухлучевом спектрофотометре u-Violet DB (SILab, Китай) в кварцевых кюветах толщиной 1 см относительно воды.

Добавление ФК к водному раствору N, N'-замещенного оксиметилурацила приводит к изменениям в УФ-спектре, что, очевидно, указывает на образование комплексного соединения. Установлен его состав, который, как и в случае с янтарной кислотой, оказался равен 1 : 1. Значения константы устойчивости, определенные в интервале температур 291 – 316 К, оказались того же порядка, что и для комплекса с ЯК (10^3 – 10^4 л/моль). Полученные данные позволили определить изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса реакции 5-гидрокси-1,3,6-триметилурацил с ФК. Важно отметить, что результаты настоящей работы согласуются с данными работ [1, 2] по изучению комплексных соединений производных урацила с янтарной и фумаровой кислотами.

Совпадение стехиометрии и близость констант устойчивости комплексов 5-гидрокси-1,3,6-триметилурацила с фумаровой и янтарной кислотами позволяют полагать, что комплекс с ФК также будет стабилен в биологических средах и, вероятно, может проявить эффективность, не уступающую исходным компонентам.

Литература

1. Борисова Н.С., Ишмуратова Г.И., Валиева О.И., Борисов И.М., Зимин Ю.С., Мустафин А.Г. Исследование взаимодействия янтарной и фумаровой кислот с урацилом и его производными // Вестник Башкирского университета. 2012. Т. 17. № 4. С. 1687-1690.
2. Терентьев А.О., Борисова Н.С., Хамитов Э.М., Зимин Ю.С., Мустафин А.Г. Экспериментальное и квантово-химическое исследования взаимодействий 6-метилурацила с янтарной и фумаровой кислотами // Журнал физической химии. 2014. Т. 88. № 12. С. 1908-1913.

© Фазлыева Л.А., 2026

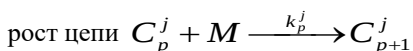
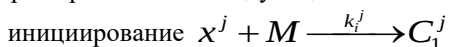
УДК 544.47+544.42+544.431

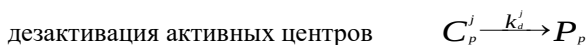
ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПИПЕРИЛЕНА В ГАДОЛИНИЕВОМ КАТАЛИЗАТОРЕ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ИЗОПРЕНА

Хамидуллина А.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Добавление пиперилена (ПП) в процессе приготовления катализатора $GdCl_3 \cdot n(i-C_3H_7OH)$ – ТИБА – ПП ускоряет полимеризацию изопрена (ИП), которая протекает по следующей кинетической схеме [1-3]:





где x^j – предреакционный центр (ПЦ) j -го типа, M – мономер, C_p^j – растущая живая цепь на j -ом типе ПЦ, p – степень полимеризации, P_p – мертвая цепь, k_i^j , k_p^j , k_m^j , k_d^j – константы скорости реакций инициирования, роста цепи, переноса цепи на мономер, деактивации активных центров полимеризации, $j = 1 - 3$.

Соответствующая СДУ выглядит:

$$\frac{d[x^j]}{dt} = -k_i^j \cdot [x^j] \cdot [M]$$

$$\frac{d[C^j]}{dt} = k_i^j \cdot [x^j] \cdot [M] - k_d^j \cdot [C^j]$$

$$\frac{d[M]}{dt} = \sum_{j=1}^4 (-k_p^j \cdot [C^j] \cdot [M] - k_m^j \cdot [C^j] \cdot [M] - k_i^j \cdot [x^j] \cdot [M])$$

$$\frac{d[P]}{dt} = \sum_{j=1}^4 k_m^j \cdot [C^j] \cdot [M] + k_d^j \cdot [C^j]$$

Целью работы является определение кинетических параметров полимеризации ИП при разном содержании ПП в катализаторе.

Экспериментальные данные по конверсии ИП и ММР полимера аппроксимировали соответствующими расчетными зависимостями, полученными при решении СДУ. В результате определяли значения кинетических параметров: констант скоростей реакций и начальные концентрации предреакционных центров (ПЦ).

Таблица 1

Кинетические параметры полимеризации изопрена при разном содержании пиперилена

[ПП]/[Gd]	Тип АЦ	$k_p \cdot 10^{-3}$, $M^{-1} \text{ мин}^{-1}$	k_m , M^{-1} мин^{-1}	k_d , M^{-1} мин^{-1}	k_i , M^{-1} мин^{-1}	[ПЦ]* 10^6 , М
0.5	1	40	11	11	10	20
	2	86	12	0.20	10	1.1
	3	146	5.6	0.11	0.015	8.7
1	1	40	16	10	10	8.3
	2	86	14	0.078	10	0.5
	3	146	6.5	0	0.013	2.4
5	1	40	23	12	10	35
	2	86	16	0.11	10	1.4
	3	146	5.9	0.0011	0.015	4.5
10	1	40	22	9.1	10	20

	2	86	16	0.14	10	1.1
	3	146	5.5	0.21	0.015	3.9

Многокритериальная аппроксимация данных по конверсии и ММР показала высокую точность моделирования. Средние относительные отклонения составили: $\delta U = 4.1\text{--}6.8\%$, $\delta \bar{P}_n = 5.4\text{--}16.7\%$, $\delta \bar{P}_w = 3.8\text{--}8.0\%$.

Варьирование соотношения $[ПП]/[Gd]$ в диапазоне 0.5–10 не влияет на константы скоростей роста цепи, передачи на мономер и дезактивации. Основным эффектом введения ПП является изменение начальной концентрации ПЦ различных типов. Результаты подтверждают, что ПП участвует в инициировании и формировании структуры каталитического комплекса, не изменяя механизм протекания полимеризации ИП.

Литература

1. Стяжкин Д.В., Янборисов В.М., Плотникова Н.В., Колесов С.В. Кинетические константы полимеризации изопрена на полицентровом гадолиниевом катализаторе / Высокомолекулярные соединения. Серия С. 2024. Т. 66. № 1. С. 115-124.
2. Kolesov S.V., Plotnikova N.V., Styazhkin D.V., Yanborisov V.M. On Kinetic Reasons for the Activating Effect of Piperylene in Isoprene Polymerization on the Catalyst System $GdCl_3 \cdot n(i-C_3H_7OH)$ – TIBA – Piperylene, Polymer Science B, 2026, Т. 67. № 4.
3. Стяжкин Д.В., Колесов С.В., Шишлов Н.М., Захарова Е.М. Стереоспецифическая полимеризация изопрена под действием катализатора на основе хлорида гадолиния // Вестник Башкирского университета. 2021. Т. 26. № 2. С. 11-18.

© Хамидуллина А.А., 2026

УДК 541.572 (547.594.2)

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ПОЛЯРИЗУЕМОСТЬ В РЕАКЦИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ И ИЗОМЕРИЗАЦИИ ТРУКСЕНА И ИЗОТРУКСЕНА: КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Харисов Э.Р.¹, Шаяхметова Р.Р.^{2,3}

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, Уфа, Россия

³Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

Труксен и изотруксен представляют собой структурные изомеры полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), содержащих комбинированную систему пяти- и шестичленных циклов. Эти соединения образуются при кислотной циклотримеризации индена и способны к взаимопревращениям в присутствии кислотных катализаторов [1]. Труксен, обладающий высокой D_{3h} симметрией, традиционно считается

термодинамически более стабильным, тогда как изотруксен с пониженной C_{2v}/C_s симметрией часто образуется как кинетический продукт [2,3].

Целью настоящей работы является расчёт термодинамических параметров и поляризуемости в реакциях образования труксена и изотруксена из индена, а также их взаимной изомеризации, с использованием современных методов теории функционала плотности.

Все квантово-химические расчёты выполнены в программе Природа 6.0 [4] методом теории функционала плотности РВЕ с оригинальным базисным набором 3 ζ . Выбор данной методологии обоснован недавними исследованиями, продемонстрировавшими высокую точность метода РВЕ/3f в описании средних поляризуемостей не только фуллеренов, но и полиароматических углеводородов.

Рассмотрены две стехиометрически эквивалентные реакции циклотримеризации индена и значения термодинамических параметров (при 298.15 K):

(1) $6\text{ C}_9\text{H}_8$ (инден) $\rightarrow$ $\text{C}_{27}\text{H}_{18}$ (труксен) + $3\text{ C}_9\text{H}_{10}$ (индан) $\Delta H_r = -322.64$ кДж·моль $^{-1}$, $\Delta G_r = -205.51$ кДж·моль $^{-1}$

(2) $6\text{ C}_9\text{H}_8$ (инден) $\rightarrow$ $\text{C}_{27}\text{H}_{18}$ (изотруксен) + $3\text{ C}_9\text{H}_{10}$ (индан) $\Delta H_r = -305.12$ кДж·моль $^{-1}$, $\Delta G_r = -188.45$ кДж·моль $^{-1}$

Обе реакции являются экзотермическими и экзергоническими, что согласуется с экспериментальными данными об их протекании при повышенных температурах [3,5]. Образование труксена термодинамически более выгодно: разница в энтальпиях составляет $\Delta\Delta H = 17.52$ кДж·моль $^{-1}$, в энергиях Гиббса – $\Delta\Delta G = 17.06$ кДж·моль $^{-1}$ в пользу труксена. Это подтверждает его статус термодинамически стабильного изомера.

Реакция взаимопревращения изомеров: (3) труксен $\rightleftharpoons$ изотруксен

Рассчитанные параметры изомеризации:

труксен $\rightarrow$ изотруксен: $\Delta H_r = +17.52$ кДж·моль $^{-1}$, $\Delta G_r = +1.53$ кДж·моль $^{-1}$

изотруксен $\rightarrow$ труксен: $\Delta H_r = -17.52$ кДж·моль $^{-1}$, $\Delta G_r = -1.53$ кДж·моль $^{-1}$

Небольшое значение ΔG_r (1.53 кДж·моль $^{-1}$) указывает на то, что при комнатной температуре равновесие реакции (3) лишь незначительно смещено в сторону труксена ($K \approx 1.8$). Однако небольшая величина ΔG_r (1,53 кДж) указывает на возможность существования обоих изомеров в равновесной смеси при комнатной температуре, что согласуется с экспериментальными данными о совместном синтезе этих соединений [6].

В таблице 2 представлены компоненты тензора статической электрической поляризуемости α (в $\text{\AA}^3$), средняя поляризуемость $\alpha_{\text{авт}}$ и анизотропия поляризуемости a^2 для труксена и изотруксена.

Таблица 1

Компоненты тензора поляризуемости и интегральные характеристики

Соединение	$\alpha(xx), \text{\AA}^3$	$\alpha(yy), \text{\AA}^3$	$\alpha(zz), \text{\AA}^3$	$\alpha_{\text{авт}}, \text{\AA}^3$	$a^2, \text{\AA}^6$
Изотруксен	22.49	60.41	74.97	52.62	2202.47

Труксен	21.75	66.31	66.33	51.46	1986.45
---------	-------	-------	-------	-------	---------

Изотруксен демонстрирует более высокую анизотропию ($a^2 = 2202.47 \text{ \AA}^6$) по сравнению с труксеном ($a^2 = 1986.45 \text{ \AA}^6$), что связано с нарушением трёхлучевой симметрии и асимметричным распределением электронной плотности. Для труксена (D_{3h}) компонентами $\alpha(yz)$ и $\alpha(zx)$ практически равны (66.31 и 66.33 $\text{\AA}^3$), что соответствует ожидаемой симметрии. Более высокая средняя поляризуемость изотруксена (52.62 против 51.46 $\text{\AA}^3$) не компенсирует его меньшей термодинамической стабильности, что подчёркивает доминирующую роль геометрических и резонансных факторов в определении энергии изомеров.

Литература

1. Ali R., Alvi S. The story of π -conjugated isotruxene and its congeners: From syntheses to applications // *Tetrahedron*. 2020. V. 76. 131345.
2. Yang J.-S., Huang H.-H., Lin S.-H. Facile Multistep Synthesis of Isotruxene and Isotruxenone // *J. Org. Chem.* 2009. V. 74. P. 3974–3977.
3. Barzaga R. et al. An easy synthetic access to isotruxene and truxene // *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*. 2025.
4. Laikov, D. N.; Ustynyuk, Y. A. PRIRODA-04: A Quantum- Chemical Program Suite. New Possibilities in the Study of Molecular Systems with the Application of Parallel Computing. *Russ. Chem. Bull.* 2005, 54, 820–826.
5. Harper W.L. et al. Trimerization of indene to truxenes // Y-1712 Report, Union Carbide. 1970.
6. Marsh N., Frenklach M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons with Five-Membered Rings: Distributions within Isomer Families // *J. Phys. Chem. A*. 2004. V. 108. P. 2476–2485.

© Харисов Э.Р., Шаяхметова Р.Р., 2026

УДК 665.6.033

ИМПЕДАНСНЫЙ КОНТРОЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТЕНОВЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ ИНГИБИТОРОВ АСПО

Хасанова А.Р., Храмцова К.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия*

Асфальтеносмолопарафиновые отложения (АСПО) остаются одной из основных причин осложнений при добыче и транспортировке нефти. Эффективность применяемых ингибиторов во многом определяется их способностью повышать устойчивость асфальтеновых дисперсных систем и замедлять процессы агрегации [1].

В работе исследована возможность использования импедансной спектроскопии для контроля состояния модельных растворов асфальтенов в толуоле в присутствии ингибиторов АСПО [2-3]. Измерения проводили в

процессе титрования н-гексаном, вызывающим снижение устойчивости системы и выпадение асфальтеновой фазы.

Установлено, что изменение состава раствора сопровождается характерной трансформацией импедансного отклика, отражающей изменение проводимости и межфазной поляризации. При введении ингибитора наблюдается изменение формы зависимостей и смещение критической области агрегации. Показано, что повышение дозировки ингибитора приводит к смещению начала интенсивной дестабилизации системы в область больших добавок осадителя, что свидетельствует о росте устойчивости асфальтенов.

Полученные результаты подтверждают перспективность импедансной спектроскопии как метода оперативного подбора и сравнительной оценки ингибиторов АСПО.

Литература

1. Бикмеев Д.М., Бикмеева А.Х., Бадинова А.Д. Физико-химические свойства асфальтенов. – У.: Аэтерна, 2024. – 110 с.
2. Бикмеев Д.М., Дубровский Д.И., Бадинова А.Д., Бикмеева А.Х., Ямова П.А., Кувшинов А.С. Физико-химическое моделирование импедансного отклика растворов асфальтенов // Башкирский химический журнал. – 2025. – Т. 32. – № 3. – С. 48-52.
3. Ямова П.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М. Импедансометрический подход к определению асфальтенов в нефти с применением методов обработки многомерных данных // Большая химия: сборник материалов II Международной молодежной научно-технической конференции (Уфа, 03 декабря 2024 г.) / под ред. П.Н. Шадринной. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2024. – С. 97-98.

© Хасанова А.Р., Храмцова К.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М., 2026

УДК 66.096.4, 547.587.11

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ С α -ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ: СОСТАВ И УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПЛЕКСА Чернобровкина В.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Ацетилсалициловая кислота (АСК) является нестероидным противовоспалительным средством, широко применяемым в медицинской практике. Одним из перспективных способов улучшения её биофармацевтических характеристик (повышение растворимости, снижение раздражающего действия на слизистую желудка) является иммобилизация молекул АСК в циклодекстриновых торах. Исследования комплексообразования лекарственных веществ с различными полимерными матрицами систематически проводятся на кафедре физической химии и

химической экологии УУНиТ (см., например, [1, 2]). Цель настоящей работы – изучение комплексообразования АСК с α -циклодекстрином (α -ЦД) в водных растворах.

Спектрофотометрические исследования проводили на приборе UV-2401 PC (Shimadzu, Япония) в УФ-области (190-350 нм) при низких концентрациях исходных реагентов (10^{-4} - 10^{-5} моль/л) и комнатной температуре (296 К). Введение α -ЦД в водный раствор АСК приводило к гипсохромным сдвигам максимумов поглощения и изменениям их интенсивности, что типично для образования комплексов типа «хозяин-гость».

Для определения состава образующегося комплекса использовали метод молярных отношений. Установлено, что АСК и α -ЦД в водных растворах образуют комплексное соединение состава 1:1, при котором на одну молекулу α -циклодекстрина приходится одна молекула ацетилсалициловой кислоты, а значение константы устойчивости комплекса оказалось равным $\sim 10^4$ л/моль. Полученный результат свидетельствуют об образовании достаточно стабильного супрамолекулярного комплекса, что открывает перспективы для дальнейшего изучения его свойств.

Литература

1. Зимин Ю.С., Кутлугильдина Г.Г., Рамазанова З.Ф., Мустафин А.Г. Взаимодействие окисленной фракции поливинилового спирта с производными урацила в водных растворах // Журнал физической химии. 2022. Т. 96. № 8. С. 1159-1164.
2. Кутлугильдина Г.Г., Зимин Ю.С., Давлетшина Д.Т., Ахметханов Р.М. Взаимодействие окисленной фракции арабиногалактана сибирской лиственницы с ацетилсалициловой кислотой // Вестник Башкирского университета. 2024. Т. 29. № 4. С. 218-222.

© Чернобровкина В.И., 2026

УДК 66.096.4, 547.587.11, 544.183.2

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОНСТАНТ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСА АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ С α -ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ

Чернобровкина В.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Ранее нами было установлено, что ацетилсалициловая кислота (АСК) образует с α -циклодекстрином (α -ЦД) комплексное соединение состава 1:1 с константой устойчивости $\sim 10^4$ л/моль при 296 К. Исследования комплексообразования биологически активных соединений с различными носителями активно ведутся на кафедре физической химии и химической экологии УУНиТ (см., например, [1, 2] и цитируемую там литературу). Целью данной работы явилось изучение влияния температуры на устойчивость

образующегося комплекса и определение термодинамических параметров процесса комплексообразования.

Исследования проводили методом УФ-спектроскопии на приборе UV-2401 PC (Shimadzu) в интервале температур 296-323 К. Состав комплекса и константы устойчивости определяли с помощью метода молярных отношений. Установлено, что в изученном температурном интервале состав комплекса остаётся неизменным (1:1). Показано, что с ростом температуры значения констант устойчивости закономерно снижаются. Обработка температурной зависимости констант устойчивости в координатах уравнения ($\ln K = \Delta S^\circ/R - \Delta H^\circ/RT$) позволила определить термодинамические параметры комплексообразования (ΔS° , ΔH°) и рассчитать величину ΔG° . Полученные значения оказались отрицательными, что свидетельствует об экзотермичности, самопроизвольности процесса и ограничении подвижности молекул при образовании супрамолекулярного комплекса. Полученные результаты хорошо согласуются с данными работ [1, 2], полученных ранее для близких реакционных систем.

Литература

1. Зимин Ю.С., Кутлугильдина Г.Г., Рамазанова З.Ф., Мустафин А.Г. Взаимодействие окисленной фракции поливинилового спирта с производными урацила в водных растворах // Журнал физической химии. 2022. Т. 96. № 8. С. 1159–1164.
2. Кутлугильдина Г.Г., Зимин Ю.С., Давлетшина Д.Т., Ахметханов Р.М. Взаимодействие окисленной фракции арабиногалактана сибирской лиственницы с ацетилсалициловой кислотой // Вестник Башкирского университета. 2024. Т. 29. № 4. С. 218–222.

© Чернобровкина В.И., 2026

УДК 544.4

TRP⁺-ПРОИЗВОДНОЕ ФЕНОТИАЗИНА КАК ИНГИБИТОР ОКИСЛЕНИЯ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Шараева К.С., Сафарова И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Фенотиазины представляют собой один из наиболее изученных классов гетероциклических соединений, многие представители которых проявляют выраженную антиоксидантную активность. Согласно статье [1], антиоксидантная активность фенотиозинов обусловлена наличием N–H-связи, сопряжённой с ароматической системой. Производные фенотиазина, содержащие трифенилфосфониевый катион (TRP⁺), представляют собой малоизученную группу соединений, что делает актуальным исследование их антирадикальной способности. В данной работе в качестве антиоксиданта исследован {3-[(10Н-фенотиазин-2-ил-карбонил)амино]пропил}(трифенил)фосфоний бромид.

Для оценки ингибирующей эффективности производного фенотиазина была выбрана модельная реакция окисления изопропилового спирта. Кинетический эксперимент проводили при $T = 348\text{ K}$, в качестве инициатора использовали азодиизобутиронитрил ($V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}\text{ M/c}$). Из кинетических кривых, представленных на рис.1, следует, что введение изученного соединения в окисляющийся субстрат приводит к снижению скорости поглощения кислорода. Полученные результаты свидетельствуют о способности изученного соединения эффективно ингибировать окислительные процессы.

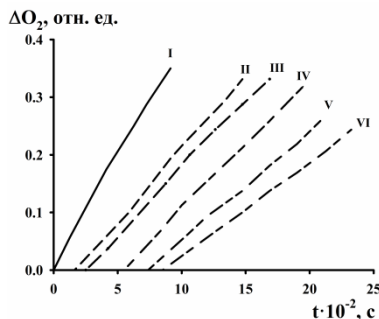


Рис. 1. Кинетические кривые поглощения кислорода при окислении изопропилового спирта в отсутствие [I] и присутствии фенотиазина: $1 \cdot 10^5\text{ M} =: 0.24 \cdot [\text{II}]; 0.51 \cdot [\text{III}]; 0.82 \cdot [\text{IV}]; 1.02 \cdot [\text{V}]; 1.22 \cdot [\text{VI}]$. $T = 348\text{ K}$, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}\text{ M/c}$.

Литература

1. Sharaeva K. S. et al. Kinetics and Mechanism of the Antioxidant Action of Phenothiazine and Its Derivatives in the Radical Chain Oxidation Reaction of Isopropyl Alcohol //Journal of Physical Organic Chemistry. – 2025. – Vol. 38. – №. 10.

© Шараева К.С., Сафарова И.В., 2026

УДК 544.4

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕНОТИАЗИНА И ЕГО TRP^+ -МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРОИЗВОДНОГО В РЕАКЦИИ РАДИКАЛЬНО-ЦЕПНОГО ОКИСЛЕНИЯ 1,4-ДИОКСАНА

Шараева К.С., Сафарова И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Катион трифенилфосфония (TRP^+) является ключевым структурным фрагментом «ионов Скулачёва», которые относятся к классу высокоэффективных антиоксидантов. Наличие TRP^+ -группы в структуре антиоксиданта обеспечивает его селективное накопление в митохондриях и резко усиливает ингибирующий эффект [1]. Ранее в работе [2] было показано,

что немодифицированный фенотиазин является эффективным антиоксидантом. С целью оценки влияния трифенилфосфониевой группы на ингибирующую эффективность фенотиазина в данной работе представлены результаты сравнительного анализа антиоксидантной активности исходного соединения (АО1) и его TRP^+ -модифицированного производного (АО2).

Антиокислительную активность фенотиазина (АО1) и его производного {3-[(10Н-фенотиазин-2-ил-карбонил)амино]пропил}(трифенил) фосфониум бромида (АО2) оценивали по измерению скорости поглощения кислорода в реакции инициированного окисления 1,4-диоксана в присутствии добавок исследуемых соединений при $T = 348 \text{ K}$ (инициатор – азодиизобутиронитрил, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7} \text{ M/c}$). Введение добавок как АО1, так и АО2 в окисляющийся субстрат приводит к появлению периодов индукции на кинетических кривых и снижению скорости поглощения кислорода (рис. 1).

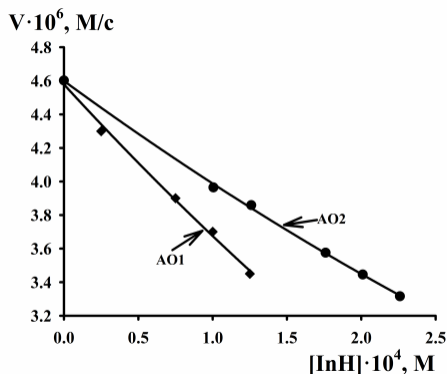


Рис. 1. Зависимости скорости окисления 1,4-диоксана от концентраций АО1 и АО2. $T = 348 \text{ K}$, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7} \text{ M/c}$.

Установлено, что немодифицированный фенотиазин (АО1) проявляет более высокую ингибирующую активность по сравнению с его TRP^+ -производным (АО2), что свидетельствует о неоднозначном влиянии трифенилфосфониевого катиона на антиокислительную эффективность изученного класса соединений.

Литература

1. Ross M. F. et al. Lipophilic triphenylphosphonium cations as tools in mitochondrial bioenergetics and free radical biology //Biochemistry (Moscow). – 2005. – V. 70. – No. 2. – P. 222-230.
2. Sharaeva K. S. et al. Kinetics and Mechanism of the Antioxidant Action of Phenothiazine and Its Derivatives in the Radical Chain Oxidation Reaction of Isopropyl Alcohol //Journal of Physical Organic Chemistry. – 2025. – Vol. 38. – №. 10.

© Шараева К.С., Сафарова И.В., 2026

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ БОКОВОЙ ЦЕПИ НА ИНГИБИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕНОТИАЗИНА

Шараева К.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

α -Токоферол (витамин Е) является одним из самых эффективных природных антиоксидантов, активность которого во многом определяется длинной гидрофобной боковой цепью, повышающей липофильность хроманольного кольца и способствующей его более эффективному взаимодействию с окисляемым субстратом [1]. В связи с этим в настоящей работе исследована возможность усиления антиокислительного действия фенотиазина путём замены его короткой алифатической цепи на гидрофобный фрагмент α -токоферола.

В качестве ингибиторов окислительных процессов в данной работе были изучены N-(10Н-фенотиазин-2-ил-метил)октанамида (АО1) и его аналог с α -токоферольным фрагментом 4,8,12-триметил-N-(10Н-фенотиазин-2-ил)метил)тридеканамид (АО2). Сравнительный анализ эффективности антиокислительного действия фенотиазинов изучали на примере модельной реакции радикально-цепного окисления изопропилового спирта ($T = 348\text{ K}$, инициатор – азодиизобутиронитрил, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}\text{ M/c}$). Согласно рис. 1, увеличение концентраций исследуемых добавок приводит к уменьшению скорости поглощения кислорода.

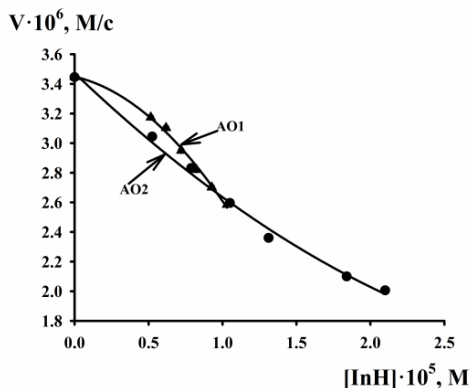


Рис. 1. Зависимости скорости окисления ИПС от концентраций АО1 и АО2. $T = 348\text{ K}$, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}\text{ M/c}$.

Найденные значения эффективных констант ингибирования указывают на то, что производное с α -токоферольным фрагментом (АО2) является более эффективным ингибитором по сравнению с АО1, что подтверждает положительное влияние гидрофобной группы на ингибирующую эффективность фенотиазинов.

Литература

1. Burton G.W., Ingold K.U. Vitamin E as an in vitro and in vivo antioxidant //Ann NY Acad Sci. – 1989. – V. 570. – P. 7-22.

© Шараева К.С., 2026

УДК 541:64

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ РАСТВОРОВ СМЕСЕЙ АРАБИНОГАЛАКТАНА И КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Шугаюпова Э.Э.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Арабиногалактан (АГ) – это природный полисахарид, который уникален тем, что является самым эффективным пребиотиком, не расщепляется в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, поэтому почти в неизменном виде достигает кишечника и становится источником питания непосредственно для его микрофлоры. В связи с этим, АГ в сочетании с пробиотиками входит в состав лекарственных препаратов для лечения дисбактериоза. Данные лекарственные препараты очень часто представляют собой жидкие лекарственные формы, в которых активные компоненты (например, продукты метаболизма штаммов микроорганизмов) могут быть седиментационно неустойчивы и со временем выпадать в осадок, что не очень удобно при использовании. Одним из путей решения данной проблемы может стать использование физиологически-инертных нетоксичных загущающих добавок полимерного происхождения, например, карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), которая в том же случае обладает биоадгезивными свойствами. При этом, необходимо учитывать тот факт, что макромолекулы АГ и КМЦ содержат функциональные группы, способные к интерполимерному кооперативному взаимодействию, и это может сказаться на загущающей способности КМЦ.

Целью работы явилось изучение влияния состава на реологическое поведение растворов смесей АГ-КМЦ.

Формирование интерполимерных комплексов (ИПК) между слабым полианионом АГ и сильным полианионом КМЦ может происходить прежде всего за счет водородных связей. Возникновение Н-связей приводит к изменению характеристики связывания между компонентами смеси, и, как следствие, смещению полос поглощения в ИК-спектрах. Спектр КМЦ характеризуется следующими полосами поглощения: 3200-3600 см^{-1} (валентные колебания ОН-группы), 1600 см^{-1} (колебания карбонила СОО-группы), 1423 и 1340 см^{-1} (колебания $-\text{CH}_2$ и деформационное колебание $-\text{OH}$ соответственно), 1063 см^{-1} обусловлена поглощением С-О связей в $\text{CH}_2\text{-O-CH}_2$ группе. ИК-спектр индивидуального АГ схож со спектром КМЦ и также содержит уширенную полосу валентных колебаний ОН-группы, полосу поглощения карбонила карбоксильной группы в области 1600 см^{-1} и другие характеристические полосы поглощения. ИК-спектр смесей КМЦ с

АГ содержат как область, соответствующую колебаниям карбонильной группы ($\text{C}=\text{O}$), так и широкую полосу колебаний валентных колебаний $-\text{OH}$, а также полосы, соответствующие колебаниям $\text{COO}-$, и $\text{C}-\text{O}$ групп, причем поглощение для группы $\text{COO}-$ несколько смещено в область больших волновых чисел. Также ИК-спектр смеси характеризуется появлением полосы поглощения в области 1330 см^{-1} (деформационные колебания гидроксила). Данные факты могут указывать на слабое взаимодействие в системе АГ-КМЦ.

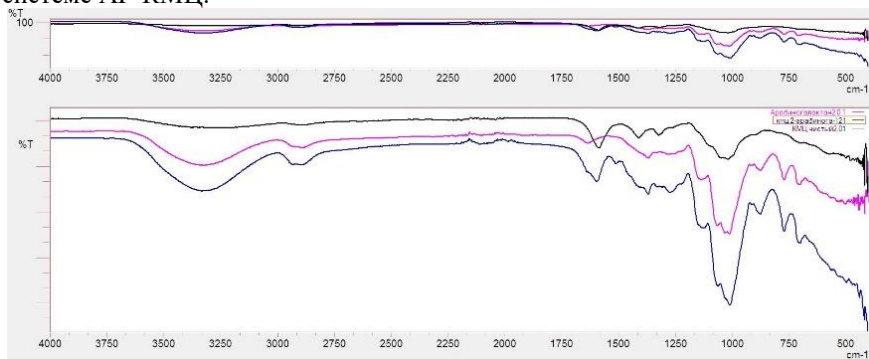


Рис. 1. ИК-спектры индивидуальных АГ, КМЦ и смесей АГ-КМЦ.

Литература

1. Баунова М.В., Мустакимов Р.А., Кулиш Е.И. Получение биосовместимых материалов на основе полимерных комплексов сукцинила хитозана с поли-п-винилпирролидоном или полиэтиленгликолем. – Химическая физика, 2021. Т. 40. № 9. С.72-79.
2. Баунова М. В., Смирнова А. А., Мустакимов Р. А. О размерных характеристиках полиэлектролитных комплексов на основе карбиксиметилцеллюлозы и поли- N,N -диаллил- N,N -диметиламмоний хлорида. – Бутлеровские сообщения, 2021. Т.68. №10. С.98-104.

© Шугаюпова Э., 2026

КИНЕТИКА РЕАКЦИИ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА БЕНЗ(А)АНТРАЦЕНА С 4-ФЕНИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛИН-3,5-ДИОНОМ В УСЛОВИЯХ СОЛЬВОТЕРМИЧЕСКОЙ И МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

Юсупова Р.Ш., Корнилов Д.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В настоящее время большинство химических процессов в промышленности и лабораторных условиях осуществляют в сольвотермических условиях. Сольвотермические условия подразумевают использование токсичных растворителей, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды и здоровья человека. Механохимические способы активации реагентов позволяют осуществлять химические реакции в твердой фазе без растворителя под действием внешнего механического воздействия, что соответствует принципам «зеленой» химии. Одной из причин недостаточного масштабирования механохимических способов активации является отсутствие кинетических закономерностей протекания механохимических реакций. В данной работе изучена кинетика реакции Дильса-Альдера бенз(а)антрацена (**1**) с 4-фенил-1,2,4-триазолин-3,5-дионом (**2**) в растворе и твердой фазе (рис. 1).

Определены константы скорости реакции **1**+**2** в толуоле, 1,4-диоксане, ацетонитриле, 1,2-дихлорэтано и трихлорметане в интервале температур 283–313 К, рассчитаны значения энтальпии и энтропии активации в данных растворителях. Изучена кинетика твердофазной реакции **1**+**2** в условиях механохимической активации реагентов **1** и **2** в вибрационной шаровой мельнице с агатовой ступкой и шариком.

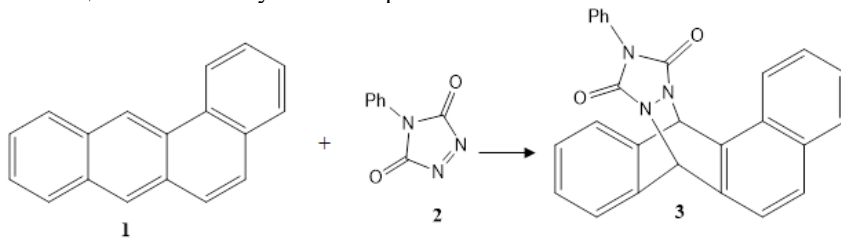


Рис. 1. Реакция Дильса-Альдера бенз(а)антрацена (**1**) с 4-фенил-1,2,4-триазолин-3,5-дионом (**2**)

В результате сопоставления кинетических данных ряда реакций Дильса-Альдера в растворе и твердой фазе обнаружена корреляция между скоростью реакций в сольвотермических и механохимических условиях активации.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 25-23-00675).

© Юсупова Р.Ш., Корнилов Д.А., 2026

КИНЕТИКА РЕАКЦИИ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА ДИБЕНЗ(А,Н)АНТРАЦЕНА С 4-ФЕНИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛИН-3,5-ДИОНОМ В КОНДЕНСИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

Юсупова Р.Ш., Корнилов Д.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В связи с увеличением мирового объема производства химической продукции значительно возрастает экологическая нагрузка на окружающую среду. Поэтому актуальной задачей является снижение количества химических отходов при сохранении объема выпускаемой химической продукции. Осуществлять химические реакции можно в твердой фазе без добавления растворителя в вибрационной шаровой мельнице или путем ручного измельчения твердых реагентов пестиком в ступке. Механохимические способы активации реагентов соответствуют принципам «зеленой» химии и позволяют уменьшить количество стадий получения продукта и снизить затраты на электроэнергию. Однако масштабированию механохимических синтезов мешает отсутствие закономерностей протекания твердофазных превращений. В данной работе изучена кинетика реакции Дильса-Альдера дибенз(а,н)антрацена (**1**) с 4-фенил-1,2,4-триазолин-3,5-дионом (**2**) в растворе и твердой фазе (рис. 1).

Определены константы скорости реакции и равновесия **1**+**2** в 1,2-дихлорэтано в интервале температур 308-348 К, рассчитаны значения энтальпии и энтропии активации и реакции. Изучена кинетика твердофазной реакции **1**+**2** в условиях механохимической активации реагентов **1** и **2** путем ручного измельчения реагентов пестиком в ступке.

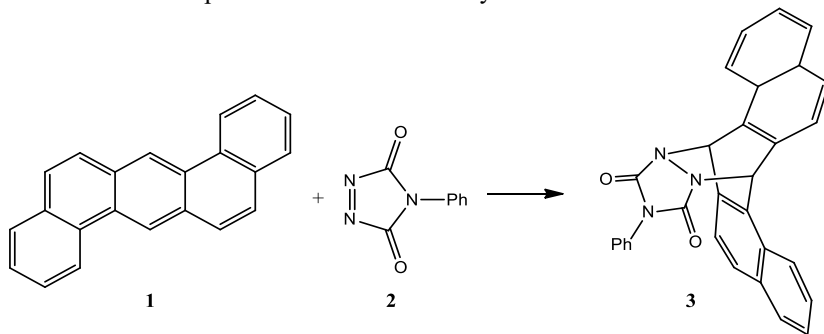


Рис. 1. Реакция Дильса-Альдера дибенз(а,н)антрацена (**1**) с 4-фенил-1,2,4-триазолин-3,5-дионом (**2**)

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 25-23-00675).

© Юсупова Р.Ш., Корнилов Д.А., 2026

СЕКЦИЯ
«ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ»

ВЛИЯНИЕ ТИПА СШИВАЮЩЕГО АГЕНТА НА СВОЙСТВА ХИТОЗАНОВЫХ ПЛЁНОК

Власенко Н.С., Томила А.П., Брюзгин Е.В.

*Волгоградский Государственный Технический Университет, Волгоград,
Россия*

Актуальность работы связана с необходимостью повышения эксплуатационных свойств хитозановых плёнок, перспективных для упаковки и биомедицины. Исходный хитозан биосовместим и биоразлагаем, однако сильно набухает во влажной среде и обладает ограниченной прочностью. Химическая сшивка позволяет целенаправленно регулировать водостойкость, прочность и скорость деструкции материала.

Цель работы - сравнительно оценить влияние природы сшивающего агента на степень сшивки, водостойкость, механические свойства и биоразлагаемость хитозановых плёнок, полученных с использованием глутаральдегида (ГА), диальдегида целлюлозы (ДАЦ) и диглицидилового эфира 1,4-бутандиола (ДГЭБ).

Плёнки получали методом полива из раствора хитозана в 1%-ной уксусной кислоте. Структуру оценивали методом FTIR; степень сеткообразования - по гель-фракции и эффективной плотности сшивки, рассчитанной по уравнению Флори-Ренера. Прочностные характеристики определяли при растяжении, биоразлагаемость - по потере массы в условиях почвенной деградации.

Показано, что увеличение содержания сшивающего агента во всех сериях приводит к росту гель-фракции и степени сшивки, а также к снижению водопоглощения. Наиболее эффективное сеткообразование наблюдалось при использовании ДАЦ. Для ГА характерно повышение прочности при одновременном росте хрупкости. Для ДГЭБ выявлен максимум прочности при соотношении $[\text{NH}_2]: [\text{эпоксид}] = 1:1$.

Таблица 1

Основные показатели сшивки и прочности хитозановых плёнок

Агент	Молярное соотношение $[\text{NH}_2]:$ [функ.группа]	v_e , ммоль/см ³	G, %	σ_{max} , МПа	Удлин., %
ГА	1:0,2	2,531	91,33	39,1	1,1
ДАЦ	1:0,2	15,588	94,38	35,8	1,2
ДГЭБ	1:0,5	2,531	89,19	-	-
ДГЭБ	1:1	-	-	38,4	3,0

Наибольшая эффективная плотность сшивки достигалась при использовании ДАЦ (15,588 ммоль/см³), тогда как для ГА максимальная прочность составила 39,1 МПа. В серии ДГЭБ максимум прочности наблюдался при соотношении 1:1; дальнейший избыток эпоксидного реагента сопровождался снижением прочности и ростом относительного удлинения.

Таблица 2

Остаточная масса плёнок после 40 суток почвенной деградации

Агент	Мольное соотношение [NH ₂]: [функ.группа]	Остаточная масса, %
ГА	1:0,1	≈22
ДАЦ	1:0,1	≈14
ДГЭБ	1:0,1	≈30

Полученные данные показывают, что природа сшивающего агента определяет совокупность эксплуатационных свойств хитозановых плёнок. ДАЦ обеспечивает наиболее развитую пространственную сеть и высокую гель-фракцию, ГА позволяет получать наиболее прочные, но более хрупкие плёнки, а ДГЭБ обеспечивает наибольшую биостабильность материала.

Таким образом, выбор типа сшивающего агента позволяет целенаправленно регулировать водостойкость, механические свойства и скорость биоразложения хитозановых плёнок в зависимости от области применения.

Литература

1. Gao C. et al. Sustainable chitosan-dialdehyde cellulose nanocrystal film // Materials. 2021. Vol. 14, No. 19. P. 5851.
2. Bratskaya S. et al. Chitosan gels and cryogels cross-linked with diglycidyl ethers of ethylene glycol and polyethylene glycol in acidic media // Biomacromolecules. 2019. Vol. 20, No. 4. P. 1635-1643.
3. Privar Y. et al. Gelation and cryogelation of chitosan: Origin of low efficiency of diglycidyl ethers as cross-linkers in acetic acid solutions // Polysaccharides. 2024. Vol. 5, No. 4. P. 731-742.

© Власенко Н.С., Брюзгин Е.В., 2026

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ «ПЕКТИН–ПВС–ВОДА»

Галимов Д.А., Кулиш Е.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

В работе исследованы структурные и реологические свойства водных растворов пектина, поливинилового спирта (ПВС) и их бинарных смесей методом молекулярной динамики [3]. Расчёты выполнены в программном комплексе BIOVIA Materials Studio с использованием силового поля COMPASSIII [1,2].

Механизм проведения расчётов включает последовательность взаимосвязанных этапов:

1. Построение молекулярных моделей. Полимерные цепи пектина и ПВС формировались с одинаковой степенью полимеризации (20 звеньев). Аморфные ячейки создавались методом статистической упаковки (Amorphous Cell) при пониженной начальной плотности ($\sim 0,8$ г/см³) с использованием «сдающего режима», обеспечивающего минимизацию перекрытий атомов и корректную начальную конфигурацию системы.

2. Задание состава и концентрации. Концентрация системы задавалась через массовую долю полимерной фазы (2–30 %), при этом варьировалось соотношение компонентов (25:75, 50:50, 75:25), что позволяло анализировать влияние конкуренции взаимодействий «полимер–вода» и «полимер–полимер».

3. Геометрическая оптимизация. На первом этапе расчёта проводилась минимизация потенциальной энергии (Smart minimizer), направленная на устранение неустойчивых контактов и получение энергетически равновесной структуры.

4. Молекулярно-динамическое моделирование.

- NPT-ансамбль (298 К, 200 ps) – релаксация плотности и достижение термодинамического равновесия;

- NVT-ансамбль (298 К, 100 ps) – получение стационарных траекторий для анализа.

Электростатические взаимодействия рассчитывались методом PPPM, ван-дер-ваальсовы – с отсечкой 13 Å.

5. Расчёт вязкости (неравновесная МД). Вязкость определялась методом сдвигового течения (Shear) в ансамбле NVT. Анализ проводился при различных скоростях сдвига, что позволяло оценить неньютоновское поведение системы.

6. Анализ структурных и динамических характеристик. Для интерпретации механизма формирования вязкости рассчитывались:

- радиус гирации (R_g) – характеризует конформацию цепей;

- функции радиального распределения (RDF) – отражают межмолекулярные взаимодействия и водородные связи;
 - среднеквадратичное смещение (MSD) и коэффициент диффузии;
- Ключевой механизм, выявленный в работе: изменение вязкости определяется балансом взаимодействий:

- при низких концентрациях доминируют связи «полимер–вода» → высокая подвижность системы [4];
- при увеличении концентрации возрастает число межцепных контактов → формируется пространственная сеть → рост вязкости [4];
- в смесях пектин–ПВС наблюдается нелинейный эффект, обусловленный конкуренцией и кооперацией водородных связей [4].

Таким образом, предложенный механизм расчётов позволяет связать молекулярную структуру системы с её макроскопическими реологическими свойствами и демонстрирует эффективность молекулярно-динамического подхода для анализа полимерных растворов.

Литература:

1. BIOVIA Materials Studio 2024. User Guide. – San Diego: Dassault Systèmes, 2024.
2. Sun H. COMPASS: An ab initio force-field optimized for condensed-phase applications // J. Phys. Chem. B. – 1998. – Vol. 102. – P. 7338–7364.
3. Allen M.P., Tildesley D.J. Computer Simulation of Liquids. – Oxford: Clarendon Press, 1987.
4. Rubinstein M., Colby R.H. Polymer Physics. – Oxford: Oxford University Press, 2003.

© Галимов Д. А. Кулиш Е.И., 2026

УДК 54

РОЛЬ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ И ВЯЗКОСТИ СИСТЕМЫ «ПЕКТИН–ПВС–ВОДА»

Галимов Д.А., Кулиш Е.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия.

В работе исследована роль водородных связей в формировании структуры и реологических свойств водных растворов пектина, поливинилового спирта (ПВС) и их бинарных смесей методом молекулярной динамики [3, 5]. Расчёты выполнены в программном комплексе BIOVIA Materials Studio [1] с использованием силового поля COMPASSIII [2].

Актуальность исследования обусловлена тем, что водородные связи являются ключевым фактором, определяющим микроструктуру и макроскопические свойства полимерных растворов, включая вязкость [4, 6]. В системе «пектин–ПВС–вода» реализуется сложная сеть взаимодействий

типов «полимер–вода», «вода–вода» и «полимер–полимер», баланс которых изменяется в зависимости от концентрации и состава системы [7, 8].

Молекулярно-динамическое моделирование проводилось в ансамблях NPT и NVT при температуре 298 К с использованием метода PPPM для учёта электростатических взаимодействий [3, 5]. Анализ структурных характеристик включал расчёт радиальных функций распределения (RDF), позволяющих количественно оценить параметры водородных связей [3].

Установлено, что в разбавленных растворах преобладают взаимодействия «полимер–вода», характеризующиеся выраженными пиками RDF в области 1,7–1,9 Å, соответствующими водородным связям между гидроксильными группами полимеров и молекулами воды [6, 9]. Это обеспечивает высокую степень гидратации макромолекул и их пространственное разобщение.

С увеличением концентрации наблюдается снижение вклада взаимодействий «полимер–вода» и рост числа контактов «полимер–полимер». Формируются межцепные водородные связи между функциональными группами ПВС и пектина, что приводит к образованию временных ассоциатов и элементов пространственной сетки [4, 8]. Данный процесс сопровождается увеличением структурной упорядоченности системы и ограничением подвижности макромолекул.

Показано, что перераспределение водородных связей является ключевым механизмом изменения реологических свойств системы. Усиление межполимерных взаимодействий приводит к росту вязкости за счёт формирования динамической сетки межцепных контактов, препятствующей течению раствора [4, 10]. В смесях пектин–ПВС данный эффект носит нелинейный характер, что обусловлено конкуренцией различных типов водородных связей [7].

Таким образом, водородные связи играют определяющую роль в формировании микроструктуры системы «пектин–ПВС–вода» и выступают основным фактором, контролирующим её реологическое поведение. Полученные результаты позволяют установить связь между молекулярной организацией системы и её макроскопическими свойствами.

Литература:

1. BIOVIA Materials Studio 2024. User Guide. – San Diego: Dassault Systèmes, 2024.
2. Sun H. COMPASS: An ab initio force-field optimized for condensed-phase applications // Journal of Physical Chemistry B. – 1998. – Vol. 102. – P. 7338.
3. Allen M.P., Tildesley D.J. Computer Simulation of Liquids. – Oxford: Clarendon Press, 1987.
4. Rubinstein M., Colby R.H. Polymer Physics. – Oxford: Oxford University Press, 2003.
5. Frenkel D., Smit B. Understanding Molecular Simulation. – 2nd ed. – San Diego: Academic Press, 2002.
6. Israelachvili J.N. Intermolecular and Surface Forces. – 3rd ed. – London: Academic Press, 2011.

7. Morris E.R., Cutler A.N., Ross-Murphy S.B. Concentration and shear rate dependence of viscosity in polymer solutions // Carbohydrate Polymers. – 1981. – Vol. 1. – P. 5–21.
8. Брагин В.А., Киселёв М.Г. Молекулярное моделирование полимерных систем. – М.: Химия, 2010.
9. Губин С.П. Водородные связи в полимерных системах. – М.: Наука, 2004.
10. Evans D.J., Morriss G.P. Statistical Mechanics of Nonequilibrium Liquids. – London: Academic Press, 1990.

© Галимов Д.А., Кулиш Е.И., 2026

УДК 544.723

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА КИНЕТИКУ СОРБЦИИ И ЭФФЕКТИВНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДИФфуЗИИ В ЛИОФИЛИЗИРОВАННЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ

Галиуллина К.Н., научный руководитель: Кулиш Е.И.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Многие полисахариды, такие как целлюлоза, хитозан, альгинаты, пектин, широко применяются в качестве основы для производства пористых полимерных материалов. КМЦ, благодаря своему строению, а именно наличию карбоксиметильных групп, является отличным сорбентом. Лиофилизация, за счет формирования развитой пористой поверхности, усиливает сорбционные свойства КМЦ. Целью работы является изучение влияния концентрации карбоксиметилцеллюлозы на кинетику сорбции влаги и оценка эффективного коэффициента диффузии.

В качестве материала для приготовления растворов была взята натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы. В ходе работы были приготовлены водные растворы с концентрациями 0,3; 0,5; 0,7; 1; 2 и 3 % с фиксированной массой соли 0,8 г. Растворы получали путем растворения полимера в дистиллированной воде при нагревании на водяной бане. Затем для получения однородной массы использовалась магнитная мешалка. Далее полученные растворы загружались в прибор для лиофильной сушки. Процесс лиофилизации проходил в два этапа: сначала растворы замораживались при температуре -80°C , после чего подвергались сублимационной сушке под давлением 0,1 Па. В результате на выходе были получены пористые пластины с развитой внутренней структурой.

Для исследования сорбционных свойств из полученных пластин вырезались образцы с массой в диапазоне 130–180 мг. Взвешивание образцов производилось на аналитических весах. Сорбция влаги проводилась в статических условиях в замкнутой емкости объемом 3 л, содержащей насыщенную водяным паром атмосферу. Образцы размещались над

поверхностью воды, не касаясь жидкой фазы. Измерение массы образцов в начальный период времени проводились 6 раз с интервалом 1 час, затем ежедневно до наступления равновесного состояния. По полученным данным рассчитывались относительное изменение массы $m(t) = \frac{m_t - m_0}{m_0}$ и нормированная величина $\frac{m(t)}{m_{max}}$. Затем для каждого образца строилась зависимость $m(t)/m_{max}$ от $\sqrt{t}$. По начальному линейному участку, которому соответствует процесс чистой диффузии, определялся угловой коэффициент наклона k , на основе которого оценивался эффективный коэффициент диффузии: $D^* \sim k^2$.

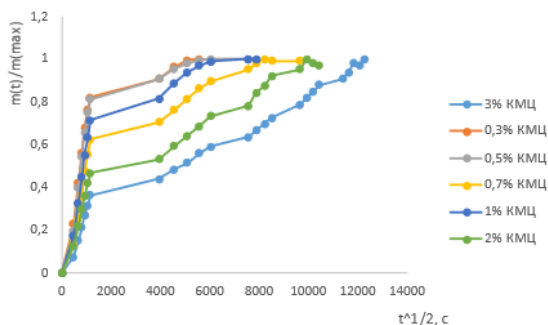


Рис. 1. Кривые сорбции растворов КМЦ различной концентрации

После анализа полученных данных и расчета значений эффективных коэффициентов диффузии, можно сделать следующие выводы:

- сорбция влаги в пористых пластинах КМЦ носит диффузионный характер;
- эффективный коэффициент диффузии уменьшается с увеличением концентрации КМЦ, что связано с образованием более плотной структуры с менее развитой системой пор;
- максимальной сорбционной емкостью обладают образцы с концентраций КМЦ 0,3% и 0,5%.

Литература

1. Lavlinskaya M. S., Sorokin A. V. Enhancement of Water Uptake in Composite Superabsorbents Based on Carboxymethyl Cellulose Through Porogen Incorporation and Lyophilization // Gels. – 2024. – Vol. 10, no. 12. – P. 797.
2. Филатова А. В., Тураев А. С., Азимова Л. Б. Сорбционные и реологические свойства низкоконцентрированных сшитых растворов натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы // Химия растительного сырья. – 2025. – № 1. – С. 57–65.

© Галиуллина К.Н., 2026

УДК 678.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИН НА ОСНОВЕ КМЦ И ПВС МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Галиуллина К.Н., научный руководитель: Кулиш Е.И.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия.

Пористые материалы на основе водорастворимых полимеров широко используются в качестве сорбентов, фильтров и медицинских раневых покрытий. Ключевым свойством таких пластин является пористость, которая напрямую зависит от природы и структуры исходного полимера. Одним из эффективных методов формирования пористых пластин является лиофильная сушка, позволяющая получать материалы с развитой пористой структурой за счет удаления растворителя из системы.

В работе исследованы пористые пластины на основе двух полимеров: натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и поливинилового спирта (ПВС), полученные из водных растворов с концентрацией 3%. Целью работы является сравнительная оценка пористости полученных материалов.

Для анализа были сделаны микрофотографии образцов, пористость рассчитывалась с помощью программного пакета ImageJ. Изображения предварительно обрабатывались, затем подвергались бинаризации для разделения области пор и полимерной матрицы. Пористость рассчитывалась как отношение площади пор к общей площади изображения и выражалась в процентах.

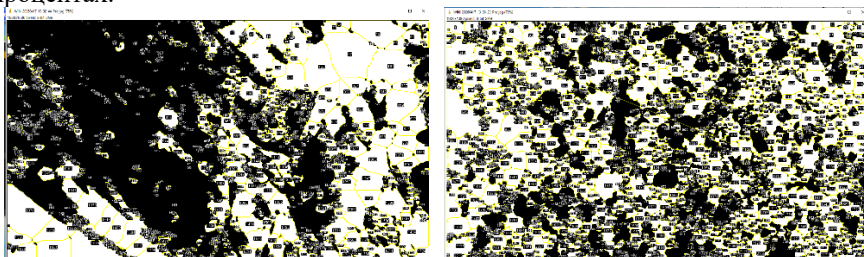


Рис. 1. Микрофотографии, обработанные ImageJ

(слева – ПВС, справа – КМЦ)

В результате обработки изображений были получены следующие значения пористости образцов: 45,7% для пластины на основе ПВС и 62,1% для пластины на основе КМЦ. Полученные различия указывают на более развитую пористую структуру натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы. Это может быть связано с особенностями формирования структуры при замораживании растворов и последующей сублимации растворителя.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что выбор полимера для основы формирования пористых структур оказывает существенное влияние на пористость материала. Использованный метод

цифровой обработки позволяет быстро и эффективно провести оценку пористости материалов.

Литература

1. Дабижа О. Н. Механохимическое получение композитов поливиниловый спирт/карбоксиметилцеллюлоза / О. Н. Дабижа [и др.] // Коллоидный журнал. – 2024. – Т. 86, № 2. – С. 259–268.
2. Перестройка структуры крейзованных полимеров при лиофильной сушке / В. П. Копылова и др. // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. – 1995. – Т. 37, № 5. – С. 801–807.

© Галиуллина К.Н., 2026

УДК: 541.68

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ПВХ-КОМПОЗИЦИЙ

Гусев А.С., Трифонова И.П., Бурмистров В.А.

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
Иваново, Россия*

Введение пластификаторов в полимерные плёнки существенно усиливает их демпфирующие свойства, прежде всего за счёт значительного увеличения коэффициента механических потерь ($\tan \delta$), который может вырасти на 50–200% в диапазоне комнатных температур (от 0 до 40°C), где интенсивность механических потерь наиболее актуальна для практических применений, таких как виброзащита в автомобилях, станках или конструкциях[1]. В настоящее время в промышленности широко внедряется новый пластификатор на основе терефталевой кислоты - диоктилтерефталат (ДОТФ). Производители указывают, что по пластифицирующей способности ДОТФ аналогичен давно применяемому эфиру ортофталевой кислоты диоктилфталату (ДОФ), но более безопасен с точки зрения экологии. Проведенные в работе исследования позволили оценить влияние указанных пластификаторов на механические и демпфирующие свойства ПВХ-композиций.

Образцы в виде пленок формовали из ПВХ-пластизолой, полученных на основе ПВХ-Е (100 масс. ч.), пластификаторов (60 масс. ч.) ДОФ и ДОТФ, мела (18 масс. ч.). Для предотвращения термодеструкции ПВХ в процессе желирования образцов при температуре 150°C в рецептуре использовался термостабилизатор на основе жирных кислот Ва и Zn. Механические свойства пленок определяли согласно ГОСТ 14236-81. Результаты испытаний приведены в табл.1.

Таблица 1

Механические свойства ПВХ-композиций

Состав	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %	Модуль упругости на частоте 1Гц, МПа
--------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

ПВХ-ДОФ	6,9	140	15,8
ПВХ -ДОФ-мел	4,6	96	20,3
ПВХ- ДОТФ	7,6	130	17,7
ПВХ -ДОТФ-мел	6,9	125	22,2

Экспериментальные данные показывают, что образцы, содержащие ДОТФ демонстрируют более высокие значения прочности и эластичности по сравнению с ДОФ, введение мела снижает эти показатели по сравнению с ненаполненными образцами.

Методом динамического механического анализа были получены зависимости модуля E' и тангенса угла механических потерь $\tan \delta$ от частоты в диапазоне от 1 до 1000 Гц при температуре 25°C. Чем выше внутреннее трение при динамической нагрузке, тем больше энергии колебаний преобразуется в тепло, и тем выше значения $\tan \delta$ [2]. Для сравнения демпфирующих свойств композиций в таблице 2 приведены значения механических потерь на октавных частотах.

Таблица 2

Значения $\tan \delta$ для ПВХ-композиций на различных частотах

Образец	8 Гц	16 Гц	31,5 Гц	63 Гц	100 Гц	125 Гц	158 Гц	200 Гц	250 Гц	500 Гц
ПВХ-ДОФ	0,42	0,46	0,49	0,55	0,65	0,35	1,37	1,41	2,71	0,46
ПВХ-ДОФ- мел	0,41	0,45	0,49	0,55	0,65	0,35	1,27	1,38	3,47	0,48
ПВХ-ДОТФ	0,36	0,38	0,40	0,44	0,54	0,20	1,54	2,18	0,77	0,41
ПВХ-ДОТФ - мел	0,38	0,40	0,42	0,46	0,54	0,24	1,25	1,39	1,58	0,44

Нужно отметить, что механические потери композиций с ДОТФ ниже на всех частотах за исключением 200 Гц. Введение мела заметно влияет на механические потери только на частоте 250 Гц. Рецептуры исследованных композиций могут служить основой для получения материалов с заданным уровнем механических и демпфирующих свойств путем варьирования типа и количества компонентов.

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ

Литература

1. Волоцкой А.Н., и др. Оценка влияния полярности пластификатора на динамические свойства полимерных материалов на основе этиленвинилацетата // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 15–23.
2. Сытый Ю.В. и др. Вибропоглощающие материалы на основе термоэластопластов. // Труды ВИАМ. 2013. – №3.

© Гусев А.С., Трифонова И.П., Бурмистров В.А., 2026

ХИТОЗАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ, ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТОВ

Дилбандян Р.В., Кулиш Е.И., Квятковская А.С.

Уфимский университет науки и технологии, Уфа, Россия.

Одной из главных причин осложнений при имплантации титановых конструкций является развитие имплантат-ассоциированных инфекций, связанных с формированием бактериальных биопленок. В биопленочном состоянии микроорганизмы устойчивы к антибиотикам и иммунитету. Успех имплантации также определяется способностью поверхности поддерживать адгезию, пролиферацию и дифференцировку остеобластов, т.е. обеспечивать остеоинтеграцию. Покрытие для титанового имплантата должно быть биологически селективным: подавлять бактериальную колонизацию, но не быть цитотоксичным для клеток костной ткани. Хитозан благодаря поликатионным свойствам обладает умеренным антибактериальным эффектом.

Электроосаждение хитозана на титановые подложки является перспективным методом создания биоактивных покрытий для медицинских имплантатов. Ключевым этапом технологического процесса является выбор состава электролита, поскольку тип растворителя (кислоты), концентрация хитозана и электрохимические параметры (напряжение, ток, время) непосредственно определяют сплошность, равномерность, адгезию и морфологию формируемого слоя. Неоптимальный состав электролита приводит к образованию прерывистых, растрескавшихся или плохо адгезированных пленок, что делает невозможным их практическое применение. В настоящей работе проведен систематический скрининг четырех органических кислот (уксусной, муравьиной, пропионовой и молочной) в трех концентрациях хитозана (0,5; 1,0 и 1,5 %) с варьированием напряжения (2,5 - 7 В). Целью являлось определение оптимального состава электролита и режимов осаждения, обеспечивающих формирование сплошных и технологически воспроизводимых хитозановых покрытий на титане.

Готовили растворы хитозана (0,5; 1,0 и 1,5%) в 1% растворах уксусной, муравьиной, пропионовой и молочной кислот. Электроосаждение проводили в двухэлектродной ячейке с титановым катодом и платиновым анодом при постоянном напряжении (2,5–8В). Время осаждения варьировали от 1-30 минут в зависимости от скорости формирования слоя.

Скрининг показал, что не все кислоты одинаково пригодны для получения сплошных пленок. Растворы на основе пропионовой кислоты во всех концентрациях и при всех режимах напряжения давали неудовлетворительные покрытия: пленки были неравномерными, с

выраженной островковой структурой и низкой адгезией, что, связано с более слабой диссоциацией пропионовой кислоты.

Уксусная, муравьиная и молочная кислоты показали лучшие результаты. Для уксусной кислоты наилучшие сплошные пленки с минимальной шероховатостью (R_a 0,47–0,54 мкм) получены при 1,5% хитозана и напряжении 4–4,5 В. Для муравьиной кислоты при 1,5% хитозана и 4 В покрытия формируются, но имеют повышенную шероховатость (R_a ~3,0 мкм), что указывает на более грубую морфологию. Для молочной кислоты оптимальный режим – 1,5% хитозана, 4В; при комнатной температуре R_a = 1,67 мкм, а после нагрева раствора R_a снижается до 0,46 мкм, что сопоставимо с лучшими образцами на уксусной кислоте.

Напряжение – критический параметр. Для каждого состава существует порог: при слишком низком напряжении покрытие не формируется, при слишком высоком – дефекты из-за газовыделения. Для 1,5% хитозана в уксусной кислоте оптимальный диапазон 4–4,5 В: при 3В покрытие несплошное, при $\geq 5В$ – газовыделение и рост шероховатости. Для молочной кислоты оптимум – 4В при коротком времени (1–2 мин). Предварительное травление титана улучшает адгезию и равномерность для всех кислот.

Проведенный скрининг позволил научно обосновать выбор электролита для электроосаждения хитозановых покрытий на титане. Оптимальным признан состав: 1,5% хитозана в 1% растворе уксусной кислоты, режим осаждения – напряжение 4В, предварительное травление титана для улучшения адгезии. Данный электролит обеспечивает формирование сплошных, равномерных покрытий со средней шероховатостью 0,5–0,6 мкм, что является приемлемым для дальнейшего использования в биомедицинских исследованиях. Молочная кислота при использовании нагретого раствора также демонстрирует высокие результаты (R_a 0,46 мкм). Пропионовая кислота признана непригодной для получения качественных покрытий.

Литература

1. León M., Alvarez D., Valarezo A. et al. Electrodeposition of Chitosan on Ti-6Al-4V Surfaces: A Study of Process Parameters // *Materials Research*. – 2022. – Vol. 25. – Art. e20210552.
2. Flesińska J., Szklarska M., Matuła I. et al. Electrophoretic Deposition of Chitosan Coatings on the Porous Titanium Substrate // *Journal of Functional Biomaterials*. – 2024. – Vol. 15, no. 7. – Art. 190.

© Дилбандян Р.В., Кулиш Е.И., Квятковская А.С., 2026

Альгинат натрия – это природный анионный полимер, выделяемый из бурых водорослей, структура которого образована блоками маннурановой и гулурановой кислот. Соотношение и распределение этих блоков определяют как механические, так и реологические свойства растворов и гелей.

Актуальность изучения реологических свойств растворов альгината натрия обусловлена необходимостью управления их поведением при течении и деформации. В практических приложениях – от фармацевтических форм до биомедицинских гидрогелей – важно точно контролировать вязкость, тиксотропию, псевдопластичность и гелеобразование. Реология напрямую влияет на процессы дозирования, инъекции, адгезии к биологическим тканям и стабильности лекарственных форм. Например, для инъекционных препаратов критично, чтобы материал проявлял низкую вязкость при высоких скоростях сдвига (облегчая введение), но быстро восстанавливал структуру после прекращения нагрузки.

Растворы альгината натрия, как правило, демонстрируют неньютоновское поведение, преимущественно псевдопластичность (снижение вязкости с увеличением скорости сдвига), что связано с ориентацией и расплетением макромолекулярных цепей в потоке. При увеличении концентрации полимера происходит переход к гелеобразному состоянию. Это придает системе выраженные вязкоупругие свойства и формирует пространственно-сшитую сетку.

Перспективы применения в медицине и фармацевтике напрямую связаны с реологическим поведением альгинатных систем. В фармацевтике альгинаты используются в качестве загустителей, стабилизаторов и носителей активных веществ. Их реологические свойства определяют кинетику высвобождения лекарств, а также удобство применения (например, пероральные суспензии или гели).

Таким образом, изучение реологических свойств растворов альгината натрия является ключевым направлением, обеспечивающим научную основу для разработки современных биомедицинских и фармацевтических технологий. Управление реологией позволяет целенаправленно конструировать материалы с заданными функциональными характеристиками, что открывает широкие перспективы их применения в высокотехнологичной медицине будущего.

ОСОБЕННОСТИ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ
КОМПОЗИЦИЙ ПАВ НА ОСНОВЕ ТРИБЛОКСОПОЛИМЕРА
PLURONIC P123

Иванова А.А., Спесивцева С.С.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

Уникальные свойства амфифильных молекул ПАВ полимерной природы позволяют им не только образовывать организованные слои на межфазных границах, но и формировать ассоциаты макромолекул в объеме растворов. Важным в научном и практическом отношении является изучение поведения полимерных мицеллообразующих ПАВ, к которым относится триблочнополимер этилен- и пропиленоксида Pluronic P123. Цель настоящей работы состояла в исследовании процессов самопроизвольной ассоциации в водных растворах полимерного неионогенного ПАВ Pluronic P123 и его композиций с лауретсульфатом натрия SLES, анионным ПАВ, содержащим звенья этиленоксида.

Различными методами были исследованы поверхностные и объемные свойства бинарных композиций Pluronic P123 и SLES. Кондуктометрическим, рефрактометрическим методами и методом отрыва кольца обнаружено, что анионы SLES при определенных условиях взаимодействует с гидрофобными блоками макромолекул плуроника, образуя смешанные ассоциаты.

Методом динамического светорассеяния в бинарных растворах с постоянной концентрацией Pluronic P123 выше его ККМ при варьировании концентрации SLES удалось зафиксировать монодисперсную систему с гидродинамическим радиусом ассоциатов 7-8 нм. Монодисперсность сохраняется до и после ККМ индивидуального SLES в достаточно большом интервале концентраций. Разрушение монодисперсной мицеллярной структуры, представленной ассоциатами двух ПАВ, происходит при нагревании до 60 °С. При достижении температуры помутнения плуроника конформационные перестройки его макромолекул и увеличение растворимости SLES приводят к разрушению смешанных ассоциатов.

Чтобы оценить взаимодействие Pluronic P123 и SLES в бинарной мицеллярной композиции методом радикальной эмульсионной полимеризации были проведены синтезы полимерных дисперсий. Анализ коллоидно-химических свойств полимерных дисперсий, синтезированных в бинарных растворах, подтвердил наличие смешанных и индивидуальных мицелл ПАВ в преэмульсиях. Выяснено также, что взаимодействие ПАВ различной природы происходит не только в мицеллах, но и в адсорбционных слоях на поверхности полимерных частиц.

Пленочные полимерные системы на основе природных биополимеров занимают важное место в разработке современных лекарственных форм с контролируемым высвобождением активных веществ. Среди них особое внимание привлекают материалы на основе хитозана и его производных, в частности сукцинированного хитозана, обладающих уникальным сочетанием биосовместимости, биоразлагаемости и функциональной модифицируемости.

Актуальность исследования транспортных свойств пленочных систем на основе хитозана и сукцинированного хитозана обусловлена возрастающей потребностью в создании эффективных систем доставки лекарственных веществ с регулируемой кинетикой высвобождения. Транспортные свойства таких пленок определяются комплексом факторов, включая степень набухания, пористость, плотность упаковки макромолекул и характер межцепных взаимодействий. Хитозановые пленки, как правило, обладают выраженной гидрофильностью и способностью к набуханию в водных средах. Введение сукцинильных групп увеличивает гидрофильность и зарядовую неоднородность системы, что влияет на проницаемость и взаимодействие с молекулами лекарств, особенно ионной природы.

Модификация пленочных систем является ключевым инструментом управления их транспортными свойствами. Основные подходы включают химическую модификацию (сукцинирование, ацетилирование, сшивка); введение пластификаторов (глицерин, полиэтиленгликоль) для регулирования гибкости и проницаемости; ионную сшивку (например, с использованием триполифосфата или кальциевых ионов); формирование композитов с другими полимерами (альгинаты, желатин, ПВС); создание многослойных и градиентных структур.

Практическая значимость рассматриваемых систем связана с их применением в трансдермальных терапевтических системах, раневых покрытиях, мукоадгезивных пленках и имплантируемых материалах.

Таким образом, исследование транспортных свойств пленочных систем на основе хитозана и сукцинированного хитозана представляет собой актуальное направление современной химии полимеров и фармацевтической технологии. Оно направлено на создание эффективных, безопасных и управляемых систем доставки лекарственных веществ, отвечающих требованиям современной медицины.

Пектин как природный анионный полисахарид широко используется в фармацевтике, пищевой промышленности и биомедицине благодаря своей способности к гелеобразованию, биосовместимости и регулируемым физико-химическим свойствам. В то же время расширение областей его применения требует углубленного понимания взаимодействия пектина с различными соединениями, в том числе органической природы. Особый интерес представляет система пектин – тетрагидрофуранол-3 (производное тетрагидрофурана), способная демонстрировать специфические межмолекулярные взаимодействия, влияющие на структуру и свойства полимерной матрицы.

Взаимодействие в системе пектин – тетрагидрофуранол-3 определяется сочетанием водородных связей, диполь-дипольных взаимодействий и гидрофобных эффектов. Пектин содержит многочисленные гидроксильные и карбоксильные группы, способные выступать как доноры и акцепторы водородных связей. Тетрагидрофуранол-3, обладая как полярной (гидроксильной), так и относительно гидрофобной циклической частью, может участвовать в образовании межмолекулярных ассоциатов с полимерными цепями. Это приводит к образованию аддуктов реакции пектин-тетрагидрофуранол-3 посредством водородных связей.

Кроме того, использование тетрагидрофуранола-3 может способствовать улучшению совместимости пектина с гидрофобными компонентами, что расширяет возможности создания композиционных систем и инкапсуляции плохо растворимых лекарственных веществ. Однако такие системы требуют тщательного изучения с точки зрения стабильности, токсикологической безопасности и воспроизводимости свойств.

Таким образом, исследование взаимодействий в системе пектин – тетрагидрофуранол-3 является актуальным направлением современной химии полимеров. Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых функциональных материалов и лекарственных форм с улучшенными характеристиками, что отвечает современным требованиям фармацевтической и биомедицинской науки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОКСИЗАМЕЩЁННЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ
КАК ЭФФЕКТИВНЫХ ФОТОИНИЦИАТОРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА
ПОЛИАКРИЛАМИДНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ

Коробова В.Д., Кулёв В.А., Агеева Т.А., Печникова Н.Л.

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
Иваново, Россия*

В настоящее время существует интерес к проведению процесса фотополимеризации с использованием светодиодов (LED), так как они обладают низким энергопотреблением, являются безопасными и доступными, по сравнению с традиционными ртутными лампами [1]. Именно поэтому актуальной задачей является поиск фотоинициаторов, способных поглощать излучение в узком диапазоне, характерном для светодиодов (365-405 нм).

Основными факторами, запускающими процесс фотополимеризации, являются световая энергия и фотоинициатор. К последнему предъявляются определённые требования. Прежде всего, он должен интенсивно поглощать свет в заданном диапазоне, а также обладать растворимостью в растворителях, используемых в реакции. Помимо этого, синтез фотоинициаторов должен быть малостадийным и осуществляться из доступных исходных компонентов. В связи с возросшим интересом к процессам фотополимеризации, многие исследования направлены на поиск новых эффективных инициаторов [2]. Исходя из этого, карбоксизамещённые фталоцианины являются перспективными фотоинициаторами в реакции фотополимеризации, удовлетворяющими вышеперечисленным требованиям.

В работе для синтеза полиакриламидных гидрогелей в качестве фотоинициаторов использовали карбоксизамещённые фталоцианины, такие как тетракарбоксифталоцианин и октакарбоксифталоцианин. Синтез гидрогелей осуществляли в водной среде. Процесс фотополимеризации проводили под ультрафиолетовой светодиодной лампой, мощностью 54 W и длиной волны 365-405 нм. В результате были получены полиакриламидные гидрогели с выходом более 85 % и хорошими сорбционными характеристиками.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (FZZW-2026-0003)

Литература

1. Liu S.; et al. High-Performance Photoinitiating Systems for LED-Induced Photopolymerization. – Polymers, 2023. – V. 15, № 2. – P. 342.
2. Balcerak-Woźniak A et al. From UV to visible light – Azo dyes as potential sensitizers of photoinitiated radical polymerization processes. – Materials Science and Engineering: B, 2026 – V. 328. – P. 119306.

© Коробова В.Д., Кулёв В.А., Агеева Т.А., Печникова Н.Л., 2026

РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

Лесовщикова А.А., Никитин А.В., Рогожкина А.А., Агеева Т.А.
*Ивановский государственный химико-технологический университет,
Иваново, Россия*

Высокомолекулярные соединения занимают значительное место в медицине. Они могут быть введены в полости, ткани и кровь, могут использоваться для изготовления протезов, шовного материала, лекарственных препаратов, а также быть основой для тканевых клеев или пропиток для раневых повязок [1].

Поли-N-винилпирролидон (ПВП) занимает особое место среди водорастворимых полимеров, т.к. он обладает отличной растворимостью, химической стабильностью, плёнообразующей способностью, низкой токсичностью, биосовместимостью, водопоглощающей и увлажняющей и связующей способностью, защитно-адгезивным эффектом, что позволяет широко использовать его в медицине, косметике, пищевой и текстильной промышленности [2].

Данная работа посвящена разработке рецептур и подбору условий для создания водных и водно-органических растворов высокомолекулярного поли-N-винилпирролидона с перспективой их использования в качестве пропитывающих растворов для перевязочных материалов, медицинских клеев и компонентов кровеостанавливающих препаратов. Были определены молекулярные массы полученных растворов с различной концентрацией ПВП, их вязкость, pH, также дополнительно была оценена клеящая способность системы, устойчивость к действию солнечного света. Подобраны технологические параметры для получения устойчивых растворов ПВП – соотношения компонентов, последовательность загрузки, режимы перемешивания и нагрева.

Экспериментальные данные, полученные в ходе выполнения работы, являются основой для получения растворов ПВП, обладающих оптимальными характеристиками для применения в медицинских целях.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проект № FZZW 2026-0003).

Литература

1. Лось Д.М., Шаповалов В.М., Зотов С.В. Применение полимерных материалов для изделий медицинского назначения. Проблемы Здоровья и Экологии. 2020; 64(2): 5-13.
2. Кирш Ю.Э. Поли-N-винилпирролидон и другие поли-N-. М.: Наука, 1998. – 252 с.

© Лесовщикова А.А., Никитин А.В., Рогожкина А.А., Агеева Т.А., 2026

ПОВЕДЕНИЕ СТЕАРОИЛБЕНЗОИЛМЕТАНА В УСЛОВИЯХ
ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА
Масагутова Э.А., Мазина Л.А., Нафикова Р.Ф., Ахметханов Р.М.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Поливинилхлорид (ПВХ) является незаменимым крупнотоннажным полимером и по объемам производства входит в тройку самых востребованных термопластов в мире.

Фундаментальным физико-химическим недостатком ПВХ является его низкая собственная термостабильность. Интенсивная макрокинетическая деструкция полимера начинается уже при 100-120°C, тогда как температуры его промышленной переработки лежат в диапазоне 170-200°C. Причина низкой термоустойчивости ПВХ требует постоянного поиска новых способов его стабилизации, в т. ч. и поиск новых стабилизирующих добавок [1].

В современной технологии переработки ПВХ, характеризующейся глобальным переходом к экологически безопасным бескадмиевым и бессвинцовым рецептурам, первостепенное значение приобрели полностью органические со-стабилизаторы [1].

Среди множества исследованных классов органических добавок высокую практическую значимость проявил стеаромлбензоилметан (СБМ). Стеароилбензоилметан является одним из важных коммерческих органических со-стабилизаторов, применяемых в современной промышленности переработки ПВХ, особенно в рецептурах, не содержащих тяжелых металлов, одновременно выполняя функции цветостабилизатора [2]. Химически это соединение относится к классу 1,3-дикетонов (β -дикетонов) и часто упоминается в литературе как фениликозан-1,3-дион:

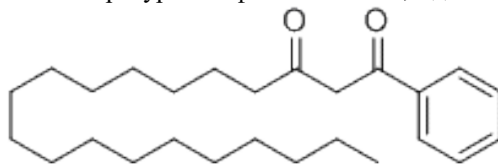


Рис. 1. Фениликозан-1,3-дион

В представленной работе изучены закономерности термического и термоокислительного дегидрохлорирования жесткого и пластифицированного ПВХ в присутствии СБМ.

Показано, что в рецептурах ПВХ СБМ оказывает незначительное акцептирующее действие в отношении элиминирующего HCl.

В условия термической деструкции ПВХ в атмосфере азота СБМ замедляет скорость дегидрохлорирования полимера в 2-2,5 раза.

Одна из стабилизирующих функций СБМ связана с разрушением дефектных структур макромолекулы за счет их химической модификаций по следующей схеме:

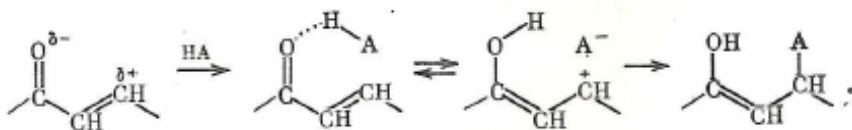


Рис. 2. Схема химической модификации

Замещение нестабильного атома хлора на стерически громоздкую дикетонную группу прерывает систему сопряжения двойных связей, а также останавливает рост хромофорных полиенов, что положительно влияет на цветоустойчивость ПВХ при его термораспаде.

Показано, при термоокислительной деструкции ПВХ в атмосфере воздуха или кислорода, стеароилбензоилметан сохраняет свою высокую стабилизирующую эффективность.

Введение СБМ в ПВХ, пластифицированный ДОФ или ДОС также приводит к замедлению процесса термоокислительного дегидрохлорирования полимера. При этом следует отметить, что в сравнении с деструкцией ПВХ в отсутствие пластификаторов СБМ в пластифицированном полимере проявляет меньшую стабилизирующую эффективность.

При изучении свойств пластифицированной ПВХ композиции для пищевых пленочных покрытий в присутствии СБМ подтверждена его высокая цветостабилизирующая эффективность.

Литература

1. Yuan H., Kalfas G., Ray W. H. Suspension polymerization // Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews. – 1991. – Vol. 31, No. 2-3. – P. 215–299.
2. Burley J. W. Recent Advances in the Stabilization of Flexible and Semirigid PVC // Journal of Vinyl & Additive Technology. – 1996. – Vol. 2, No. 4. – P. 282–286.

© Масагутова Э.А., Нафикова Р.Ф., Мазина Л.А.,
Ахметханов Р.М., 2026

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕРЕБРА В ПЛЕНКАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА И ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Мустафина С.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Синтез наночастиц серебра в растворах полимеров является одним из интенсивно развивающихся направлений в области медицины. Благодаря своим выраженным антимикробным и антисептическим свойствам и стабильности наночастицы серебра и его соединений находят широкое применение в получении ранозащитных материалов [1]. Одним из перспективных методов получения таких ранозащитных покрытий является фотохимическое восстановление наночастиц серебра в растворе полимера.

Целью данной работы является изучение процесса накопления серебра в пленках на основе поли-N-винилпирролидона (ПВП) и поливинилового спирта (ПВС) в зависимости от условий их выдерживания.

Как показано на рис. 1, оптическая плотность пленок, экспонированных под естественным светом, возрастает значительно сильнее оптической плотности пленок, выдержанных в темноте.

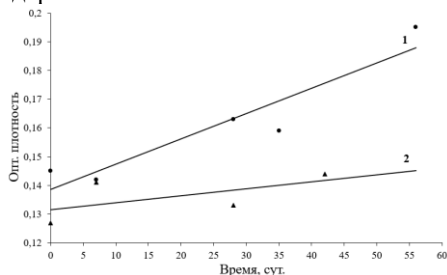


Рис. 1. Зависимость накопления серебра от времени в пленках ПВС:ПВП 80:20 на свету (1) и в темноте (2). Исходная концентрация нитрата серебра 3 ммоль/л

Линейный характер зависимости в координатах «оптическая плотность – время» позволяет предположить, что процесс восстановления серебра в полимерных пленках является реакцией нулевого порядка, следовательно, процесс фотохимического восстановления серебра происходит даже без экспонирования образцов под УФ-излучением. Также визуальное наблюдение показывает, что пленки, выдержанные на свету, имеют более выраженное потемнение, чем пленки, выдержанные в темноте.

Литература

1. Бабунова М.В., и др. Стабилизация частиц зольей йодида серебра ацетатом и N-сукцинилом хитозана. – Уфа.: Химическая физика, 2024. Т. 43, № 9. – 75-83 с.

© Мустафина С.А., 2026

ПРИМЕНЕНИЕ КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ В МЕДИЦИНЕ И
ФАРМАЦЕВТИКЕ

Нурвалиева К.Р., Хасанова А.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Ксантановая камедь представляет собой микробиологический полисахарид. Уникальные структурные особенности – наличие целлюлозоподобного остова и боковых цепей с заряженными группами – обуславливают ее высокую растворимость в воде и способность формировать вязкие растворы при низких концентрациях. Благодаря этим свойствам ксантановая камедь широко используется как загуститель, стабилизатор и реологический модификатор.

Актуальность применения ксантановой камеди в медицине и фармацевтике обусловлена растущей потребностью в биосовместимых, нетоксичных и технологически универсальных материалах. Современные лекарственные формы требуют точного контроля реологических характеристик для обеспечения стабильности, удобства применения и оптимальной биодоступности активных веществ. Ксантановая камедь отвечает этим требованиям благодаря способности формировать системы с предсказуемым и устойчивым поведением в широком диапазоне температур, pH и ионной силы.

В фармацевтической технологии ксантановая камедь широко применяется в качестве вспомогательного вещества при создании пероральных, офтальмологических, назальных и топических форм. Благодаря способности удерживать воду и образовывать структурированные системы, ксантан обеспечивает пролонгированное высвобождение лекарственных веществ, регулируя их диффузию через полимерную матрицу.

В медицине ксантановая камедь находит применение в разработке биоматериалов, включая раневые покрытия и гидрогели. Ее биосовместимость и способность к взаимодействию с другими полимерами позволяют создавать композитные системы с заданными механическими и транспортными свойствами. Кроме того, ксантан используется в системах доставки лекарств, включая мукоадгезивные формы, где важна способность материала удерживаться на слизистых оболочках.

Таким образом, ксантановая камедь является универсальным и перспективным компонентом современных лекарственных форм и биоматериалов. Ее функциональные и реологические свойства, а также высокая безопасность определяют актуальность дальнейших исследований и расширения областей применения в медицине и фармацевтике. Развитие технологий на основе ксантана способствует созданию эффективных, стабильных и удобных в применении препаратов нового поколения.

© Нурвалиева К.Р., Хасанова А.И., 2026

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА
И ПЛАВОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Паршина А.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Вовлечение полимеров в повторную переработку, особенно технологических и промышленных отходов, позволяет не только уменьшить нагрузку на окружающую среду, но и снизить затраты предприятий на утилизацию неликвидного продукта, что позволяет говорить о повышении рентабельности. Однако при вовлечении в рециклинг пластмасс следует учитывать такие факторы как структурная неоднородность сырья и наличие примесных компонентов: мономеры, инициаторы, катализаторы, олигомеры и пр. Целью настоящей работы стало изучение возможности вовлечения отходов производства АО «ПОЛИЭФ», г. Благовещенск, плавов полиэтилентерефталата (ПЭТФ), для получения полимерных композитов на основе полиэтилена.

В качестве полимерной основы композитов использовали полиэтилен низкого давления (ПНД) и полиэтилена высокого давления (ПВД). Формировались полимерные композиты с содержанием плавов ПЭТФ 1, 5, 10, 15, 20 и 30 %. Предварительная подготовка плавов ПЭТФ заключалась в измельчении образцов до гранул размером 3–5 мм с использованием низкоскоростного гранулятора MO-Di-Tech с целью усреднения состава, а также осушении в сушильном шкафу LOIP при температуре 50 °С в течение 24 ч. Смешение компонентов осуществляли в расплаве на лабораторной станции "PlastographEC" (Brabender, Германия) при температуре 190°С, со скоростью вращения роторов 30 об/мин, в течение 10 минут при нагрузке 200 Н. Твердые образцы для проведения дальнейших исследований формовали методом горячего прессования на прессе AutoMN-NE (Carver, США) при 210°С и выдержке под давлением 5000 кгс в течение 10 мин. Физико-механические свойства полимерных композитов при растяжении (ГОСТ 11262-2017) и трехточечном изгибе (ГОСТ 4648–2014) определяли на разрывной машине Shimadzu AGS-X (Shimadzu, Япония). Деформационно-прочностные свойства полимерных композитов определялись по ГОСТ 4647-80 (метод Шарпи) на автоматическом копре фирмы Gotech testing machines, (Gotech, Тайвань).

Как показали исследования, наполнение ПНД плавами ПЭТФ практически не сказывается на физико-механических и деформационно-прочностных характеристиках полимер-основы. Введение плавов в ПВД сопровождается значительным ухудшением всех определяемых параметров, что требует дополнительной проработки рецептуры композита.

© Паршина А.С., 2026

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Саляева Е.А., научный руководитель: Кулиш Е.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) представляет собой водорастворимое производное целлюлозы, получаемое путем введения карбоксиметильных групп ($-\text{CH}_2\text{COONa}$), что обеспечивает её растворимость и формирование вязких коллоидных растворов. КМЦ является линейным полисахаридом, состоящим из остатков β -D-глюкозы, соединённых β -(1 $\rightarrow$ 4)-гликозидными связями, с общей формулой звена $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_2\text{OCH}_2\text{COONa}]_n$. Наличие карбоксильных и гидроксильных групп обуславливает её высокую гидрофильность и способность образовывать устойчивые растворы с высокой вязкостью даже при низких концентрациях, проявляющие псевдопластическое течение ($n < 1$), при котором вязкость уменьшается с ростом скорости сдвига. Благодаря этим свойствам КМЦ широко используется как загуститель, стабилизатор и пленкообразующий материал в различных технологических и научных системах. Основные свойства КМЦ представлены в таблице.

Таблица

Основные свойства карбоксиметилцеллюлозы

Свойство	Характеристика
Химическая природа	анионный полисахарид
Структура	линейная, β -(1 $\rightarrow$ 4)-глюкозные звенья
Функциональные группы	$-\text{OH}$, $-\text{CH}_2\text{COO}^-$
Растворимость	хорошо растворима в воде
Вязкость растворов	высокая
Тип течения	псевдопластический
Пленкообразование	выраженное
Биосовместимость	высокая

Литература

1. Rinaudo M. Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials // Polymer International. – 2008. – Vol. 57. – P. 397–430.

© Саляева Е.А., 2026

ВЛИЯНИЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЛЕЙ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ЖИДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ
ПЕКТИНА

Сафина П.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Жидкие лекарственные формы на основе природных полисахаридов широко применяются в современной фармацевтической практике благодаря их биосовместимости, безопасности и технологической гибкости. Пектин – один из наиболее востребованных гидроколлоидов, представляющий собой анионный полимер на основе остатков галактурановой кислоты. Его способность формировать вязкие растворы и гели делает его перспективным компонентом для создания систем с регулируемыми характеристиками течения и высвобождения лекарственных веществ. В то же время реологические свойства пектиновых систем существенно зависят от присутствия низкомолекулярных электролитов, в частности хлорида натрия (NaCl), который часто входит в состав лекарственных форм в качестве изотонического агента или компонента буферных систем.

Актуальность исследования влияния NaCl на реологию пектиновых растворов обусловлена необходимостью разработки стабильных и предсказуемых по свойствам жидких лекарственных форм. Введение электролитов может существенно изменять вязкость, структурно-механические характеристики и стабильность системы, что непосредственно влияет на процессы дозирования, биодоступность и кинетику высвобождения активных веществ. В условиях промышленного производства и практического применения важно учитывать эти эффекты для обеспечения воспроизводимости и эффективности лекарственных препаратов.

Изменение вязкости и вязкоупругих свойств под действием NaCl оказывает прямое влияние на транспортные процессы в лекарственной форме. Снижение вязкости способствует ускорению диффузии лекарственных веществ и их более быстрому высвобождению, тогда как более структурированные системы обеспечивают пролонгированный эффект. Таким образом, регулирование концентрации NaCl позволяет целенаправленно управлять фармакокинетическими характеристиками препарата.

Таким образом, исследование влияния хлорида натрия на реологические свойства пектиновых систем является актуальным направлением, направленным на углубление понимания взаимосвязи между структурой полимера, ионной средой и макроскопическими характеристиками. Это создает научную основу для разработки эффективных и технологически управляемых жидких лекарственных форм нового поколения.

© Сафина П.И., 2026

ПОИСК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ
ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА ИЗ ФТЛО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Сафиуллина Р.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Ряд В Российском рынке по данным 2024 года производства пластификаторов составляет около 580 тыс. тонн в год. Увеличение производства в данном сегменте промышленности за последние годы значительно не увеличивается. Но спрос на пластификаторы превышает объем внутреннего производства. При этом основу рынка составляют фталатные пластификаторы.

Фталатные пластификаторы используются для пластификации ПВХ. Пластифицированные ими поливинилхлоридные композиции широко применяются в производстве различных изделий и материалов в строительном секторе, технике, в сельском хозяйстве, а также в быту – это линолеум, обои, материалы для изоляции, шлангов, декоративная клеенка, лента липкая, искусственная кожа, прозрачные пленки и др.

Для выделения фталевого ангидрида –сырца используется конденсаторы намораживатели. Суть процесса состоит в следующем: холодное масло в межтрубном пространстве охлаждает поступающую в конденсатор фтало-воздушную смесь, в результате чего происходит осаждение (намораживание) фталевого ангидрида-сырца на оребренные поверхности регистров конденсаторов. После накопления достаточного количества продукта поток фтало-воздушной смеси переключают на другой конденсатор, а первый подогревают горячим маслом. Расплавленный фталевый ангидрид стекает из конденсатора в промежуточную ёмкость, а затем направляется на очистку.

В процессе эксплуатации, выявились следующие недостатки работы конденсаторы-намораживания:

- сложность в конструкционном исполнении;
- низкий межремонтный пробег;
- необходимость своевременной очистки регистров оребренных труб

внутри конденсаторов (не реже одного раза в шесть месяцев) от обрастания фталевым ангидридом и смолами, путем промывки регистров конденсатора 5-10% раствором щелочи.

Также из-за обрастания оребрения регистров конденсатора фталевым ангидридом и смолами происходит недостаточный теплообмен в конденсаторе, появляется возможность загорания в конденсаторе продуктов осмоления, отложившихся на стенках аппаратов, повышается сопротивление в системе, что ведет к уменьшению расхода воздуха на окисление при переходе на свободный конденсатор намораживания.

Российскими разработчиками предложено технологическое решение по выделению фталового ангидрида в десублимационной тарельчатой колонне путём охлаждения фтало-воздушной смеси высококипящей жидкостью. Адсорбционный процесс обеспечивает более полное улавливание фталового ангидрида и побочных продуктов реакции, а также позволяет исключить дополнительную очистку хвостовых газов высококипящей жидкостью. На рисунке 1 приведена технологическая схема предложенного процесса.

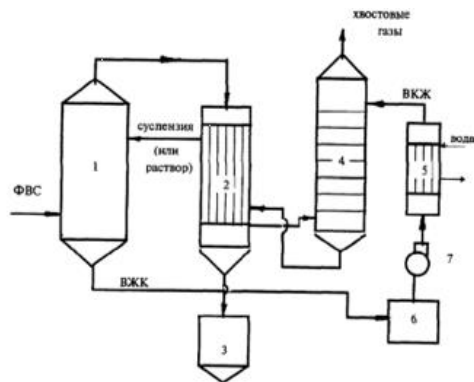


Рис. 1. Технологическая схема десублимации

1-испаритель ФА, 2-парциальный конденсатор, 3-сборник жидкого фталового ангидрида, 4-десублимационная тарельчатая колонна, 5-холодильник, 6-сборник ВКЖ

Использование испарителя 1 позволяет избежать непосредственного контакта жидкого фталового ангидрида и высококипящей жидкости, благодаря чему повышается качество фталового ангидрида. Выходящая из испарителя высококипящей жидкости не содержит продуктов реакции и не подвергается дополнительной очистке, благодаря чему снижается расход высококипящей жидкости и уменьшаются энергозатраты. Кроме того, в испарителе теплообмен происходит более эффективно и не ухудшается по мере эксплуатации аппарата, что позволяет поддерживать расход ФВС 40-80 м^3 на 1 кг ВКЖ. Уменьшение расхода ФВС менее 40 $\text{м}^3/\text{кг}$ ФЖК нецелесообразно, т. к. снижается эффективность работы всей установки.

Образующаяся в десублимационной колонне 4 суспензия используется также как хладагент в парциальном конденсаторе, что делает технологическую схему процесса выделения фталового ангидрида энергетически выгодной.

Таким образом, данное технологическое решение позволяет получить фталевый ангидрид в жидком виде, и снизить материальные затраты, связанные с уменьшением энергетических и технологических потерь.

© Сафиуллина Р.Р., 2026

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ФТАЛОЦИАНИНОВ

Скобеев Д.А., Матис М.Е., Майзлиш В.Е.

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
Иваново, Россия*

Подбор методик по созданию и исследованию свойств функциональных полимерных материалов является перспективным направлением исследований в современной химии. Данная работа является продолжением исследований по модификации полимеров макрогетероциклическими соединениями, а также изучению их функциональных свойств, проводимых на базе ИГХТУ [1, 2]. Методом полива из раствора были получены однородные прозрачные пленки на основе поливинилового спирта (ПВС) с добавлением *тетра*-карбоксифталоцианина ($\text{Pc}(4\text{-COOH})_4$) и его цинкового комплекса ($\text{ZnPc}(4\text{-COOH})_4$). Для исследования их спектральные свойства в видимой и ближней ИК-областях был использован спектрофотометр Shimadzu UV-3600 Plus.

Показано, что введение фталоцианинов в полимерную матрицу не влияет на их спектральные свойства – электронные спектры поглощения (ЭСП) модификаторов в растворе совпадают с ЭСП полимерных пленок в видимой области. Применение БИК-спектроскопии позволяет оценить природу полимера, а также наличие остаточного растворителя в пленке.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проект № FZZW 2026-0003).

Литература

1. Функциональные материалы на основе тетрапиррольных макрогетероциклических соединений. Под ред. О.И. Койфмана. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 848 с.
2. Матис М.Е., Медведева А.С., Агеева Т.А. Особенности модификации полимерных пленок имидазолиевыми ионными жидкостями. Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. №2(78), 2024, с. 123-128.

© Скобеев Д.А., Матис М.Е., Майзлиш В.Е., 2026

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕР-КОЛЛОИДНЫХ
ДИСПЕРСИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОХЛОРИДА ХИТОЗАНА И
КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ ЙОДИДА СЕРЕБРА

Соснина Д.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Гидрохлорид хитозана (ГХ-ХТЗ) – это водорастворимое производное природного полисахарида хитозана, широко применяемое в медицине, сельском хозяйстве, пищевой промышленности, ветеринарии и косметологии. В медицине и фармацевтике он используется для контроля веса, снижения холестерина, очищения организма от токсинов и улучшения работы желудочно-кишечного тракта и при создании новых антимикробных препаратов. Расширить и усилить биомедицинские функции ГХ-ХТЗ можно введением модифицирующих добавок, например, соединений серебра, которые зарекомендовали себя как эффективные антимикробные средства. В данной работе при создании ранозаживляющих материалов использован способ, основанный на удалении дисперсионной среды путем высушивания из полимер-коллоидных дисперсий, в которых неорганические коллоидные частицы йодида серебра стабилизируются макромолекулами ГХ-ХТЗ. Отрицательно заряженные частицы золя AgI получали по известной методике [2] смешением равно концентрированных (0.01 моль/л) растворов нитрата серебра с йодидом калия в объемном соотношении 7:10. Для получения полимер-коллоидных дисперсий ГХ-ХТЗ с мицеллами золя AgI проводили набухание ГХ-ХТЗ в предварительно приготавленном золе.

Агрегативная и седиментационная устойчивость ПКД на основе систем лиофобных зольей и водорастворимых полимеров, образующих защитные экраны вокруг неорганических наночастиц, зависит от размера частиц золя, распределения частиц по размерам и числа частиц, а также от вязкости дисперсионной среды [1, 3]. В связи с этим, исследовано влияние реологического поведения ПКД и размерных характеристик дисперсной фазы (коллоидных частиц йодида серебра) и состава дисперсионной среды на устойчивость ПКД йодид серебра-раствор полисахарида.

Установлено (рис. 1), что введение коллоидных частиц йодида серебра в раствор полисахарида приводит к возрастанию вязкости. Поскольку содержание дисперсной фазы в нашем случае невелико (не более 10%) и образовать самостоятельную пространственную сетку частицы золя не могут, остается предположить, что возрастание вязкости связано с тем, что присутствие неорганического золя в системе полимер-растворитель приводит к образованию дополнительной сетки, вследствие специфической адсорбции макромолекул на поверхности золя. Стоит отметить, что более значительное повышение наблюдается как при повышении концентрации полисахарида, так и при увеличении массовой (не числовой!) концентрации

частиц AgI. Следовательно, формирование сетки зацеплений в случае полимер-коллоидных дисперсий может осуществляться как вследствие увеличения содержания полимера в растворе, так и вследствие введения в раствор полимера дисперсной фазы.

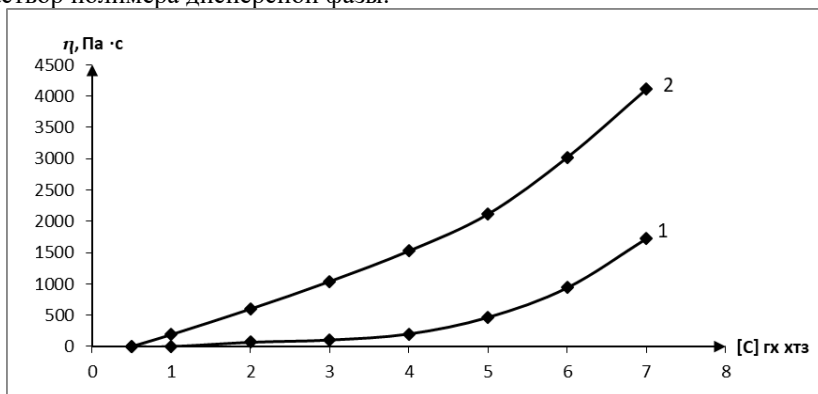


Рис. 1. Зависимость вязкости систем на основе ГХ-ХТЗ от его содержания: индивидуальный ГХ-ХТЗ (1); ГХ-ХТЗ + AgI 0,01Н (2)

Литература

1. Mellegård, H., Strand, S.P., Christensen, B.E., Granum, P.E., Hardy, S.P. (2011) Antibacterial activity of chemically defined chitosans: Influence of molecular weight, degree of acetylation and test organism, *International Journal of Food Microbiology*, 148, 48–54.
2. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. М.: Химия, 1986.
3. Базунова, М. В. Изучение реологического поведения интерполимерных комплексов N-сукцинилхитозана с поли-N-винилпирролидоном и полиэтиленгликолем / М. В. Базунова, Б. Ф. Алмаев // *Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология*. – 2024. – Т. 67, № 9. – С. 45-52.

© Соснина Д.А., 2026

УДК 541.64

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ – НАТРИЕВАЯ СОЛЬ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ Сулейманова Э.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Смеси водорастворимых полимеров представляют собой перспективный класс функциональных материалов с регулируемыми физико-химическими

свойствами. Особый интерес вызывают системы на основе поливинилового спирта (ПВС) и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ). ПВС – линейный синтетический полимер с высокой способностью к образованию водородных связей и хорошими пленкообразующими свойствами, тогда как Na-КМЦ является анионным производным целлюлозы, обладающим выраженной гидрофильностью и полиионным характером. Их совместное использование позволяет формировать структуры с уникальными реологическими характеристиками, обусловленными межмолекулярными взаимодействиями различной природы.

Актуальность изучения реологических свойств смесей ПВС–Na-КМЦ определяется необходимостью разработки новых материалов с заданным поведением в условиях течения и деформации. Такие системы широко применяются в фармацевтической технологии, пищевой промышленности, косметике и биомедицине, где критически важны параметры вязкости, вязкоупругости, тиксотропии и стабильности.

При смешении друг с другом равно концентрированных растворов обоих полимеров невысокой концентрации можно ожидать как аддитивного поведения смесевых растворов, так и отклонений от аддитивности за счет перестройки структуры полимеров. Однако, тип формирующихся надмолекулярных структур в случае растворов смесей полимеров не однозначен. Результат определяется, в первую очередь, характером возможных межмолекулярных взаимодействий между полимерами – предпочтительностью контактов полимер1-полимер1 (гомоагрегаты) или полимер1-полимер2 (гетеро-агрегаты).

В изученной нами системе наблюдается образование и гомо- и гетероагрегатов в зависимости от концентрации исходных растворов изучаемых полимеров, что, несомненно, найдет свое отражение при изучении физико-механических и транспортных свойств материалов на основе данных систем.

Таким образом, исследование реологических свойств смесей поливинилового спирта и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы является актуальной задачей современной химии и физики полимеров. Понимание механизмов формирования структуры и течения таких систем открывает возможности для создания материалов с прогнозируемыми и управляемыми характеристиками, востребованными в различных высокотехнологичных областях.

© Сулейманова Э.А., 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА, ПОЛИКАПРОЛАКТОНА
И ОКСИДА ЦИНКА

Сунаргулов А.Б., научный руководитель: Бакирова Э.Р.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Разработка биоразлагаемых полимерных композитов на основе полилактида (ПЛ) и поликапролактона (ПКЛ) является одной из приоритетных задач современного материаловедения ввиду необходимости снижения экологической нагрузки [1]. Введение в такие смеси неорганических наполнителей, например, оксида цинка (ZnO), позволяет не только регулировать механические параметры, но и придавать материалам антисептические свойства, что открывает перспективы их использования в медицине и пищевой промышленности. В данной работе исследуется влияние введения ZnO на комплекс физико-механических характеристик композитов на основе смесей ПЛ-ПКЛ.

В работе использовали ПЛ марки bio-101 (Biopoly, Китай) со степенью кристалличности 7%, $T_{пл}=150^{\circ}\text{C}$; ПКЛ марки Экопластик (Ecoplastic, Китай) со степенью кристалличности 69%, $T_{пл}=60^{\circ}\text{C}$; ZnO, антисептический препарат (ST-Cosmetics, Россия). Процесс получения композитов осуществляли в расплаве на лабораторной станции Plastograph EC (Brabender, Германия). Физико-механические свойства полимерных композитов при разрыве определяли на универсальной испытательной машине «Shimadzu AGS-X» (Япония).

В ходе работы установлено, что введение 5.0% ZnO повышает жесткость композиции, при этом наибольший прирост модуля упругости наблюдается в области составов с избытком ПКЛ. Однако, это сопровождается снижением деформационной способности - разрывное удлинение уменьшается в несколько раз, материал становится хрупким. Таким образом, полученные данные позволяют оценить совместимость компонентов в расплаве и выявить отклонения свойств от аддитивных значений, что необходимо для создания конструкционных материалов с заданными эксплуатационными характеристиками.

Литература

1. Influence of Conditions for Obtaining Polylactide-Based Materials on Their Physical-Mechanical and Rheological Characteristics / E. R. Bakirova, R. Y. Lazdin, A. S. Shurshina [et al.] // Russian Journal of Physical Chemistry B. – 2024. – Vol. 18, No. 2. – P. 549-554.

© Сунаргулов А.Б., 2026

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИЭФИРОВ,
ХИТОЗАНА И ОКСИДА ЦИНКАСунаргулов А.Б., научный руководитель: Бакирова Э.Р.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Создание биodeградируемых полимерных материалов с антисептическими свойствами является актуальной задачей современного материаловедения ввиду их востребованности в медицине и упаковке. Сочетание полиэфиров, полилактида (ПЛ) и поликапролактона (ПКЛ) [1], с полисахаридами и неорганическими оксидами, такими как хитозан (ХТЗ) и оксид цинка (ZnO), позволяет получать композиты с регулируемыми свойствами, однако влияние ХТЗ на механическое поведение таких систем требует детального изучения, что и являлось целью данной работы.

В работе использовали ПЛ марки bio-101 (Biopoly, Китай) со степенью кристалличности 7%, $T_{пл}=150^{\circ}\text{C}$; ПКЛ марки Экопластик (Ecoplastic, Китай) со степенью кристалличности 69%, $T_{пл}=60^{\circ}\text{C}$; ХТЗ со степенью деацелирования 72% (ЗАО «Биопрогресс», Россия); ZnO, антисептический препарат (ST-Cosmetics, Россия). Процесс получения композитов осуществляли в расплаве на лабораторной станции Plastograph EC (Brabender, Германия). Физико-механические свойства полимерных композитов при разрыве определяли на универсальной испытательной машине «Shimadzu AGS-X» (Япония).

В ходе работы, установлено, что введение ХТЗ в систему ПЛ–ПКЛ–ZnO приводит к следующим изменениям: при содержании 20 масс.ч. ХТЗ в пленочных материалах возрастает жесткость (модуль упругости) композиции, но снижаются прочность и разрывное удлинение. Сохраняется несовместимость полимеров и точка инверсии фаз в области 60–70% ПЛ. При содержании 70 масс.ч. ХТЗ в смесях достигаются максимальные значения модуля упругости при существенном снижении прочности и эластичности. Формируется сплошной жесткий каркас ХТЗ, который нивелирует влияние соотношения полимеров и делает точку инверсии фаз менее выраженной.

Литература

1. Study of Properties of Polymer Film Materials Based on Polycaprolactone–Chitosan–Ceftriaxone Blends / E. R. Bakirova, A. B. Sunargulov, R. Yu. Lazdin [et al.] // Polymer Science, Series A. – 2024. – Vol. 66, No. 5. – P. 650-654.

© Сунаргулов А.Б., 2026

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И СВОЙСТВ ГИДРОГЕЛЕЙ НА
ОСНОВЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ, СШИТЫХ ЯБЛОЧНОЙ
КИСЛОТОЙ

Таганбекова З.К., Великоречанина Д.Е., Лямкина А.В., Курочкина Н.Ю.,
Маркин В.И.

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Впервые исследовано влияние температуры этерификации КМЦ яблочной кислотой на свойства гидрогелей (в сравнении с лимонной кислотой). Промывка после синтеза регулирует сорбционную ёмкость, а сформированная сетка стабильна в воде. Биосовместимые КМЦ-гидрогели – перспективные абсорбенты; замена лимонной кислоты на яблочную расширяет возможности модификации их механических свойств [1].

Синтез проводили в водной среде при 20–80 °С в течение 2 ч. Варьировали тип сшивателя (ЛК или ЯК), его концентрацию (0,5–1,88% от массы реакционной смеси) и концентрацию КМЦ (2 или 5%). После определения оптимального состава при 60 °С исследовали влияние температуры (40, 60 и 80 °С). Образцы обозначали как КМЦХСАУ_Т (Т °С), где Х = 2 или 5 мас.%, СА – сшивающий агент (ЛК или ЯК), У = 0,50; 0,94 или 1,88 мас.%, Т = 40, 60 или 80 °С (при 60 °С температуру не указывали). Всего получено 32 образца.

Для всех образцов определили степень набухания и гелевую фракцию (GF) (рис. 1, 2). Установлено, что оптимальной концентрацией КМЦ является 5 мас.% – в этом случае оба показателя (степень набухания и гелевая фракция) выше, чем при 2 мас.%. Повышение концентрации сшивателя снижает набухание и увеличивает GF вследствие формирования более плотной сетки.

Для изучения температурного режима выбран состав КМЦ5СА0,94 как обладающий сбалансированными характеристиками. С ростом температуры GF возрастает, а набухание падает. При 40 °С сшивание практически не происходит; при 80 °С набухание значительно ниже, чем при 60 °С, поэтому дальнейшие эксперименты проведены при 60 °С.

Сорбционную ёмкость (СЕ) по метиленовому синему (20 мг/л) определяли для образцов с 5% КМЦ, синтезированных при 60 °С. Промытые образцы показали более высокую СЕ (5,37–7,65 мг/г) по сравнению с непромытыми (1,19–3,76 мг/г). Установлено, что СЕ снижается с ростом концентрации сшивателя из-за уплотнения полимерной сети. Гидрогели на основе лимонной кислоты сорбируют краситель лучше, чем на основе яблочной, что делает их перспективными для очистки сточных вод и включения биологически активных веществ.

Впервые установлено, что яблочная кислота, подобно лимонной, позволяет получать термочувствительные гидрогели КМЦ с регулируемыми

свойствами. Оптимальные условия: 5% КМЦ, 0,94% сшивателя, 60 °С. Промывка повышает сорбционную ёмкость до 7,65 мг/г. Материалы перспективны для очистки воды и доставки лекарств.

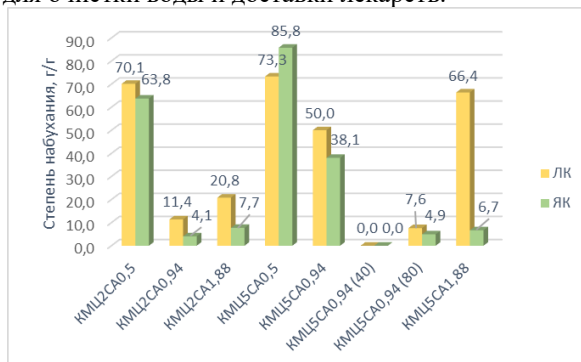


Рис. 1. Результаты испытаний полученных гидрогелей на основе КМЦ и сшивающих агентов (СА) на степень набухания. *Примечание:* ЛК – лимонная кислота, ЯК – яблочная кислота



Рис. 2. Результаты испытаний полученных гидрогелей на основе КМЦ и сшивающих агентов (СА) на гелевую фракцию. *Примечание:* ЛК – лимонная кислота, ЯК – яблочная кислота

Литература

1. Таганбекова З.К., Савкин В.А., Маркин В.И. Получение и исследование гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы // Химия растительного сырья. 2025. №4. С. 162–176.

© Таганбекова З.К., Великоречанина Д.Е., Лямкина А.В., Курочкина Н.Ю., Маркин В.И., 2026

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И НАНОЧАСТИЦ ЙОДИДА СЕРЕБРА

Терегулов Т.Б.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Полисахариды как полимеры природного происхождения привлекают все большее внимание в качестве основы ряда функциональных нанокомпозитов, в том числе тонкопленочных структур для сенсорных устройств, из-за их ценных физико-химических и физиологических свойств. Их активность и устойчивость можно повысить за счет введения модифицирующих добавок, таких как наночастицы неорганических материалов [1]. Так, например, электропроводность полисахаридов можно регулировать допированием – введением в структуру электронодонорных или электроноакцепторных добавок. В связи с этим в данной работе при создании тонкопленочных структур для сенсорных устройств предложено использование натрийкарбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и коллоидных частиц йодида серебра. В составе получаемых нанокомпозитов йодид серебра будет выполнять функцию электроноакцепторной добавки.

При сравнении АСМ-изображений поверхности пленок на основе индивидуальной КМЦ и нанокомпозитов на основе КМЦ и частиц AgI показано, что изменение концентрации полимера в исходном формовочном растворе и наличие частиц AgI существенно сказывается на морфологии пленки. При повышении концентрации КМЦ в растворе возрастает степень ассоциации и в пленке формируются более крупные зернистые надмолекулярные образования длиной в несколько микрон. Т.к. процесс детектирования в сенсорных устройствах начинается с адсорбции анализируемого газа на поверхности сенсора, то увеличение площади поверхности пленочной структуры за счет более выраженного рельефа поверхности будет влиять на чувствительность его работы. Установлено, что электропроводность пленочных образцов на основе КМЦ, модифицированных частицами AgI, изменяется при изменении концентрации аммиака вследствие образования аммиачных комплексов. Показано, что полученные композитные пленки не уступают по прочности пленкам индивидуальной КМЦ. Введение пластифицирующей добавки глицерина позволяет улучшить пластичные свойства (относительное удлинение) пленочных материалов на основе КМЦ – на 56-75 %.

Литература

1. Нанокомпозитные тонкопленочные материалы на основе полисахаридов и наночастиц йодида серебра для использования в сенсорных устройствах / М. В. Базунова, Р. Б. Салихов, Т. Б. Терегулов [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2024. – Т. 97, № 4. – С. 347-353.

© Терегулов Т.Б., 2025

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ И ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Хабибуллин И.И., Псянчин А.А., Садыков Т.Т.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Развитие технологий полимерной 3D-печати сопровождается созданием новых композиционных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Одним из эффективных подходов к модификации свойств фотополимерных смол является введение функциональных наполнителей. В качестве таких добавок могут использоваться мел, оксиды металлов и различные порошкообразные вещества, обладающие химической инертностью. Особый интерес представляет применение гидроксида алюминия, что связано с его доступностью, сравнительно низкой стоимостью, а также способностью снижать горючесть полимерных материалов. В связи с этим целью данной работы являлось исследование влияния гидроксида алюминия на физико-механические свойства фотополимерной смолы.

Образцы для испытаний были получены методом УФ-печати с использованием 3D-принтера PHOTON MONO M5s PRO. На предварительном этапе в специализированном программном обеспечении были спроектированы модели лопаток и брусков, предназначенные для оценки механических характеристик материала. Физико-механические свойства изготовленных образцов определяли методом испытания на растяжение на универсальной разрывной машине Shimadzu AGS-X.

Таблица 1

Физико-механические свойства композитов

Содержание наполнителя, % мас.	Модуль упругости, МПа	Прочность при растяжении, МПа	Относительная деформация при растяжении, %
0	965,58	26,00	7,20
5	985,52	23,92	4,73
10	798,58	27,06	4,52
15	1070,28	22,59	3,26
20	1126,46	22,16	4,07

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

© Хабибуллин И.И., Псянчин А.А., Садыков Т.Т., 2026

РАЗРАБОТКА СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ
ТЕРМОСТОЙКОГО ЛИГНОСУЛЬФОНАТНОГО РЕАГЕНТА

Хазиева Р.Ф., Ширяева Р.Н., Куляшова И.Н., Бабанкина К.М.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,**Уфа, Россия*

Актуальность применения термостойких буровых растворов, на сегодняшний день, продиктована увеличением объемов освоения глубоких и сверхглубоких скважин для извлечения запасов тяжелой нефти.

Использование модифицированных лигносульфонатов натрия – одно из самых рациональных решений в современной нефтехимии, так как введение ионов хрома, железа или конденсация с формальдегидом усиливает стабильность лигносульфонатного реагента в условиях высоких температур (до 180°C).

Однако актуальным является разработка новых видов модификации лигносульфоната, исключающих введение в состав реагента токсичных соединений хрома, с сохранением эффективности снижения вязкости бурового раствора.

Является интересным, в целях повышения термостабильности, рассмотрение возможности модифицирования лигносульфоната натрия сульфированным оксиароматическим соединением (модификатор) [1] и нитрилотриметилфосфоновой кислотой (НТФ).

Сравнительный анализ результатов поверхностного натяжения исследуемых образцов проведен стагмометрическим методом подсчета капель. Результаты этих исследований представлены на рис. 1.

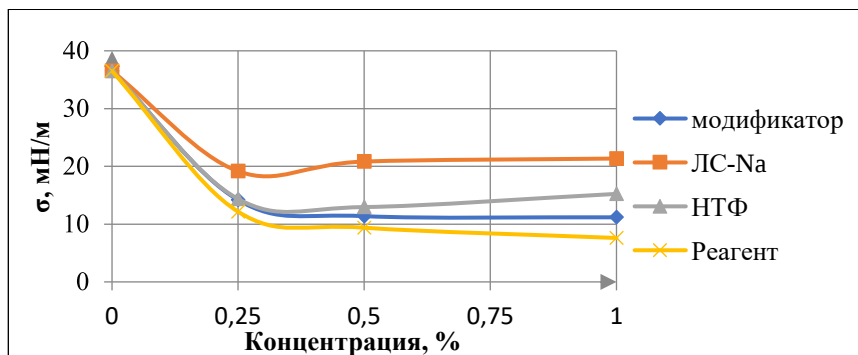


Рис. 1. Сравнительная характеристика поверхностного натяжения водных растворов исследуемых реагентов

В ходе проведения сравнительных исследований было установлено, что полученный модифицированный реагент наиболее эффективно снижает показатель поверхностного натяжения (0,5% масс) – 10 мН/м, относительно исходного лигносульфоната натрия (0,5% масс) – 20 мН/м.

Для подтверждения термостойкости реагента осуществлялся термогравиметрический анализ экспериментального образца на приборе TGA-DSC. Измерения проводили в интервале температур 34 – 750 °С. Скорость нагрева 5 град/мин, атмосфера – воздух, азот.

Зависимость величины массы образца от температуры (кривая ТГА/ДСК) представлена на рис. 2.

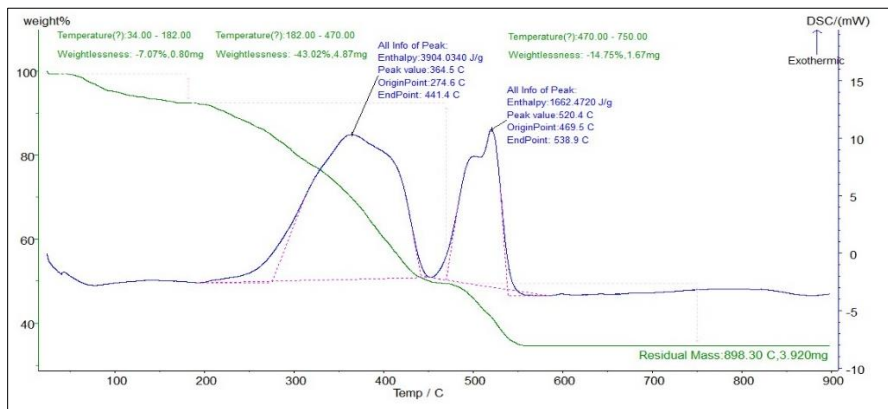


Рис. 2. Результаты термогравиметрического анализа

Согласно результатам термогравиметрического анализа, видно, что в диапазоне температур от 34 до 182°C потеря массы экспериментального образца составила 7,07% от общего веса реагента, а резкая потеря термостабильности – после 182°C.

Таким образом, представленный метод модификации лигносульфоната позволяет получить реагент, с повышенными поверхностно-активными свойствами и устойчивостью к действию температуры до 180°C в отсутствии токсичных соединений хрома в своем составе

Литература

1. Куляшова И.Н. Особенности модифицирования лигносульфоната натрия конденсированным сульфометилированным оксиароматическим соединением // Башкирский химический журнал. – 2025. – Т. 32. № 2. – С. 62-67.

© Хазиева Р.Ф., Ширяева Р.Н., Куляшова И.Н., Бабанкина К.М., 2026

ВЛИЯНИЕ МЕТАНОЛА НА СОЛЬВАТНУЮ ОБОЛОЧКУ ПЕКТИНА В РАСТВОРЕ

Хамидуллин Г.Е., Кулиш Е.И., Вакулин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Пектин - полисахарид, состоящий преимущественно из α -1,4 связанных остатков D-галактурановой кислоты, способный формировать в растворе трёхмерную сетку за счёт водородных связей и электростатических взаимодействий. Его сольватная оболочка – слой молекул растворителя (обычно воды), упорядоченно ориентированных вокруг макромолекул пектина, – играет ключевую роль в стабилизации структуры и определении физико-химических свойств раствора. Как известно, сольватная оболочка формируется за счёт водородных связей между гидроксильными и карбоксильными группами пектина и молекулами воды; электростатического взаимодействия заряженных карбоксилат анионов с диполями воды; гидрофобных взаимодействий между неполярными участками полимерной цепи и растворителем. Эта оболочка обеспечивает такие важные в рамках исследовательской работы свойства пектина как растворимость пектина, устойчивость системы, а также способность к гелеобразованию. С использованием полуэмпирического приближения в сочетании с методами молекулярной механики и подходов [1-3] адекватных для построения сольватной оболочки макромолекул мы показали, метанол, будучи органическим растворителем с высокой полярностью и способностью образовывать водородные связи, оказывает влияние на сольватную оболочку, которое заключается в таких явлениях, как конкуренция с молекулами воды за водородные связи, снижение диэлектрической проницаемости среды, дегидратация макромолекул пектина, а также их выпадение в осадок, и переход от развёрнутой конформации молекулы к более компактной глобуле.

Литература

1. Quantum chemical semi-empirical approach in transition-state-shape-selectivity-based catalytic activity prediction: application to zeolites. Vakulin I.V., Rakhmanov D., ... // Catalysis Surveys from Asia. 2025.
2. Theoretical substantiation of the possibility of predicting the catalytic activity of carbon nanotubes in the diels-alder reaction // Vakulin I.V., Talipov R.F., Yakupov I.Sh., Fakhretdinov D.Sh., Latypova E.R. Catalysis Letters. 2024. Т. 154. № 3. С. 1284-1295.
3. Homochiral zeolites as chiral modifier for voltammetry sensors with high enantioselectivity. Vakulin I.V., Zilberg R.A., Galimov I.I., Sycheva M.A. // Chirality. 2023. Т. 36. № 2. С. e23635.

© Хамидуллин Г.Е., Кулиш Е.И., Вакулин И.В., 2026

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ ВЛИЯНИЯ ГЛИЦЕРИНА НА СОЛЬВАТНУЮ
ОБОЛОЧКУ ПЕКТИНА В РАСТВОРЕ

Хамидуллин Г.Е., Кулиш Е.И., Вакулин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Как ранее было выявлено экспериментальными, а также расчетными методами, влияние одноатомных спиртов на сольватную оболочку (в частности метанола) заключается в дестабилизации сольватной оболочки пектина за счёт конкуренции с водой и снижения диэлектрической проницаемости среды. Это может привести к осаждению пектина или изменению его конформации.

В ходе исследования с использованием апробированных методов квантовой химии [1-3] было выявлено, что влияние многоатомных (в частности, глицерина) и одноатомных спиртов отличается. Это проявляется в таких эффектах как усиление сольватации, за счет способности гидроксильных групп глицерина образовывать обширную сеть водородных связей с молекулами воды и функциональными группами пектина, повышение вязкости раствора, пластифицирующий эффект, за счет образования жёстких межмолекулярных связей между цепями пектина, а также защита от замерзания

Таким образом было выявлено, что метанол может дестабилизировать сольватную оболочку пектина за счёт конкуренции с водой и снижения диэлектрической проницаемости среды. Это может привести к осаждению пектина или изменению его конформации. А глицерин, в свою очередь, стабилизирует сольватную оболочку, усиливая водородные связи и повышая вязкость раствора. Он способствует сохранению растворимости пектина и улучшает эластические свойства гелей.

Литература

1. Quantum chemical semi-empirical approach in transition-state-shape-selectivity-based catalytic activity prediction: application to zeolites. Vakulin I.V., Rakhmanov D., et al. // Catalysis Surveys from Asia. 2025.
2. Theoretical substantiation of the possibility of predicting the catalytic activity of carbon nanotubes in the diels-alder reaction // Vakulin I.V., Talipov R.F., Yakupov I.Sh., Fakhretdinov D.Sh., Latypova E.R. Catalysis Letters. 2024. Т. 154. № 3. С. 1284-1295.
3. Homochiral zeolites as chiral modifier for voltammetry sensors with high enantioselectivity. Vakulin I.V., Zilberg R.A., Galimov I.I., Sycheva M.A. // Chirality. 2023. Т. 36. № 2. С. e23635.

© Хамидуллин Г.Е., Кулиш Е.И., Вакулин И.В., 2026

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИСАХАРИДНЫХ МАТРИКСОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОХЛОРИДА ХИТОЗАНА

Ню Хаожань, Цинь Нин, Алмаев Б.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В настоящий момент предложено множество перспективных биоматериалов для применения в тканевой инженерии и для создания ранозаживляющих покрытий. Одним из наиболее перспективных материалов является хитозан и его производные, такие как гидрохлорид хитозана (ГХТЗ), которые являются привлекательными для медицинского применения, т.к. обладают рядом преимуществ, среди которых можно выделить биосовместимость, бактериостатичность, способность к биорезорбции. В то же время применение подобных материалов ограничено из-за ряда проблем. Одной из наиболее выраженных проблем являются низкие физико-механические показатели материалов на основе данных соединений [1]. Одним из наиболее доступных способов управления свойствами материалов является применение модифицирующих добавок и варьирование количественного содержания компонентов в смеси.

Образцы ранозаживляющих покрытий получали разливом формовочного раствора полимеров в чашки Петри диаметром 84 мм, после чего замораживали при температурах -80°C в течение 3,5 часов. Затем формы с полимерными растворами помещали в лиофильную сушилку FLOM FD-1600B и сушили при давлении 0,1 Па в течение 48 часов. Изучение физико-механических свойств пленочных материалов проводили на универсальной разрывной машине AGS-10 kNG "Trapezium-X" марки «Shimadzu», с ПО «PlasticTensileTest» в соответствии с ГОСТ 14236-81. Результаты физико-механических испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические показатели образцов, полученных на основе исходных растворов различного состава

Состав исходного раствора, % масс.	Напряжение при разрыве (σ), Н/мм ²	Относительное удлинение при разрыве ($\Delta l/l$), %
3% ГХТЗ	0,0144	6,99
4% ГХТЗ	0,0169	6,39
5% ГХТЗ	0,0245	3,19
6% ГХТЗ	0,0244	3,41

3% ГХТЗ + 1% глицерин	0,0095	8,71
3% ГХТЗ + 0,25% ZnSO ₄	0,0086	2,79
3% ГХТЗ + 1% глицерин + 0,25% ZnSO ₄	0,0234	4,95

По результатам физико-механических испытаний можно отметить, что увеличение содержания полимера в исходном растворе приводит к пропорциональному увеличению прочности (σ) и уменьшению эластичности ($\Delta l/l$) материала, что может быть обусловлено уменьшением степени пористости материала, вследствие увеличения объемной доли полимера. При этом, введение глицерина резко снижает прочность и повышает эластичность материала, что может быть обусловлено его пластифицирующими свойствами, или увеличением степени пористости материала за счет криопротекторных свойств глицерина, который противодействует протеканию процесса коллапса пор на этапе лиофильной сушки. Примечательно, что введение гелеобразователя (ZnSO₄) приводит к разрушению структуры материала, резко снижая как прочность, так и эластичность. В то же время, введение гелеобразователя в комбинации с глицерином резко увеличивает показатели прочности, превосходя материалы на основе индивидуального ГХТЗ (на 62,5%), но, одновременно с этим, в меньшей степени снижая показатели эластичности (на 29,2%).

Мы установили возможность управления физико-механическими показателями полисахаридных матриц на основе гидрохлорида хитозана за счет введения модифицирующих добавок различной природы и за счет варьирования количественного содержания компонентов в исходном растворе. Наиболее перспективными по комбинации показателей прочности и эластичности являются материалы, сочетающие глицерин и ZnSO₄ в качестве модифицирующих добавок.

Литература

1. Mohammed, Aiman Saleh A., Muhammad Naveed, and Norbert Jost. "Polysaccharides; classification, chemical properties, and future perspective applications in fields of pharmacology and biological medicine (a review of current applications and upcoming potentialities)." *Journal of Polymers and the Environment* 29.8 (2021): 2359-2371.
2. Бабунова М. В. Получение ранезаживляющих покрытий на основе смесей некоторых полисахаридов / М. В. Бабунова, К. В. Набутова, Г. С. Яхина // *Вестник Технологического университета*. – 2025. – Т. 28, № 6. – С. 42-47.

© Хаожань Нью, Нин Цинь, Алмаев Б.Ф., 2026

Актуальность применения геллановой камеди определяется растущей потребностью в биосовместимых, безопасных и технологически управляемых полимерных материалах для медицины и фармацевтики. В фармацевтике геллановая камедь широко применяется в качестве загустителя, стабилизатора и матричного компонента для создания систем контролируемого высвобождения лекарственных веществ. Она используется при разработке пероральных, офтальмологических и назальных форм. Особый интерес представляют *in situ* гелеобразующие системы, где жидкая лекарственная форма при введении в организм превращается в гель под действием ионов или изменения температуры. Это обеспечивает пролонгированное высвобождение активного вещества и повышает его биодоступность.

Изучение реологических свойств растворов геллановой камеди важно с точки зрения процесса получения оптимальной лекарственной формы. В зависимости от вязкостных и реологических характеристик раствор полимера может быть рекомендован к разработке той или иной лекарственной формы.

В ходе работы были приготовлены водные растворы геллановой камеди в широком диапазоне концентраций. Реологические измерения водных растворов полимера проводились на модульном динамическом реометре Нааке Mars III при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$ в режиме сдвигового деформирования

Полученные результаты показали, что для исследованных растворов полимера можно выделить наличие трех концентрационных режимов – разбавленного, полуразбавленного и концентрированного. Полуразбавленные растворы геллановой камеди проявляют ярко выраженное псевдопластическое (сдвигоразжижаемое) поведение: с увеличением скорости сдвига наблюдается снижение эффективной вязкости. Для концентрированных растворов зафиксировано появление предела текучести, что указывает на формирование пространственной сетки за счет ассоциации полимерных цепей.

Это позволяет создавать композитные системы с заданными характеристиками – от мягких гелей до более жестких структур, устойчивых к механическим нагрузкам.

Таким образом, геллановая камедь является универсальным и высокоэффективным материалом для разработки современных лекарственных форм и биомедицинских систем.

© Хасанова А.И., Нурвалиева К.Р., 2026

УДК 678.7

РАЗРАБОТКА ПРЕПРЕГОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА С ВВЕДЕНИЕМ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Чжан Циюэ, Псянчин А.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Углеродсодержащие полимерные композиционные материалы занимают важное место среди современных конструкционных материалов. Их востребованность обусловлена сочетанием высокой удельной прочности и жёсткости, низкой плотности, а также стойкости к воздействию эксплуатационных факторов. Благодаря этим свойствам углепластики применяются в авиационной, автомобильной, судостроительной, строительной и других отраслях промышленности.

Вместе с тем получение традиционных углепластиков на основе термореактивных связующих связано с рядом технологических ограничений. Производственный цикл включает подготовку и пропитку армирующего наполнителя, укладку слоёв, формование заготовки и последующее отверждение полимерной матрицы. Одним из направлений повышения технологичности производства углепластиков является применение термопластичных препрегов.

Целью работы являлось получение термопластичных препрегов на основе углеродной ткани и последующее исследование физико-механических характеристик гибридных композиционных материалов, содержащих как термопластичные, так и реактопластичные полимерные материалы. Показатели ударной вязкости и физико-механических характеристик получаемых материалов представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства образцов

Образец	Ударная вязкость, Дж/м ²	Модуль упругости при изгибе, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Деформация при изгибе, %
ПП401/4УТ	177735,08	1986,15	12,2391	0,79749
ПП350/4УТ	16491,93	1171,71	13,0557	1,28155
ПВД/4УТ	12572,24	7430,7	39,9394	0,57213

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

© Чжан Циюэ, Псянчин А.А., 2026

УДК 678.7

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Чжан Шиюань, Псянчин А.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Производство термопластичных полимеров ежегодно возрастает благодаря их доступности, химической стойкости, способности к быстрому формованию и возможности вторичной переработки. Кроме того, термопласты позволяют получать наполненные композиционные материалы методом экструзии и переработки в расплаве. Углеродное волокно широко применяется как армирующий наполнитель для реактопластичных полимеров, однако рост объемов использования углепластиков требует разработки рациональных способов их утилизации. Одним из перспективных направлений является применение регенерированного углеволокна, полученного при механическом измельчении углепластиков, в качестве наполнителя для полипропиленовой матрицы.

Целью работы являлось получение и исследование полимерных композиционных материалов на основе вторичного полипропилена, модифицированного углеволокном из переработанных углепластиков. Исходные углепластиковые образцы измельчали на низкоскоростном измельчителе MO-Di-Tech, после чего полученное углеволокно смешивали со вторичным полипропиленом в пластографе Brabender при 190 °С и 30 об/мин в течение 10 минут. Образцы формовали прессованием на гидравлическом прессе Carver при 190 °С и усилии 5000 кгс.

Таблица 1

Физико-механические свойства образцов

Содержание углеволокна, % мас.	Ударная вязкость, Дж/м ²	Модуль упругости при изгибе, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Деформация при изгибе, %
0	11123,28	293,901	9,32328	4,27278
5	6395,17	1620,42	23,1243	2,02817
10	5113,21	1631,8	24,0728	2,01683
15	4542,01	1643,15	24,1678	2,38207
20	4295,66	1735,67	22,0014	1,58432

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

© Чжан Шиюань, Псянчин А.А., 2026

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА
И ПЛАВОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Шайдиянов А.И.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Технология получения полиэтилентерефталата (ПЭТФ) является довольно отработанным технологическим процессом, однако сопровождается образованием значительных количеств производственных отходов, образующихся при наладке оборудования или при отклонении от технологического режима. Вовлечение в рециклинг поликонденсационных отходов ПЭТФ сопровождается некоторыми сложностями, поскольку они хоть и обладают сходной химической природой с товарным ПЭТФ, но имеют отличия в структуре макромолекулы, молекулярной массе и степени кристалличности и др. Целью настоящей работы стало изучение возможности вовлечения отходов ПЭТФ в рециклинг за счет получения композиционных материалов на основе другого крупнотоннажного полимера (полипропилена (ПП)) для создания материала с требуемыми эксплуатационными свойствами.

Для создания полимерных композитов использовали полипропилен и плавы ПЭТФ АО «ПОЛИЭФ». Гомогенизация композиций осуществлялась в расплаве на лабораторной станции "PlastographEC" (Brabender, Германия) при температуре 190°C, со скоростью вращения роторов 30 об/мин, в течение 10 мин. Содержание плавов ПЭТФ в композите варьировалось от 1 до 30 %. Предварительно плавы ПЭТФ измельчались на низкоскоростном грануляторе MO-Di-Tech до гранул размером 3–5 мм с целью усреднения состава и осушивались при температуре 50 °C в течение 24 ч. Изготовление образцы типа 1BA для испытаний на одноосное растяжение (ГОСТ 11262-2017) и брусков для испытаний на статический изгиб (ГОСТ 4648-2014) и ударную вязкость по Шарпи (ГОСТ 4647-80) осуществляли методом горячего прессования на прессе AutoMH-NE (Carver, США) при следующих условиях: 210°C, выдержке под давлением 5000 кгс, 10 мин. Физико-механические свойства полимерных композитов при растяжении и трехточечном изгибе определяли на разрывной машине Shimadzu AGS-X (Shimadzu, Япония). Деформационно-прочностные свойства полимерных композитов определялись на автоматическом маятниковом копре Gotech (Gotech, Тайвань).

Установлено, что введение в ПП плавов ПЭТФ практически не сопровождается ухудшением его физико-механических характеристик как при растягивающих, так и при изгибающих деформациях, однако приводит к значительному ухудшению ударной вязкости, возможно вследствие отсутствия совместимости компонентов.

© Шайдиянов А.И., 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ, НАПОЛНЕННОЙ ТАЛЬКОМ

Шамсутдинов С.К. Симонова А.Н., Псянчин А.А., Садыков Т.Т.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Полимеры на основе акрилатов широко используются в современных технологиях, в том числе при производстве фотополимерных смол для 3D-печати. Для модификации эксплуатационных свойств таких материалов применяют различные наполнители, включая мел, микросферы и другие порошки, химически инертные по отношению к полимерной матрице. В последние годы особый интерес представляет использование талька в качестве наполнителя, что обусловлено его доступностью, низкой стоимостью и способностью изменять свойства композиционного материала. В связи с этим целью данной работы являлось определение влияния талька на физико-механические свойства фотополимерной смолы.

Образцы были изготовлены методом УФ-печати на 3D-принтере PHOTON MONO M5s PRO. Предварительно в специализированном программном обеспечении были разработаны модели лопаток и брусков, предназначенных для проведения механических испытаний. Продолжительность печати составляла 20 минут. Физико-механические свойства полученных образцов определяли методом испытания на растяжение с использованием универсальной разрывной машины Shimadzu AGS-X со скоростью движения зажимов 1 мм/мин для определения модуля упругости и 5 мм/мин для остальных характеристик.

Таблица 1

Физико-механические свойства композитов

Содержание наполнителя, % мас.	Модуль упругости, МПа	Прочность при растяжении, МПа	Относительная деформация при растяжении, %
0	935,73	26,14	7,98
5	944,30	23,32	4,27
10	944,91	23,21	4,27
15	949,97	20,89	4,01
20	1126,46	20,15	3,74

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

© Шамсутдинов С.К., Симонова А.Н., Псянчин А.А., Садыков Т.Т., 2026

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ ПЕКТИН –
НАТРИЕВАЯ СОЛЬ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Шихмуратова Р.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Смеси природных полисахаридов занимают важное место среди функциональных материалов благодаря их биосовместимости, доступности и способности к формированию структур с регулируемыми свойствами. Особый интерес представляют системы на основе пектина и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ), являющихся анионными полимерами, широко применяемыми в различных отраслях. Совместное использование этих полимеров открывает возможности для создания систем с новыми реологическими характеристиками.

Реологическое поведение смесей пектина и Na-КМЦ определяется как индивидуальными свойствами компонентов, так и их межполимерными взаимодействиями. При смешении полимеров могут формироваться как гомоагрегаты, так и гетероагрегаты.

В ходе проведения реологических измерений водных растворов смеси полимеров пектина и Na-КМЦ на модульном динамическом реометре Haake Mars III было обнаружено, что при их смешении во всем изученном диапазоне концентраций формируются гомоагрегаты.

Тип образующихся агрегатов будет одним из определяющих факторов, оказывающих значительное влияние на свойства материалов, формирующихся из растворов полимеров. Поэтому варьируя структурообразование полимеров в растворе появляется возможность регулировать физико-химические свойства сформированного материала.

Практическая значимость таких систем определяется их широким применением. В фармацевтике смеси пектина и Na-КМЦ используются для создания матриц пролонгированного высвобождения лекарственных веществ, где реологические параметры определяют диффузию и деградацию материала. В медицине данные системы перспективны для разработки раневых покрытий и гидрогелей, обладающих способностью удерживать влагу и обеспечивать контролируемую доставку биологически активных соединений.

Таким образом, исследование реологических свойств смесей пектин–Na-КМЦ является актуальным направлением, направленным на понимание механизмов структурообразования и течения многокомпонентных полисахаридных систем. Это знание позволяет целенаправленно конструировать материалы с заданными функциональными характеристиками, востребованными в современных технологиях медицины, фармацевтики и пищевой индустрии.

© Шихмуратова Р.Р., 2026

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ НАПОЛНЕНИЯ
ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА НА АТМОСФЕРОСТОЙКОСТЬ

Яхина Г.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Поливинилиденфторид (ПВДФ) относится к классу термопластичных полимеров, физические состояния которых способны меняться под температурным воздействием, но при этом сохраняются химические свойства. Такие полимеры отличаются химической стойкостью, прочностью, легкостью и возможностью вторичной переработки, но подвержены старению под действием кислорода воздуха, окислителей и ультрафиолетового излучения.

Процесс старения полимеров представляет собой изменение молекулярной структуры полимера и приводит к изменению его свойств. Процесс сопровождается повышением жесткости и хрупкости материала, снижением механической прочности и эластичности, изменением цвета и образованием шероховатой поверхности. Предотвращения процесса старения можно достичь путем добавления специальных стабилизаторов и наполнителей.

ПВДФ представляет собой полимер, обладающий высокой прочностью, износо- и атмосферостойкостью. Применяется ПВДФ в областях, где требуется устойчивость к агрессивным химическим средам и высочайшая чистота. В данной работе в качестве наполнителей ПВДФ использовались стекловолокно (СВ) и алюмосиликатные полые микросферы (АСМ), устойчивые к высоким температурам и истиранию. СВ отличается устойчивостью к ударам, воздействию химических веществ, трению, обладает небольшим весом, высокой огнестойкостью и экологическими характеристиками. АСМ являются компонентами зольных отходов тепловых электростанций и представляют собой стеклокристаллические алюмосиликатные шарики, внутренняя полость которых заполнена азотом и диоксидом углерода. Частицы АСМ обладают низкой плотностью, инертностью к растворителям, кислотам и щелочам, низкой теплопроводностью и высокой прочностью.

Цель работы заключалась в предварительной оценке стойкости материалов на основе ПВДФ в присутствии неорганических наполнителей АСМ и СВ к факторам внешней среды при ускоренном климатическом старении материалов в условиях, приближенных к натурным.

Для оценки стойкости материалов к факторам внешней среды было проведено климатическое старение материалов на везерометре QUV производства Q-Lab (Огайо, США). Для проведения испытаний по воздействию УФ-излучения без орошения задается цикл испытаний,

включающий в себя УФ-излучение (интенсивность излучения 0,89 Вт/м² при 340 нм, температура 450С). Длительность излучения 240 ч. Одним из показателей атмосферостойкости является изменение физико-механических характеристик материалов под действием факторов окружающей среды. Результаты исследования зависимости физико-механических характеристик композиций ПВДФ – АСМ, определенных в эксперименте на разрыв, от содержания наполнителя до и после воздействия УФ-излучения на воздухе представлены на рис. 1.

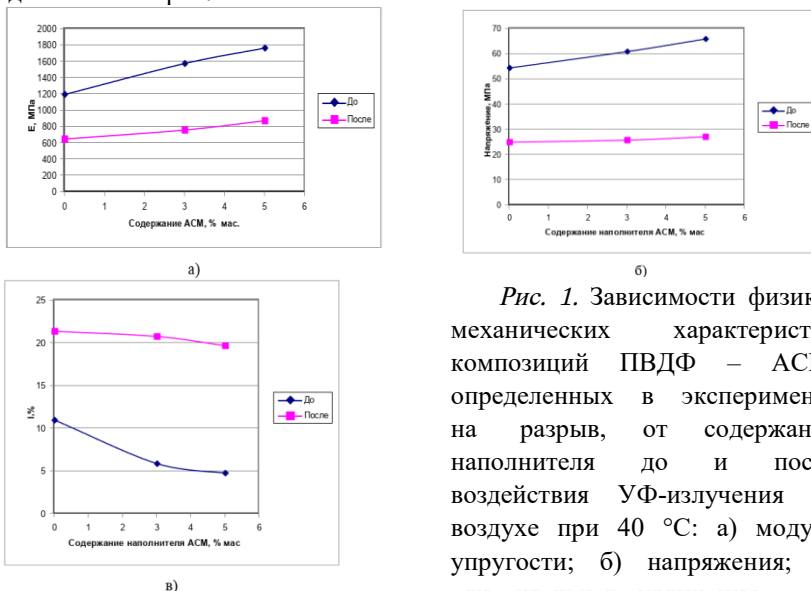


Рис. 1. Зависимости физико-механических характеристик композиций ПВДФ – АСМ, определенных в эксперименте на разрыв, от содержания наполнителя до и после воздействия УФ-излучения на воздухе при 40 °С: а) модуля упругости; б) напряжения; в) относительного удлинения.

В результате исследований композиционных материалов на основе ПВДФ, наполненных неорганическими наполнителями (СВ и АСМ) установлено, что характер зависимостей модуля упругости, разрывного напряжения и разрывного удлинения от соотношения компонентов после воздействия факторов внешней среды аналогичен подобным зависимостям немодифицированных образцов.

Литература

1. Бабунова, М. В. Влияние силикатсодержащих наполнителей на перерабатываемость и свойства полимерных композиций на основе поливинилиденфторида / М. В. Бабунова, К. В. Набутова, Г. С. Яхина // Вестник Технологического университета. – 2025. – Т. 28, № 12. – С. 49-53.

© Яхина Г.С., 2026

СЕКЦИЯ
«ХИМИЯ: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ»

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ БУДЕСОНИДА В
МЯГКОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЕ

Алексеев С.Г.

*Институт органического синтеза имени И.Я. Постовского Уральского
отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия*

В ходе предыдущих исследований была впервые получена фармацевтическая композиция в виде мягкой лекарственной формы для лечения воспалительных дерматозов, содержащая в качестве основы кремнийцинкборсодержащий глицерогидрогель, а в качестве активного компонента – глюкокортикостероид будесонид. Композиция нетоксична, обладает выраженной противовоспалительной, противоаллергической активностью и антимикробным действием, исключает формирование резистентности микроорганизмов, а также дополнительно обеспечивает репаративное, регенерирующее действие и интракутанную доставку активного вещества [1]. Для дальнейшего применения фармацевтической композиции необходимо провести стандартизацию в соответствии с действующей на территории Российской Федерации нормативной документацией. Целью данной работы является разработка методики количественного определения содержания будесонида в композиции и её валидация.

Для количественного определения будесонида предложен метод ультрафиолетовой спектроскопии (УФ-спектроскопия). Определение содержания будесонида проводили на пяти модельных растворах, содержащих 80, 90, 100, 110 и 120 мас.% целевого вещества по характерной полосе поглощения 243 нм. Для каждого модельного раствора было выполнено пять параллельных измерений и вычислены следующие параметры валидации: линейность, специфичность, правильность, прецизионность и аналитическая область.

Показано, что методика количественного определения будесонида в исследуемой фармацевтической композиции удовлетворяет критерию линейной зависимости в аналитической области определения. Специфичность методики подтверждено анализом образца композиции без целевого вещества, по отсутствию полосы поглощения, характерной для будесонида. Статистическая обработка результатов показала, что найденный коэффициент корреляции соответствует условию $|r| \geq 0,95$; доверительный интервал входит в 3% искомой величины.

Таким образом, представленная методика количественного определения будесонида методом УФ-спектроскопии является валидируемой и может быть рекомендована для стандартизации новой фармацевтической композиции в виде мягкой лекарственной формы для лечения воспалительных дерматозов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проекта государственного задания (№ гос. рег. 124020500044-4).

Литература

1. Патент № 2859799 (РФ). Средство для лечения воспалительных дерматозов, в том числе осложненных бактериальной и/или грибковой инфекцией / Н.В. Кунгуров, Н.В. Зильберберг, М.М. Кохан и др. 2026.

© Алексеев С.Г., 2026

УДК 550.8.056

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КОЛЛЕКТОРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ RA^{226} , Th^{232} , K^{40}

Алимова М.Р., Вахитова Г.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Необходимость количественной интерпретации сложных пород-коллекторов углеводородов (УВ) требует более детального изучения геологического разреза скважин и формирования диагностических признаков на основе измерений естественной гамма активности образцов керна, содержащих радионуклиды.

Цель работы заключается в выявлении критериев для интерпретации и оценки коллекторов УВ на основе анализа результатов прямых измерений удельной активности изотопов химических элементов RA^{226} , Th^{232} , K^{40} .

Для определения удельной активности образцов керна применялся спектрометрический комплекс РГК-АТ1320С (производство НПУП «Атомтех»). Отбор образцов произведён в трёх глубинных интервалах по разрезу исследуемых скважин. Информация, полученная в ходе лабораторного анализа, послужила основой для последующей геологической интерпретации и выработки критериев идентификации коллекторов.

В ходе обработки данных сформирована система признаков, позволяющих на основе абсолютных значений и отношений удельной активности трёх радионуклидов дифференцировать породы по качеству коллектора. Если фиксируются минимальные (фоновые) величины удельной активности для всех трёх элементов – RA^{226} , Th^{232} , K^{40} , – то это интерпретируется как отсутствие глинистой фракции и аксессуарных минералов-концентраторов. Такие породы (пример – чистые кварцевые песчаники или карбонаты) обладают наилучшими ёмкостными характеристиками и высокой проницаемостью. Повышенные значения Th^{232} (>50 Бк/кг) сочетаются с низкой активностью K^{40} (<400 Бк/кг). Это указывает на наличие в породе устойчивых минералов тяжёлой фракции (монацит, циркон). Глинистый материал практически отсутствует. Несмотря на

возможное снижение фильтрационных свойств из-за цементации, такие зоны могут оставаться нефтенасыщенными.

Резкое возрастание удельной активности K^{40} (выше 800 Бк/кг) вне зависимости от поведения Th^{232} и Ra^{226} однозначно свидетельствует о высоком содержании гидрослюдистых минералов (иллит) или калиевых полевых шпатов. Глинизация блокирует поровое пространство, поэтому интервалы с таким радиоактивным сигналом относятся к категории плохих коллекторов либо флюидоупоров (покрышек).

Наиболее важный диагностический критерий: аномально высокая (более 100 Бк/кг) активность Ra^{226} при умеренных или пониженных значениях Th^{232} и K^{40} . Этот феномен объясняется миграцией радия в пластовых водах и последующим осаждением на геохимических барьерах, связанных с залежью УВ. Появление такого ореола служит надёжным признаком контакта вода–нефть. Сравнительный анализ лабораторных измерений удельной активности Ra^{226} , Th^{232} , K^{40} с кривой естественной гамма-активности (ГК), зарегистрированной в скважинах, продемонстрировал устойчивую положительную корреляцию. Это подтверждает применимость выделенных критериев для обработки непрерывных каротажных записей. По результатам выполненных исследований для каширо-подольских отложений обосновано корреляционное уравнение, связывающее керновые измерения удельной активности Ra^{226} , Th^{232} , K^{40} с показаниями гамма-каротажа. С использованием треугольной диагностической диаграммы в координатах Th – K – Ra проведена типизация пород по литологическому составу.

Вектор последующих исследований будет направлен на построение прогнозных моделей для выявления зон повышенной трещиноватости, фильтрационных каналов, областей обогащения органическим веществом и оконтуривания перспективных коллекторов УВ.

Таким образом, в работе определены диагностические критерии с целью решения геологических задач при интерпретации сложных коллекторов УВ.

Литература

1. Баймухаметов К.С., и др. Геологическое строение и разработка Арланского нефтяного месторождения. Уфа: РИЦ АНК «Башнефть», 1997. 368 с.
2. Хазипов Р.Г., Ступакова А.В. Типы коллекторов каширского горизонта среднего карбона в пределах Мелекесской впадины и Южно-Татарского свода. Георесурсы. 2017. Т. 19. № 3. Ч. 2. С. 250-254.
3. Привалова О.Р., и др. Петрофизическая модель карбонатных каширо-подольских отложений северо-западной части Башкортостана: история и эволюция // Экспозиция Нефть Газ. 2025. № 1. С. 57–61.
4. Вахитова Г. Р., Алимова М. Р. Экспериментальное исследование удельной гамма-активности природных радионуклидов // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. – 2025. – №3. – С. 12-26.

© Алимова М.Р., Вахитова Г.Р., 2026

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ
ПРИРОДНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ
НЕФТЕПРОДУКТОВАндрьянцева С.А.¹, Лупова И.А.¹, Зайцев Ф.И.², Андрьянцева А.П.²¹ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-
МСХА имени К.А. Тимирязева»

Проблема снижения плодородия почвы в результате накопления нефтепродуктов является актуальной проблемой промышленных городов.

К основным лабораторным методам исследования качества почвы на наличие нефтепродуктов относят методы, в основе которых лежит извлечение нефтепродуктов из проб почв органическими растворителями, например, гексаном [1, 2]. Пробы почв городской черты г. Липецка для исследования степени загрязнения нефтепродуктами почвы отбирали по стандартной методике по правилу креста. По результатам флуориметрического анализа самым высоким содержанием нефтепродуктов обладают почвы с территории трассы ($0,0592 \pm 0,0092$ мг/г), низкие содержания у почв, отобранных с территории поля ($0,0132 \pm 0,0032$ мг/г) [3].

Для исследования влияния способов очистки на качество почвы применялись адсорбционные материалы из природного растительного сырья (шелуха семечек, кукурузные початки, скорлупа грецкого ореха) методами термохимической активации кислотами и щелочами с дальнейшей карбонизацией. Для полученных материалов были определены количество и виды пор, сорбционная емкость по йоду, метиленовому голубому и бензолу. Далее было проведено исследование возможности сорбционной доочистки почв полученными сорбентами. [4, 5]. Наиболее лучшим при снижении концентрации нефтепродуктов в почве очищающим показателем обладает сорбент приготовленный из скорлупы ореха с помощью HCl и последующей температурной обработкой, с помощью которого концентрация поллютантов была снижена на 21 %, и сорбентом из фруктовых косточек с температурной обработкой с добавлением H_2SO_4 , концентрация нефтепродуктов была снижена на 25%. Применяемые при исследования сорбционные углеродные материалы нейтрализовали почву и снизили концентрацию нефтепродуктов в почве на 2 - 10 %.

Для оценки возможности применения очищенной от нефтепродуктов почвы для высаживания культур, было проведено биотестирование. В подготовленные образцы почвы вводились природные и промышленные сорбенты для приготовления композитов. Соотношение промышленных и природных сорбентов к массе почвы составило 4,5-5,5 гр. на 60-65 гр. почвы. В качестве индикаторов токсичности используются семена кресс-салата.

Семена проращивали при +25– 27°C в течение 6 суток в почве, загрязненной модельными нефтепродуктами и в загрязненной почве, в которую были введены сорбционные материалы. Энергию прорастания и всхожесть определяют по числу проросших колосков и отдельных зерновок. После достижения ростками высоты 8-10 см их выкапывали, обсушивали, разделяли на части (стебель, корни), измеряли и взвешивали. Наибольшей всхожестью обладают образцы с добавлением сорбентов из побочных продуктов АПК. Наибольшая высота проростков у образцов, в которые были введены углеродные сорбенты, что говорит об эффективности вводе сорбционных углеродных материалов.

Исходя из результатов определения нефтеемкости и проведения биотестирования почв при применении сорбционной очистки для снижения нефтепродуктов в почвах на территории промышленного города предлагается использовать углеродные адсорбционные материалы из побочных продуктов агропромышленного комплекса для улучшения экологической обстановки путем снижения концентрации в почвенном покрове органических поллютантов.

Литература

1. Проблема загрязнения сельскохозяйственных земель нефтепродуктами и оптимальное принятие экологических решений / С. Е. Германова, В. Г.
2. Плющиков, Н.Б. Самброс, Н.В. Петухов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 5(395). – С. 536-539.
3. Анализ методов определения нефтепродуктов в почве при разных уровнях ее загрязнения / Г. А. Ступакова, Е.Э. Игнатьева, А.А. Лапушкина [и др.] // Плодородие. – 2024. – № 5(140). – С. 86-89.
4. ПНДФ 16.1:2.21-98 Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "Флюорат-02" (М 03-03-2012)
5. А.В. Буланова, И.В. Грецкова, О.В. Муратова. Исследование сорбционных свойств сорбентов для очистки почв от нефтяных загрязнений. Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. 2005. № 3(37). С. 150-158.
6. Караваев, В. О. Разработка технологии получения углеродных сорбентов из скорлупы орехов / В.О. Караваев, А. С. Морнева // Тенденции развития современной науки: сборник трудов научно-практической конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета, Липецк, 20 апреля – 10 2022 года.

© Андриянцева С.А., Лупова И.А., Зайцев Ф.И., Андриянцева А.П., 2026

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ТЕМПОРАЛЬНЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Баширова З.А., Мигранова В.Р., Васенина Н.А., Юмакаев Д.С.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Современная электрохимическая диагностика коррозионных процессов требует комплексного подхода, объединяющего методы регистрации электрохимического шума и циклической вольтамперометрии (ЦВА) с алгоритмами машинного обучения (МО) [1]. Особый интерес представляет анализ поведения электродных материалов при темпоральной регистрации вольтамперограмм в условиях внешнего потенциодинамического воздействия. В данной работе исследована возможность идентификации конструкционных материалов по их электрохимическим характеристикам с использованием PCA, t-SNE, ядерного PCA и иерархической кластеризации [2, 3].

Эксперименты проводились в двухэлектродной ячейке в 0.9 % растворе NaCl. Исследованы четыре материала: сталь 1X18H9T, сталь 20X13, углерод (C > 99.9 %) и сталь 38XMЮА. Для каждого образца выполнено 5 серий измерений по 5 циклов в каждой серии (всего 10000 вольтамперограмм). Диапазон потенциалов составлял от -1300 до $+1300$ мВ, скорость развёртки – 6500 мВ/с. Предобработка данных включала стандартизацию и нормализацию [4].

РСА-анализ показал, что первые две главные компоненты объясняют 95.3 % общей дисперсии. Материалы формируют чётко разделяемые кластеры в пространстве PC1–PC2, причём положение кластера коррелирует с химическим составом: высокое содержание хрома (17–19 %) в стали 1X18H9T способствует пассивации и сдвигу в положительную область PC1, тогда как углеродный материал демонстрирует максимальный разброс вследствие сложного характера фоновых электрохимических процессов. t-SNE-визуализация подтвердила хорошую разделимость классов (силуэтный score = 0.739).

Ядерный PCA с RBF-ядром позволил существенно (до 155 раз) повысить компактность кластеров по сравнению с линейным PCA, что свидетельствует о наличии нелинейных зависимостей в данных. Иерархическая кластеризация выявила естественную таксономию материалов: при $k = 2$ стали 20X13 и 38XMЮА объединяются в один кластер, отдельный от углерода и 1X18H9T; при $k = 3$ углерод формирует самостоятельный кластер. Полученные результаты демонстрируют, что методы МО позволяют извлекать полезную информацию из сложных электрохимических сигналов даже при отсутствии выраженных пиков окисления/восстановления.

Разработанный подход может быть использован для неразрушающего контроля и мониторинга коррозионного состояния конструкционных материалов в условиях, когда традиционные методы анализа затруднены.

Таблица

Материал	PC1 (центр)	PC2 (центр)	Разброс	Дисперсия PC1, %
1X18H9T	0.52	–5.17	2.47	85.96
20X13	–9.94	3.91	0.15	85.96
C (углерод)	17.96	1.80	3.79	85.96
38ХМЮА	–8.54	–0.54	0.17	85.96

Литература

1. Bard A.J., Faulkner L.R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. 833 p.
2. Van der Maaten L., Hinton G. Visualizing data using t-SNE // *Journal of Machine Learning Research*. 2008. Vol. 9. P. 2579–2605.
3. Schölkopf B., Smola A., Müller K.-R. Kernel principal component analysis // *Neural Computation*. 1998. Vol. 10, № 5. P. 1299–1319.
4. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python // *Journal of Machine Learning Research*. 2011. Vol. 12. P. 2825–2830.

© Баширова З.А., Мигранова В.Р., Васенина Н.А., Юмакаев Д.С., 2026 г.

УДК 665.52:66.095.26

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МОНОЭТАНОЛАМИНА В ДЕГАЗИРУЮЩИХ СРЕДСТВАХ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО МОДИФИКАЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК

Бодров А.А., Семенов И.С.

Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Россия

Моноэтаноламин (МЭА) является одним из наиболее широко применяемых химических соединений в нефтегазовой промышленности, в частности, в дегазирующих средствах, предназначенных для очистки газов от кислых компонентов, таких как углекислый газ (CO_2) и сероводород (H_2S). Его многофункциональные свойства обусловлены уникальной химической структурой, позволяющей эффективно связывать кислые газы, уменьшать коррозионное воздействие на оборудование и стабилизировать нефтепродукты.

Роль моноэтаноламина в дегазирующих средствах. В нефтегазовой отрасли МЭА является ключевым компонентом аминных систем очистки газа – процессов, направленных на удаление кислотных компонентов из природных и попутных нефтяных газов (ПНГ). Очистка необходима для предотвращения коррозии оборудования, улучшения качества газа и снижения вредных выбросов в атмосферу.

МЭА используется в основном в виде водного раствора (обычно 20...30%) и взаимодействует с кислотными газами по реакциям абсорбции и химического связывания. Это позволяет:

- эффективно удалять CO_2 и H_2S , снижая уровень содержания этих газов до нормативных требований;
- производить регенерацию абсорбента нагреванием, освобождая связанный газ и возвращая МЭА для повторного использования, что повышает экономическую эффективность производства;
- предотвращать образование коррозионно-активных сред благодаря повышению pH и образованию защитных пленок.

Кроме аминных очистительных функций, МЭА используется для стабилизации нефтепродуктов: предотвращает их окисление, образование осадков и способствует повышению срока их хранения и транспорта.

Основные направления модификации:

- синтез производных МЭА: примером является метилдиэтаноламин (МДЭА), обладающий более высокой способностью к абсорбции и низкой коррозионной активностью. МДЭА характеризуется более низким давлением насыщенных паров, что снижает потерю растворителя и увеличивает устойчивость к термической деструкции;
- химическая стабилизация составов: добавление стабилизаторов и ингибиторов коррозии снижает агрессивное воздействие растворов МЭА на оборудование, продлевая срок службы систем;
- полимеризация и комплексные добавки: формирование нефтеполимерных смол на базе аминов улучшает механические и химические свойства композиционных материалов, что может быть полезно для улучшения абсорбционных систем и фильтрационных материалов;
- нанотехнологии и мембранные системы: исследования показывают перспективы создания наноструктурированных форм МЭА и композитов, которые обладают высокой площадью поверхности и ускоренными процессами поглощения газов, что может существенно увеличить производительность очистки при снижении энергозатрат [2].

Термостойкость и регенерация. Особое внимание уделяется улучшению регенерации абсорбентов с высокой термостойкостью, что позволяет сократить потери амина и уменьшить затраты на эксплуатацию. Для этого применяются химические присадки и инновационные технологические решения, которые снижают образование продуктов деструкции и улучшают цикл абсорбция-регенерация [1].

Экологичность и безопасность. Разработка новых форм МЭА с меньшей токсичностью и улучшенными экологическими характеристиками – один из приоритетов, учитывая значительный объем использования амина и потенциальное воздействие его остатков и разложенных продуктов. Важно не

только уменьшить коррозионное воздействие, но и минимизировать выделение вредных веществ в окружающую среду [2].

Аналитические методы и контроль качества. Для успешного применения МЭА важно использование современных методов контроля качества растворов. Это включает экспресс-методы индикации концентрации аминов, мониторинг продуктов деструкции и коррозионной активности, что обеспечивает своевременное корректирование технологических параметров и продление срока службы оборудования [1].

Закключение. Дальнейшие научные исследования и технологические инновации по модификации моноэтаноламина способны значительно расширить границы его применения и улучшить экологические и экономические показатели современных газоочистных процессов, что имеет важное значение для нефтегазовой индустрии и устойчивого развития энергетического сектора.

Литература

1. Петухова М.С., Шкаруппа С.П. Токсическое воздействие моноэтаноламина (МЭА) на окружающую среду. Использование метилдиэтаноламина в качестве абсорбента для очистки газа от CO_2 И H_2S // Научный Лидер. 2024. №16 (167)
2. Шантроха А.В., и др. Анализ продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ гибридными методами. // Ж. Рос. Хим. Об-ва Д.И. Менделеева, 2007 Т. L1, №2. С. 121-125.

© Бодров АА., Семенов И.С., 2026

УДК 636.085.6:661.722.098.4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ С ПОЛУЧЕНИЕМ КОРМОВ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Гаффарова Э.Р., Фархутдинов Р.Г., Григориади А.С.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Актуальность исследования. В условиях современного спиртового производства остро стоит проблема утилизации побочных продуктов перегонки. Ежегодно в России образуется около 10 млн тонн послеспиртовой барды, а на одном предприятии мощностью 3000 дал спирта в сутки её объём достигает 300–350 м³ [4]. Жидкая барда содержит всего до 8% сухих веществ и способна храниться без переработки не более 1–2 суток, после чего начинается её быстрое разложение, сопровождающееся высокой микробиологической нагрузкой [3]. Это приводит к загрязнению почвы и водных объектов, а транспортировка жидкого отхода становится экономически нецелесообразной.

Сырьевой потенциал барды. Несмотря на экологическую опасность, послеспиртовая барда содержит ценные питательные вещества: белок,

дрожжевую массу, клетчатку и витамины группы В. Она представляет собой взвесь, состоящую на 72% из растворимой и на 28% из нерастворимой (дробина) фракций [3]. В настоящее время на многих заводах дробина после центрифугирования высушивается и используется на корм скоту, а жидкая часть сливается в канализацию [1]. Это свидетельствует о нерациональном использовании ресурсов и необходимости внедрения комплексной безотходной технологии.

Предлагаемое техническое решение. Разрабатываемая технология предполагает переработку жидкой послеспиртовой барды не в чистом виде, а в составе многокомпонентной кормовой смеси. В качестве дополнительных ингредиентов предлагается использовать свекловичный жом (богатый клетчаткой) и костру льна (источник лигнина и балластных веществ), а также пробиотики для улучшения пищеварения у крупного рогатого скота. Технологический процесс включает смешивание компонентов, гранулирование и сушку, что позволяет получить стабильный при хранении продукт с высокой питательной ценностью.

Экономическая и экологическая эффективность. Переход от утилизации жидкой барды к её промышленной переработке позволяет решить две ключевые проблемы. Во-первых, предотвращается сброс органических отходов в канализацию, что снижает техногенную нагрузку на окружающую среду и соответствует экологическим требованиям. Во-вторых, ликвидируются затраты на вывоз жидкой барды, а сам отход превращается в дополнительный источник дохода за счёт производства комбикормов для КРС. Такое решение вписывается в стратегию создания малоотходных, энерго- и ресурсосберегающих производств.

Соответствие законодательству. Предлагаемый проект не противоречит действующим нормативным актам РФ, в частности статье 8, пункту 5 Федерального закона № 171-ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции», что подтверждает его правовую допустимость [2].

Заключение. Разработка технологии переработки жидкой послеспиртовой барды в гранулированный комбикорм с добавлением жома, костры льна и пробиотиков представляет собой экологически обоснованное и экономически целесообразное решение. Оно позволяет уйти от практики сброса жидкой фракции в канализацию, вовлечь в хозяйственный оборот ценные вторичные ресурсы и создать дополнительную кормовую базу для животноводства.

Литература

1. Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К. Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе. – М.: Наука, 1965. – 375 с.
2. ГОСТ Р 53098-2008. Барда кормовая. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 11 с.

3. О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции: Федеральный закон № 171-ФЗ : ст. 8, п. 5. – Москва, 1995.

4. Гладченко М.А. и др. Разработка двухступенчатого процесса анаэробной переработки спиртовой барды на действующих очистных сооружениях спиртового производства // Инженерная физика. – 2024. – № 8. – С. 15–27.

5. Кузнецов И.Н. и др. Комплексная микробиологическая переработка послеспиртовой барды с получением белоксодержащего кормового продукта // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3.

© Гаффарова Э.Р., Фархутдинов Р.Г., Григориади А.С., 2026

УДК 662.8

ЧАСТИЧНОЕ БРИКЕТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЗАГРУЗКИ ШИХТЫ

Дубинина Е.А., Андриянцева С.А.

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,
Липецк, Россия*

Повышение эффективности коксохимического производства в современных условиях неразрывно связано с оптимизацией сырьевой базы и интенсификацией технологических процессов. Одним из ключевых рычагов управления качеством целевого продукта – металлургического кокса – является регулирование плотности загрузки угольной шихты в коксовой батарее. Увеличение плотности загрузки позволяет существенно расширить перечень используемых марок углей, в особенности слабоспекающихся, которые по стоимости дешевле. Хотя их свойства «хуже», чем у тех же коксовых марок, существующие способы их применения не наносят ущерба для физико-механических свойств кокса, а даже, наоборот, повышают производительность процесса. Один из рассматриваемых в данной работе методов – частичное брикетирование угольной шихты.

При частичном брикетировании из общего потока отбирается порция углей (обычно те, что хуже спекаются – газовые или слабоспекающиеся), добавляется связующее (к примеру, это может быть каменноугольный пек, смола, тяжелые нефтяные остатки или битумы) для компенсации недостатка собственной «пластичности» угля, которой не хватает в слабоспекающихся марках [1].

Как утверждают авторы статьи [2], метод брикетирования имеет ряд преимуществ, среди них:

- прочность и сохранность при транспортировке;
- брикеты имеют правильную форму и вес;
- брикеты имеют удельный вес выше, нежели у рассыпной шихты;

– возможность получения комплексных брикетов, состоящих из нескольких компонентов шихты в различных пропорциях в зависимости от требований и возможностей по наличию тех или иных марок.

Как происходит процесс: смесь шихты и связующего прессуется в брикеты, например, через валковые прессы. Наиболее оптимальная влажность шихты, подаваемой на брикетирование, составляет 4,5% - 5,0 %, согласно обзору [1]. Брикеты получают размером с пельмень или небольшое яйцо. После этого они возвращаются в основной поток рассыпной шихты, равномерно смешиваясь с ней, и загружаются в печь классическим способом. Комплекс технологической линии брикетирования целесообразно внедрять в технологическую цепочку коксохимического производства с батареями с загрузкой люкового типа, если экономически нет возможности построить батарею, работающую по методу трамбования.

Этап брикетирования следует за дроблением и смешиванием компонентов угольной шихты в углеподготовительном цехе. После чего полученные брикеты так же, как и обычная шихта отправляются в угольную башню.

Анализируя [3], можно прийти к выводу, что в комплекс оборудования автоматизированной технологической линии входят следующие компоненты: емкость для связующего, двухсекционный бункер и дозатор, шнековый смеситель, валковый пресс, транспортеры, вибросклиз, сушилка для брикетов и емкости для брикетов. Важной особенностью указанного оборудования является возможность выбора оптимальных высоких давлений и количества связующего, а также использование отсева сырых брикетов (возврат облоя) без расходования на него дополнительного связующего.

В коксохимическом производстве брикетирование имеет преимущество не только с точки зрения экономики при использовании слабоспекающихся марок углей в формировании шихты, но и путем возможности возврата коксовой пыли на повторное спекание в брикетированном виде совместно с коксуемым углем. В связи с экологическими аспектами, это направление в наше время достаточно актуально, так альтернативные методы описаны в статье [4].

Литература

1. Дубинина Е.А. Исследование технологии брикетирования на валковых прессах. Материалы областного семинара «Зимняя школа молодых ученых», 4 декабря 2025 года, г. Липецк – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2025. – 498 с. – Текст: электронный.
2. Еремин А.Я., Бабанин В.И. Изменение физико-механических свойств смесей мелкозернистых материалов со связующими на стадиях подготовки и прессования в процессе брикетирования // Кокс и химия. – 2003. – № 4. – с.17-26.

3. Механика валкового брикетирования сыпучих материалов / М55 Ю.Н. Логинов, С.П. Буркин, Н.А. Бабайлов, Л.И. Полянский. – Екатеринбург : Изд-во АМБ, 2011. – 304 с.

4. Дубинина Е.А., Андриянцева А.П. Исследование альтернативного использования коксовой пыли, образующейся на ПАО «НЛМК». Экологические проблемы Липецкой области и пути их решения в рамках реализации национального проекта «Экология»: Материалы X областной научно-практической студенческой конференции (г. Липецк, 22 мая 2024 года). – Липецк: ЛОООВООП, 2024. – С. 11-16.

© Дубинина Е.А., Андриянцева С.А., 2026

УДК 544.16

ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ СУБСТРАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЛИГИРОВАНИЯ ЦЕПЕЙ РНК ПОД ДЕЙСТВИЕМ РНК ЛИГАЗЫ T4
Егамедиев Д.Ж.¹, Гарафутдинов Р.Р.^{1,2}, Пасько П.А.², Сахавутдинова А.Р.²

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Рибонуклеиновые кислоты принимают участие в важнейших процессах, протекающих в живой клетке: репликации, транскрипции, трансляции, регуляции работы генов, сигналинге, транспорте аминокислот и др. Эти функции реализуются через взаимодействия РНК с белками. Однако взаимодействия белков с РНК до сих пор изучены недостаточно по сравнению со взаимодействиями белков с белками и белков с ДНК, что можно объяснить в том числе ограниченной доступностью структур "белок-РНК" и трудностями при изучении таких комплексов [1].

Значительный интерес у исследователей вызывает фермент РНК-лигаза I бактериофага T4 (T4Rnl1), участвующий в процессинге РНК. Этот фермент, субстратом для которого выступают молекулы одноцепочечных РНК, широко используется для проведения молекулярно-биологических манипуляций *in vitro*. В последние годы для некоторых ферментов нуклеинового обмена, например, ДНК-полимераз и ДНК-лигаз, стали появляться данные о зависимости их каталитических свойств от нуклеотидного контекста [2]. Для T4Rnl1 такие данные отсутствуют, поэтому целью нашей работы стала оценка влияния типа концевых нуклеотидов на эффективность лигирования РНК под действием T4Rnl1.

С помощью пакета программ Schrödinger была оценена стабильность комплексов, образуемых T4Rnl1 и РНК, в качестве которых выступали дирибонуклеотиды с различающимися 5'- (донорными) и 3'- (акцепторными) концами (5'-pXX и YY-OH-3'). Дирибонуклеотиды подвергали оптимизации при помощи Prime Minimize. Для конструирования комплексов "T4Rnl1-РНК" использовали структуру T4Rnl1, депонированную в PDB под шифром

9DO4 [3]. Структуру фермента предварительно подготавливали для докинга в Protein Preparation Workflow. Далее конструировали 16 возможных комплексов "T4Rnl1-РНК", различающихся донорными и акцепторными концами, и проводили докинг с помощью Glide XP и с использованием литературных данных о ключевых аминокислотных остатках активного центра фермента [4]. Исходя из значений glide gscore выбиралась наиболее выгодная пространственная поза, для которой затем проводили минимизацию геометрии с помощью Prime Minimize. На конечном этапе оценивали энергию связи между лигандом и ферментом при помощи модуля Prime MM-GBSA. Для всех 16 комплексов были построены диаграммы взаимодействия лигандов и определены типы и количество химических связей в них (рис. 1).

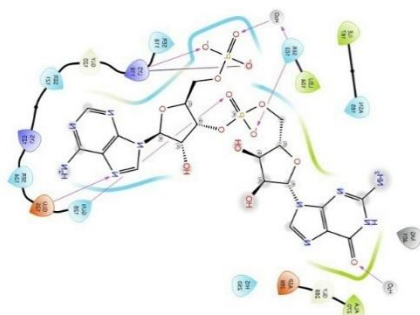


Рис. 1. Пример диаграммы взаимодействия лигандов для комплекса «T4Rnl1-дирибонуклеотид».

Показана корреляция между типом донорного и акцепторного рибонуклеотида и стабильностью комплекса «T4Rnl1-РНК».

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-00356.

Литература

1. Bheemireddy S., Sandhya S., Srinivasan N., Sowdhamini R. Computational tools to study RNA-protein complexes // Front. Mol. Biosci. – 2022. – V. 9. – 954926.
2. Duckworth A.T., Bilotti K., Potapov V., Lohman G.J.S. Profiling DNA Ligase Substrate Specificity with a Pacific Biosciences Single-Molecule Real-Time Sequencing Assay // Curr. Protocols. – 2023. – Vol. 3. – e690.
3. Wimberly-Gard G.M., Shuman S. Structure of T4 RNA ligase 1 bound to ATP and Mg^{2+} (PDB ID: 9DO4). To be published, 2024.
4. El Omari K., Ren J., Bird L.E., Bona M.K., Klarmann G., LeGrice S.F.J., Stammers D.K. Molecular Architecture and Ligand Recognition Determinants for T4 RNA Ligase // J. Biol. Chem. – 2006. – V. 281. – P. 1573-1579.

© Егамедиев Д.Ж., Гарафутдинов Р.Р., Пасько П.А.,
Сахабутдинова А.Р., 2026

УДК 581.1.

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА РОСТ РАСТЕНИЙ РЖИ ПОСЕВНОЙ (*SECALE CERALE* L.) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

Жарикова А.Д., Сотникова Ю.М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Необходимость поиска микробно-растительных ассоциаций, состоящих из растения-фиторе медианта, ростостимулирующих микроорганизмов и микробов-деструкторов углеводородов нефти, изучение механизмов их взаимодействия и влияния биопрепаратов на ростовые и физиолого-биохимические процессы у растений-фиторе медиантов, является одной из актуальных задач при разработке технологий по рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами (Сотникова и др., 2025).

Был проведен сравнительный анализ ростовых параметров растений ржи посевной, выращенных на серой лесной почве в условиях загрязнения товарной нефтью в концентрации 4%. Для более эффективной деградации нефти в почве и для стимулирования роста и развития биомассы растений применяли комплекс микробиологических препаратов «Ленойл», «Агробиолог» и «Азолен». Контрольными вариантами являлись растений, выращенные на незагрязненной почве и на почве, загрязненной нефтью.

По результатам лабораторного опыта установлено, что загрязнение 4% товарной нефти ингибирует ростовые процессы у растений ржи, в среднем, в 2 раза по отношению к контрольным растениям без загрязнения. Комплексная обработка биопрепаратами показала неоднозначные результаты: в варианте с незагрязненной почвой ростовые показатели были снижены в 1,5 раза по сравнению с незагрязненной почвой контрольных растений без обработки. Однако, комплексная обработка препаратами растений, выращенных на нефтезагрязненной почве оказала стимулирующее действие на рост и развитие растений, где ростовые показатели были увеличены в 2 раза контрольного варианта нефтезагрязненной почвы и в 1,5 раза относительно контроля с незагрязненной почвой.

Таким образом, после применении комбинаций биопрепаратов «Ленойл+Азолен+Агробиолог» наблюдалось снижение ростовых процессов у растений ржи посевной на незагрязненной почве что может быть обусловлено межвидовой конкуренцией микроорганизмов, входящих в состав разных биопрепаратов (Dinesh et al., 2015). Следовательно, при подборе биопрепарата для стимулирования ростовых процессов у растений необходимо учитывать особенности микробно-растительных взаимоотношений для разработки эффективной технологии фиторекультивации нефтезагрязненных земель.

Литература

1. Dinesh R, et al.. Isolation, characterization, and evaluation of multi-trait plant growth promoting rhizobacteria for their growth promoting and disease suppressing effects on ginger // Microbiological Research. – 2015. – V. 173. – P. 34.
2. Сотникова Ю.М. и др. Фиторемедиационный конвейер при нефтяных загрязнениях почвы (монография) // Уфа: Уфимский университет, 2025.с. 162

© Жарикова А.Д., Сотникова Ю.М., 2026

УДК 581.1

ИЗМЕРЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В ЛИСТЬЯХ *VIGNA RADIATA* L. ПРИ НЕФТЯНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИИ БИОПРЕПАРАТОВ

Закирова Е.А., Сотникова Ю.М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Нефтяное загрязнение почвы относится к числу актуальных экологических проблем, оказывающих комплексное негативное воздействие на растительные организмы. Нефтяные углеводороды вызывают нарушение водного обмена, ионного баланса и структуры клеточных мембран, что закономерно отражается на белковом метаболизме растений [3]. Растворимые белки выполняют важнейшие функции в клеточном гомеостазе: они участвуют в ферментативном катализе, защитных реакциях и адаптации к стрессу [2]. В связи с этим содержание общего белка может служить информативным биохимическим показателем состояния растений в условиях загрязнения. Перспективным направлением снижения фитотоксичности нефти является применение микробиологических препаратов-деструкторов нефтяных углеводородов.

Объектом исследования служил маш (*Vigna radiata* L.) – однолетнее бобовое растение, широко используемое в качестве пищевой и кормовой культуры. Растения выращивали в вегетационных условиях на нефтезагрязненной почве. Почву опытных вариантов загрязняли нефтью в концентрации 4% от массы воздушно-сухой почвы. В загрязнённую нефтью почву вносили биопрепараты Ленойл и Агробиолог согласно рекомендованным нормам. Контролем служила незагрязнённая почва без внесения биопрепаратов. Определение содержания белка в листьях проводили по методу Bradford. Концентрацию белка выражали в мг/г сырой массы [1].

Результаты исследования показали, что содержание суммарного белка в листьях маша в контрольном (чистом) варианте составило 0,34 мг/г сырой массы. При нефтяном загрязнении почвы данный показатель возростал до 0,59 мг/г сырой массы, что превышает контрольное значение в 1,7 раза.

Повышение содержания белка в условиях нефтяного стресса может быть обусловлено синтезом стрессовых белков – в частности, белков теплового шока и защитных ферментов антиоксидантной системы. В варианте совместного применения биопрепаратов Ленойл и Агробиолог содержание белка в листьях составило 0,54 мг/г сырой массы. Данное значение несколько ниже, чем при загрязнении без биоремедиации, что может свидетельствовать о частичном снятии стрессовой нагрузки на растения при деструкции нефтяных углеводов микроорганизмами биопрепаратов.

Таким образом, нефтяное загрязнение почвы приводит к достоверному увеличению содержания белка в листьях *Vigna radiata*, что отражает активацию адаптивных и защитных механизмов растения в условиях стресса. Применение биопрепаратов Ленойл и Агробиолог способствует снижению стрессовой нагрузки, о чём свидетельствует тенденция к нормализации белкового показателя по сравнению с вариантом нефтяного загрязнения без биоремедиации.

Литература

1. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Analytical Biochemistry*. – 1976. – Vol. 72. – P. 248–254.
2. Сотникова Ю.М. и др. Оценка влияния биопрепаратов на морфометрические и физиологические показатели растений-ремедиантов в условиях нефтяного загрязнения почв // *Известия вузов. Поволжский регион*. – 2022. – № 1. – С. 51–63.
3. Козлов В.А., Рожков В.А. Экологическая химия нефти и нефтепродуктов. – СПб.: Химиздат, 2018. – 312 с.

© Закирова Е.А., Сотникова Ю.М., 2026

УДК 581.1.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЛКА В РАСТИТЕЛЬНОМ ЭКСТРАКТЕ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ (*CALENDULA OFFICINALIS* L.) ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ.

Калашникова Е.И., Сотникова Ю.М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Известно, что нефтяные углеводороды в почве негативно влияют на растения, вызывая изменения в их физиологических и биохимических процессах. Одним из индикаторов защитной системы растения от стресса является содержание белка. Очень важно подобрать наиболее точные методы его определения. Была проведена сравнительная оценка методов определения содержания белка в растительном экстракте календулы лекарственной

(*Calendula officinalis* L.) в условиях модельного загрязнения почвы дизельным топливом.

Таблица 1

Изменение количества белка в побегах календулы лекарственной в условиях дизельного загрязнения (мг/г сырой массы)

	Амидо-черный	Брэдфорд
Контроль	0,598 ± 0,023	0,95 ± 0,043
Дизельное топливо	0,658 ± 0,061	0,883 ± 0,058

Загрязнение почвы дизельным топливом привело к незначительному увеличению содержания белка с помощью амидо-чёрного (рост на ~10%), тогда как по методу Брэдфорд наблюдается небольшое снижение (около 7%). Это может указывать на селективное влияние дизельного топлива на разные фракции белков или на различия в их экстракции.

Сравнительный анализ методов с амидо-чёрным и Брэдфорд выявил различия в оценке содержания белка в побегах календулы при загрязнении почвы дизельным топливом, что подчёркивает необходимость учёта специфики методов при интерпретации результатов. Однако, выбор метода должен основываться на особенностях исследуемого материала и поставленных целей исследования.

Применение метода с амидо-чёрным эффективен для колориметрического анализа, чувствителен к общим белковым структурам, но менее точен при анализе сложных смесей [2]. Метод Брэдфорд отличается высокой чувствительностью, однако его калибровочный график имеет узкий линейный диапазон, а результаты могут искажаться при высоком содержании детергентов или определённых аминокислотных остатков [1].

Литература

1. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analytical Biochemistry. – 1976. -Vol. 72, No. 1-2. - P. 248-254.
2. Бузун Г.А. Определение белка в растениях с помощью амидо-чёрного//Физиол. растений. - 1982. - Т. 29. - № 1. - С. 198203.

© Калашникова Е.И., Сотникова Ю.М., 2026

МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И PLS-МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ИССЛЕДОВАНИИ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ФРАКТАЛИЗАЦИИ
СТЕКЛОУГЛЕРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА

Кутлугильдина Г.Г., Сидельникова Е.А., Васенина Н.А., Гареев И.А.,
Баширова З.А.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Граница раздела фаз электрод/раствор представляет собой электрохимический микрореактор, в котором протекающие процессы дают информацию о материале электрода, структуре его поверхности и компонентах раствора [1]. При глубоком темпоральном функционировании сенсорных систем даже малоактивные материалы, такие как стеклоуглерод, претерпевают самомодифицирование с образованием фрактальных структур. В данной работе метод главных компонент (РСА) и проекция на латентные структуры (PLS) применены для анализа темпоральной эволюции стеклоуглеродного электрода (СУЭ) в условиях непрерывной циклической вольтамперометрии [2, 3].

Эксперимент проводили в двухэлектродной ячейке (рабочий электрод – СУЭ, $d = 3$ мм; противоэлектрод – графитовый стержень, $C > 99.99\%$) в фоновом растворе 5 mass. % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ со следовыми количествами Fe^{3+} и Ni^{2+} (10^{-4} mass. %). Регистрировали 330 вольтамперограмм в диапазоне потенциалов ± 4000 мВ при скорости развёртки 2000 мВ/с. Каждая вольтамперограмма включала 1620 отсчётов тока. Матрицу данных размером 1620×330 подвергали РСА-обработке с использованием NIPALS-алгоритма и Leverage Correction. Предобработка включала центрирование и калибровку по стандартному отклонению [4].

РСА-анализ показал, что процесс фрактализации СУЭ описывается не менее чем четырьмя главными компонентами с суммарной объяснённой дисперсией не менее 98 %. На плоскостях ГК1–ГК2, ГК1–ГК3 и ГК1–ГК4 зафиксирован участок резкого смещения кластеров (циклы 16–19), разделяющий начальное и конечное состояния электродной поверхности. Сканирующая электронная микроскопия подтвердила наличие пор разного размера: малые пористые ячейки на глубине подобны по строению большим ячейкам на поверхности, что свидетельствует о фрактальном характере эволюции системы [5] (табл. 1).

Для полуколичественной оценки числа стадий электродных процессов применяли модифицированный метод PLS-Т'. Каждой вольтамперограмме присваивали значение хронологического параметра Т' (1, 2, ..., 330). Коэффициент корреляции Predicted–Measured, равный 0.99, достигался при использовании первых трёх главных компонент PLS-модели. На графике выделены участки Т' = 101–151 (циклы 10–14) и Т' = 151–201 (циклы 15–19)

с экстремальным изменением хронологического параметра. Совместный анализ счетов PCA и PLS-модели позволил установить, что каждая стадия фрактализации определяется не менее чем тремя физико-химическими факторами, а общая темпоральность системы характеризуется проявлением не менее 12 состояний в пространственно-временном континууме (табл.1).

Полученные результаты демонстрируют, что темпоральный PCA в сочетании с PLS-T' позволяет не только детектировать стадии самомодифицирования электрода, но и количественно оценивать число физико-химических факторов, определяющих вольтамперометрическое поведение системы. Явление контролируемой фрактализации может быть использовано для улучшения аналитических характеристик мультисенсорных систем типа «электронный язык» за счёт преобразования кажущихся шумов в полезную химическую информацию.

Таблица 1

Сравнительные характеристики PCA и PLS-T' анализа темпоральной эволюции СУЭ

Параметр	PCA	PLS-T'
Число компонент	4 (≥ 98 % дисперсии)	3 ($R^2 = 0.99$)
Стадий обнаружено	2 (по смещению кластеров)	2 экстремума T'
Факторов на стадию	–	≥ 3
Всего состояний	–	≥ 12

Литература

1. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Sidelnikov A.V. Mesoscopic theory of percolation currents associated with quantitative description of VAGs: Confirmation on real data // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2018. Vol. 106. P. 171–183.
2. Jolliffe I.T. *Principal Component Analysis*. 2nd ed. New York: Springer, 2002. 487 p.
3. Wold S., Sjöström M., Eriksson L. PLS-regression: a basic tool of chemometrics // *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2001. Vol. 58, № 2. P. 109–130.
4. Nigmatullin R.R., Sidelnikov A.V., Maksyutova E.I., Budnikov H.C. Description of complex fluids electrochemical data in the frame of percolation model // *Electroanalysis*. 2018. Vol. 30, № 9. P. 2053–2065.
5. Nigmatullin R.R., Budnikov H.C., Mustafin A.G., Andriianova A.N., Shigapova A.R., Sidelnikov A.V. Process of electrochemical electrode modification by polyaniline in the frame of percolation model // *Journal of Solid State Electrochemistry*. 2019. Vol. 23, № 4. P. 1221–1235.

© Кутлугильдина Г.Г., Сидельникова Е.А., Васенина Н.А.,
Гареев И.А., Баширова З.А., 2026

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НА ПОРИСТОСТЬ И
ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ АНОДНЫХ КЕРМЕТНЫХ ПОДЛОЖЕК
NiO-YSZ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ

Меньшакова Ю.А.^{1,2}, Максимова Д.С.¹, Зезюкевич Д.Т.^{1,2}, Ермакова Л.В.³,
Калинина Е.Г.^{1,2}

¹*Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии
наук, Екатеринбург, Россия*

²*Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия*

³*Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской
академии наук, Екатеринбург, Россия*

Разработка методов изготовления альтернативных источников энергии, в частности, твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), является актуальной задачей для развития энергетики [1]. В качестве электролита широко используемым материалом является диоксид циркония, стабилизированный 8 мол.% оксида иттрия (YSZ), благодаря высокой кислород-ионной проводимости при высоких температурах 800-1000 °С, а также химической стабильности в различных газовых атмосферах [2]. При формировании ячеек ТОТЭ с электролитом YSZ в качестве анодной подложки находит применение керметный материал NiO-YSZ. Перспективным методом формирования анодных керметных подложек является шликерное литье, что обусловлено низкой стоимостью и возможностью масштабирования технологии. Применение керамических технологий для последующего формирования газоплотной электролитной мембраны требует высокотемпературного спекания. Вместе с тем, важной задачей является сохранение пористой структуры керметных анодных подложек в процессе со-спекания электролита и подложки. Представляет интерес формирование анодных керметных подложек NiO-YSZ методом шликерного литья в гипсовую форму и исследование влияния температуры спекания на пористость сформированных подложек, что являлось целью проведенной работы.

Для приготовления керметной смеси NiO-YSZ в соотношении 50/50 вес.% использовали коммерческие порошки NiO (Вектон, Россия) и YSZ (ДЦИ-1, ОАО ЧМЗ, Россия). Порошок NiO был предварительно отожжен при температуре 1000 °С (1 ч). По данным СЭМ, порошок NiO характеризовался наличием агрегатов размером ~ 15 мкм. Удельная поверхность (метод БЭТ) порошка NiO составляла 2 м²/г. Порошок YSZ был предварительно помолот в планетарной мельнице в среде изопропанола с мелющими шарами из диоксида циркония в течение 5 часов. Согласно результатам РФА, YSZ состоял из 3 кристаллических фаз: кубическая фаза YSZ (12 мол.%) (пр. гр. Fm3m (225), a = 5,131(2) Å) с содержанием 72,7 вес.%; тетрагональная фаза

YSZ (2,8 мол.%) (пр. гр. P42/nmc (137), $a = b = 3,607 \text{ \AA}$, $c = 5,182 \text{ \AA}$) с содержанием 20,3 вес.%; моноклинная фаза ZrO_2 (пр. гр. P121/c1 (14), $a = 5,143 \text{ \AA}$, $b = 5,213 \text{ \AA}$, $c = 5,300 \text{ \AA}$, $\beta = 98,75^\circ$) содержанием 7 вес.%.

Удельная поверхность порошка YSZ составила $3 \text{ м}^2/\text{г}$. Шликер на основе смеси NiO-YSZ готовили в неводной смешанной среде изопропанол/этанол (50/50 об.%). В составе шликера в качестве связующего применяли 3 вес.% поливинилбутираля (ПВБ, Mowital B 30 Н). Анодные керметные подложки NiO-YSZ были сформированы методом шликерного литья в гипсовую форму с последующим предварительным спеканием при температуре 1200°C (4 ч). После чего образцы шлифовали с помощью алмазного диска и очищали в изопропанол с применением ультразвуковой обработки. Было проведено спекание образцов при температурах 1300°C , 1400°C и 1500°C (5 ч). Установлено, что повышение температуры спекания с 1200°C до 1500°C приводит к снижению пористости с 51% до 9%, при этом коэффициент газопроницаемости образцов (K) снижается с $21,5 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до 0 мкм^2 , соответственно (таблица 1). Необходимо отметить, что при работе ячейки TOTЭ NiO в составе анодной подложки восстанавливается до металлического никеля Ni, что сопровождается уменьшением занимаемого им объема. Данное изменение приводит к увеличению пористости анодной керметной подложки. Так, расчётная величина пористости после восстановления NiO до Ni составляет 27 %, что соответствует характерным значениям для анодов TOTЭ и подтверждает применимость полученных керметных анодных подложек.

Таблица 1

Пористость и коэффициент газопроницаемости образцов подложек NiO-YSZ, полученных методом шликерного литья с предварительным спеканием при 1200°C , а также после последующего спекания при температурах 1300°C , 1400°C и 1500°C в течение 5 ч.

№ образца	Температура спекания, $^\circ\text{C}$	Пористость, %	K , мкм^2
1	1200	51	$21,5 \cdot 10^{-3}$
2	1300	40	$10,8 \cdot 10^{-3}$
3	1400	32	0
4	1500	9	0

Литература

1. Corigliano O., Pagnotta L., Fragiaco P. On the technology of solid oxide fuel cell (SOFC) energy systems for stationary power generation: A review //Sustainability. – 2022. – V. 14. – №. 22. – p. 15276.
2. Vinchhi P., et al. Recent advances on electrolyte materials for SOFC: A review //Inorganic Chemistry Communications. – 2023. – V. 152. – p. 110724.

© Меньшакова Ю.А., Максимова Д.С., Зезюкевич Д.Т.,
Ермакова Л.В., Калинина Е.Г., 2026

МОНИТОРИНГ АРОМАОБРАЗОВ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЕННЫХ НАПИТКОВ ПО МЕТОДУ ТИКС

Мигранова В.Р., Сидельникова Е.А., Гареев И.А.

Уфимский Университет науки и технологии, Уфа, Россия

Введение. Мониторинг качества пищевых продуктов требует разработки объективных, быстрых и недорогих методов анализа. Цель работы – создание экспресс-метода оценки качества пенных напитков на основе темпорального анализа вольтамперограмм.

В каждом крепком напитке – сотни ароматических молекул. Метод ТИКС (темпоральный индекс кинетической сложности) заключается в том, что вместо поиска отдельных молекул, рассматривается кинетическая сложность – как быстро и разнообразно молекулы взаимодействуют с сенсорами.

Методы. Исследованы 24 образца (пиво, сидр, квас). Использован «электронный нос» на основе МОХ-сенсоров. Регистрация вольтамперограмм (200 циклов). Анализ последних 10 циклов. Далее производится расчет индекса ТИКС с последующей визуализацией.

Классический PCA не работает, поскольку точки разных напитков перемешаны – классический метод главных компонент не может их разделить. (Рисунок 1)



Рис. 1. Классический метод главных компонент

Алгоритм расчёта ТИКС (темпоральный индекс кинетической сложности):

1. Темпоральная матрица: X размером $M \times N$, где M – точки напряжения (6000), N – ВАР (76).

2. PCA: $X = U \cdot E \cdot V^T$, выделяем главные компоненты (ГК1–ГК4).

3. FFT: Для каждой ГК берём счёт i и раскладываем на частоты.

4. Пики: Выделяем частоты с отношением сигнал/шум $SNR \geq 6$ dB.

5. ONE-LEAVE: $\Delta = B_{all_f, i}$ – частоты, уникальные для образца.

6. Коррекция: $\Delta_{corr} = \Delta - \Delta_{spirit}$ (вычитаем частоты спирта).

7. ТИКС: $\log_{10}(\sigma_f^2/\mu_f^2) \times CV_f \times (R_f + 1)$, где σ_f – разброс амплитуд, μ_f – средняя амплитуда, CV_f – коэффициент вариации, R_f – размах.

При использовании метода ТИКС коньяк имеет наименьший ТИКС (4.57) – возможно, из-за доминирования дубовых нот.

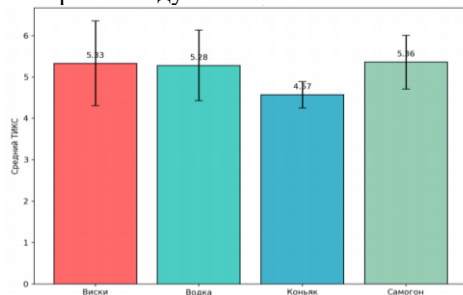


Рис. 2. Сравнение категорий напитков по методу ТИКС

Результаты. Установлены референсные значения ТИКС для разных типов напитков: нефilterованное пиво (0.0345), квас (0.0321), обычное пиво (0.0123), сидр (0.0124). Отклонение от этих значений может служить индикатором нарушения технологии или фальсификации.

Заклучение. Разработанный метод темпорального индекса кинетической сложности (ТИКС) позволяет количественно оценивать динамику взаимодействия летучих компонентов жидких многокомпонентных систем без предварительной идентификации отдельных молекул. Алгоритм, основанный на PCA, FFT-анализе главных компонент и последующем выделении уникальных частотных признаков, демонстрирует устойчивую дифференциацию образцов по типу сложности временных откликов.

Установленные референсные интервалы ТИКС могут служить объективным критерием при оценке соответствия продукта технологическому эталону. Классический PCA не обеспечивает разделения изученных классов, тогда как предложенный подход даёт воспроизводимую кластеризацию без потери чувствительности к кинетическим особенностям системы. Метод ТИКС рекомендуется для задач экологического и технологического мониторинга жидких сред, а также для обнаружения отклонений от регламентированного состава в условиях ограниченного времени анализа..

Литература

1. Wilson A.D., Baietto M. Advances in electronic-nose technologies for environmental monitoring // Sensors. 2009. Vol. 9. No. 7. P. 5099-5148.
2. Röck F., Barsan N., Weimar U. Electronic nose: Current status and future trends // Chemical Reviews. 2008. Vol. 108. No. 2. P. 705-725.

УДК 547.854.4:57.084.1:577.152.1

ИНГИБИТОРЫ ЛАНОСТЕРОЛ-14-А-ДЕМЕТИЛАЗЫ *S. CEREVISIAE* НА ОСНОВЕ 3,4-ДИГИДРОПИРИМИДИН-2-ТИОНА: IN SILICO СКРИНИНГ И СТЕРЕОСПЕЦИФИЧНОСТЬ

Мулаева С.А., Хайруллина В.Р., Хамитова Г.М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

В данной работе изучали комплементарность 15 производных 3,4-дигидропиримидин-2-тиона с активным центром ланостерол-14- α -деметиلاзы (CYP51) *Saccharomyces cerevisiae*. Пространственную укладку и оценку энергии связывания (E_{bind}) исследуемых лигандов вычисляли с применением подхода молекулярного докинга в программах AutoDock Vina 1.2.5 и AutoDock 4.2.6. За центр бокса размером 22 Å принято нативное положение ланостерола. Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Численные значения свободной энергии связывания E_{bind} , оцененные с использованием скоринг-функции AutoDock Vina 1.2.5 / AutoDock 4.2.6 при позиционировании лигандов S1–S5a в активном центре ланостерол-14- α -деметилазы *S. Cerevisiae*

Код соединения	E_{bind} , ккал/моль	
	R-изомер	S-изомер
S1	-7,36 / -7,5	-7,75 / -7,5
S1a	-7,29 / -7,5	-7,11 / -7,2
S2	-7,09 / -6,7	-7,65 / -7,1
S2a	-6,97 / -7,0	-7,01 / -7,7
S3	-7,20 / -6,6	-7,21 / -6,5
S3a	-6,98 / -3,3	-7,16 / -5,5
S4	-7,25 / -5,8	-7,12 / -7,1
S4a	-7,29 / -7,3	-7,43 / -7,3
S5	-7,60 / -6,9	-7,75 / -6,7
S5a	-6,94 / -5,9	-8,31 / -6,2

Таблица 2

Численные значения свободной энергии связывания E_{bind} , оцененные с использованием скоринг-функции AutoDock Vina 1.2.5 / AutoDock 4.2.6 при позиционировании лигандов S1b–S5b в активном центре ланостерол-14- α -деметилазы *S. Cerevisiae*

Код соединения	E_{bind} , ккал/моль			
	RR-изомер	RS-изомер	SR-изомер	SS-изомер
S1b	-7,92 / -6,8	-8,06 / -7,5	-7,65 / -7,9	-7,42 / -7,5
S2b	-7,06 / -6,9	-7,50 / -6,5	-7,38 / -6,5	-7,34 / -7,8
S3b	-7,74 / -5,7	-7,18 / -5,9	-7,37 / -5,3	-6,81 / -4,8

S4b	-7,40 / -6,9	-7,86 / -6,0	-6,86 / +5,9*	-7,61 / -7,1
S5b	-8,35 / -4,8	-7,95 / -5,2	-7,05 / -3,8	-7,38 / -4,0

*Примечание: положительное значение $E_{\text{bind}} = +5,9$ ккал/моль для SR-изомера S4b по данным AutoDock 4.2.6 указывает на невыгодное связывание.

Сравнение значений величины E_{bind} , рассчитанных с использованием оценочных функций двух программ, свидетельствует о частично согласованных выводах о стерической комплементарности лигандов с активным центром CYP51 *S. cerevisiae*. Так, в соответствии с данными AutoDock 4.2.6 все 20 рассмотренных лигандов (10 R/S-изомеров и 10 RR/RS/SR/SS-изомеров) могут теоретически рассматриваться как потенциальные ингибиторы ланостерол-14- α -деметилазы, поскольку численные значения $E_{\text{bind}} \leq -5$ ккал/моль, за исключением SR-изомера S4b (+5,9 ккал/моль) и S3bSS (-4,8 ккал/моль), которые находятся на границе или выходят за пределы порога активности. Наибольшее сродство по данным AutoDock 4.2.6 демонстрируют S5bRR (-8,35 ккал/моль), S1bRS (-8,06 ккал/моль) и S5aS (-8,31 ккал/моль). В то же время по данным AutoDock Vina все лиганды показывают значения $E_{\text{bind}} \leq -6,8$ ккал/моль, что также свидетельствует о высоком потенциальном сродстве, причём лучшие показатели у S5bRR (-8,35 ккал/моль) и S1bRS (-8,06 ккал/моль). Координаты потенциально биологически активных конформаций, предсказанные с использованием обеих программ, совпадают в пределах допустимой разницы величины RMSD (не более 2 Å).

Оценивая влияние стереоизомерии на ингибиторную активность соединений данной серии, можно заметить, что по данным AutoDock 4.2.6 и AutoDock Vina R- и S-стереоизомеры в серии S1–S5a сопоставимы по активности, однако для соединений S3a, S4a и S5a S-изомеры имеют более высокое сродство (разница до 1,37 ккал/моль). В серии диастереомеров S1b–S5b RR- и RS-изомеры в среднем превосходят SR- и SS-изомеры, причём RS-изомер S1b показывает стабильно высокие значения в обеих программах (-8,06 / -7,5 ккал/моль), что делает его наиболее перспективным кандидатом для дальнейших исследований.

Надёжный результат может быть получен только в ходе испытаний *in vitro*.

Литература

1. Akhmadiev N., Mescheryakova E., Khayrullina V., Khalilov L., Akhmetova V. DOS strategy, crystal structure, and *in silico* evaluation of the anti-inflammatory activity of hydroxysulfanylazole derivatives // Journal of the Chinese Chemical Society. 2022. Vol. 69. P. 1954–1965.
2. Shkurko O.P., Tolstikova T.G., Sedova V.F. Dihydropyrimidin-2(1H)-one and its analogs as a platform for the design and synthesis of new biologically active compounds // Russian Chemical Reviews. – 2016. – Vol. 85, No. 10. – P. 1056.

© Мулаева С.А., Хайруллина В.Р., Хамитова Г.М., 2026

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ И ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ ДИФРАКЦИИ МОЛЕКУЛЫ $C_{60}F_{18}$

Немтинов В.И., Шурыгин А.В., Зернов Я.Г.,

Писарев С.М., Фёдорова Н.А.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Фторидфуллерен $C_{60}F_{18}$ является полярным производным фуллерена C_{60} , в котором атомы фтора расположены преимущественно на одной стороне углеродного каркаса. Такая структура приводит к нарушению сферической симметрии молекулы и возникновению значительного дипольного момента. Согласно литературным данным, молекулы $C_{60}F_{18}$ на поверхности $Au(111)$ ориентируются атомами фтора преимущественно к подложке, а энергетическая щель НОМО-LUMO для индивидуальной молекулы составляет 2,9 эВ [1]. Также было показано, что ось симметрии молекулы $C_{60}F_{18}/Au(111)$ наклонена относительно нормали к поверхности на угол $\varphi = 45^\circ \pm 5^\circ$ [2].

В настоящей работе методами квантовой химии выполнено моделирование свободной молекулы $C_{60}F_{18}$. Геометрия молекулы была предварительно оптимизирована методом DFT с использованием гибридного функционала B3LYP5 и базисного набора 6-311G. Расчет проводился для нейтрального синглетного состояния молекулы. По результатам расчета определена энергетическая щель между граничными молекулярными орбиталями НОМО и LUMO, составившая 3,6 эВ, а также рассчитана величина дипольного момента молекулы, равная 13,6 D.

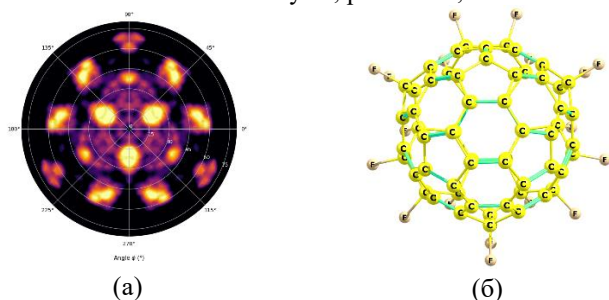


Рис. 1. (а) Оптимизированная модель молекулы $C_{60}F_{18}$, вид сверху, и (б) рассчитанная стереографическая картина фотоэлектронной дифракции при энергии возбуждения 1254,6 эВ

Модельная картина фотоэлектронной дифракции была рассчитана в рамках теории многократного рассеяния фотоэлектронной волны [3]. Расчет проводился для энергии возбуждающего излучения 1254,6 эВ, температуры 77 К и третьего порядка рассеивания. В качестве исходной структуры использовалась предварительно оптимизированная модель молекулы $C_{60}F_{18}$.

Полученная стереографическая проекция демонстрирует угловую анизотропию интенсивности фотоэлектронного сигнала, связанную с геометрией углеродного каркаса и расположением атомов фтора.

Таким образом, проведенное моделирование позволило получить оптимизированную геометрию молекулы $C_{60}F_{18}$, оценить ее электронную структуру и рассчитать модельную картину фотоэлектронной дифракции. Полученные результаты могут быть использованы при планировании и интерпретации будущих экспериментальных исследований фотоэлектронной дифракции $C_{60}F_{18}$.

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

Работа выполнена при поддержке Фонда имени Геннадия Комиссарова.
Литература

1. Bairagi K., et al. STM study of $C_{60}F_{18}$ high dipole moment molecules on Au(111) // Surface Science. 2015. Vol. 641. P. 248-252.
2. Makarov V.K., et al. Determination of the Orientation of Polar Molecules $C_{60}F_{18}/Au(111)$ by Energy-Resolved X-Ray Photoelectron Spectroscopy // Crystallography Reports. 2022. Vol. 67. No. 6. P. 969-974.
3. Sébilleau D et al. MsSpec-1.0: A multiple scattering package for electron spectroscopies in material science // Computer Physics Communications. 2011. Vol. 182. No. 12. P. 2567-2579.

© Немтинов В.И., Шурыгин А.В., Зернов Я.Г., Писарев С.М.,
Фёдорова Н.А., 2026

УДК 678.046.2

ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЗУЮЩЕГО АГЕНТА ПЕРОКСИДА ДИКУМИЛА НА МОДУЛЬ ПОТЕРЬ И МОДУЛЬ УПРУГОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТЕХНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ РАЗЛИЧНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ

Оганова А.В., Ковалева А.Н.

МИРЭА-Российский технологический университет, Москва, Россия

Эластомерные материалы на основе бутадиен-нитрильных каучуков благодаря высокой стойкости к агрессивным средам активно используются в современной промышленности. Для регулирования свойств резины в каучук вводят дисперсные наполнители, например, технический углерод, который позволяет управлять физико-механическими характеристиками.

Создание любого дисперсно-наполненного полимерного материала (ДНПКМ) начинается с изучения свойств его компонентов. Для наполнителя важны дисперсность, форма и структура частиц, а также их способность к

взаимодействию с полимером. При увеличении дисперсности взаимодействие с полимерной матрицей улучшается.

В работе использовали: бутадиен-нитрильный каучук БНКС-18АМН и технический углерод марок П-234, Т-900, N-550, марки варьировались по дисперсности. В качестве вулканизирующего агента был использован пероксид дикумила. В отличие от серной вулканизации, пероксидная дает более стабильные С–С связи, повышая теплостойкость материала.

С помощью обобщенного параметра Θ , была проведена классификация дисперсно-наполненных полимерных композиционных систем по структурному принципу: разбавленные системы (РС), низко-наполненные (ННС), средне-наполненные (СНС) и высоконаполненные системы (ВНС). Были приготовлены ПКМ на основе БНКС-18АМН с варьированием доли наполнителя (φ_m).

До вулканизации исследовали динамические показатели: модуль накопления G' и модуль потерь G'' в зависимости от степени наполнения и параметра Θ (рисунок 1).

После проведения вулканизации (рисунок 2) показали, что увеличение пероксида дикумила с 0,3 до 1 масс.ч. на 100 г каучука существенно влияет на кинетику. Скорость вулканизации всех ПКМ возрастает более чем в 2 раза. При этом количество наполнителя не влияет на данный параметр при переходе от ННС к ВНС.

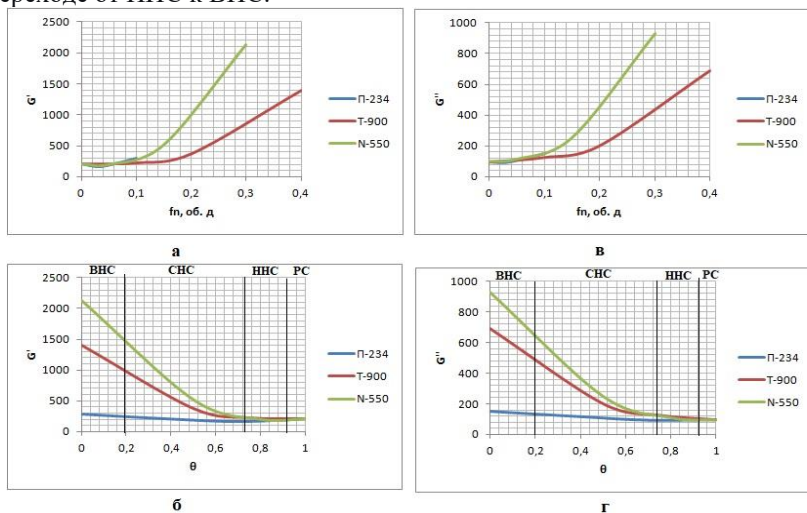


Рис. 1. Графики амплитудных зависимостей исследуемых ПКМ до вулканизации:

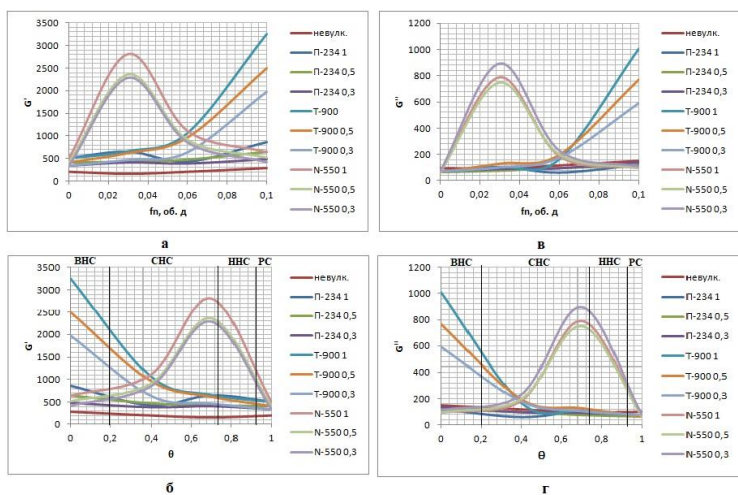


Рис. 6. Графики амплитудных зависимостей исследуемых ПКМ после вулканизации:

Литература

1. И.Д. Симонов-Емельянов, К.И. Харламова // Теоретические основы химической технологии. 2020. Т. 54. №6. С.768.

© Оганова А.В., Ковалева А.Н., 2026

UDC 539.216.2

EVALUATION OF THE SENSITIVITY OF THIN-FILM NANOCOMPOSITE MATERIALS

Salikhov R.B., Salikhov T.R., Mullagaliev I.N., Safargalin I.N., Ostaltsova A.D., Chebaeva T.V.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

There's much talk these days about biodegradable polysaccharides—chitosan (CTS) and carboxymethyl cellulose (CMC) –as an environmentally friendly alternative for gas sensors. To activate their response to gas, silver iodide nanoparticles are added to the polymer. These nanoparticles are responsible for the material's reversible conductivity upon contact with the target gas, and its sensitivity directly depends on the surface texture [1–4].

We began by casting films approximately 150 microns thick from polysaccharide solutions doped with AgI sol (particles 50–80 nm). The surface was examined using an atomic force microscope, and the response to ammonia was measured by the change in resistance in a sealed chamber with a known NH_3 concentration (all at 25°C and 30 V) [5–7].

Two compositions were tested: the first contained 1% CTS + AgI + 0.35% glycerin, and the second contained 2% CMC + AgI + 0.35% glycerin. AFM images

showed that the surface of the AgI nanoparticles was noticeably rougher, meaning the gas contact area was larger (Fig. 1).

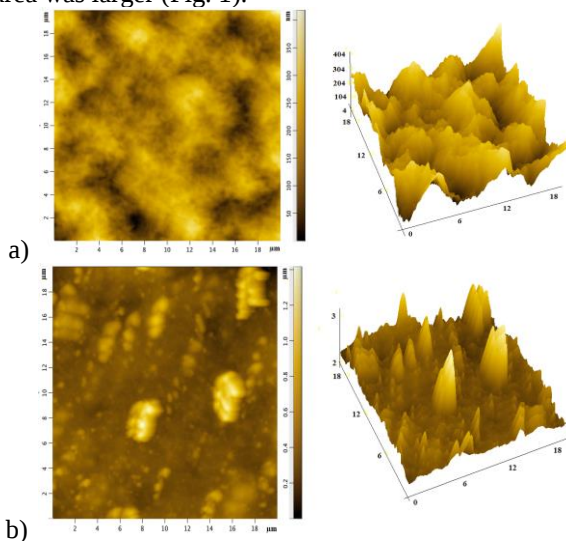


Fig. 1. AFM images of the surface of films with a thickness of 150 μm :

a) 1, b) 2

Figure 1 shows that films 1 and 2 have the most texture. The surface is rich in large grains, aggregates, and pores, which accounts for the difference in height. This is most likely due to the synthesis conditions, application, composition, or additional processing. The high RMS roughness values confirm this.

Overall, we've confirmed that our films with polysaccharides and silver nanoparticles truly detect ammonia. Thanks to AgI, the surface is rough, the gas adheres better, and sensitivity increases. This is clearly visible on the AFM. Samples 1 and 2 yielded the most stable and sharp resistance responses—they performed reliably across the entire concentration range. The lesson: to create a good sensor, you need to fine-tune both the formulation and the microrelief. The resulting sensors are sensitive, reusable, and environmentally safe. They have a wide range of applications, from ecology to medicine.

Literature

1. Salikhov R.B., Bazunova M.V., Salikhov T.R., Mullagaliev I.N., Safargalin I.N., Ostaltsova A.D. Study of nanocomposite thin-film sensor materials. *Industrial Laboratory.// Materials Diagnostics.*—2025.— Vol. 91. No. 11.— pp. 41-48.
2. Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Ostaltsova A.D. Composite and nanocomposite thin-film structures based on chitosan succinamide.// *Bulletin of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.*— 2025.— No. 1. — pp. 31-38.

3. Salikhov R.B., Yumalin T.T., Ostaltsova A.D., Salikhov T.R., Mullagaliev I.N. Study of photoconductivity of thin films based on polyaniline derivatives.// Bulletin of Bashkir University.– 2025.– Vol. 30. No. 1.– pp. 13-18.
 4. R.B. Salikhov, A.D. Ostaltsova, T.R. Salikhov. Electronic gas sensors based on polymer and nanocomposite materials.// Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physical Series.– 2025.– Vol. 89. No. 3.– pp. 408-413.
 5. R.B. Salikhov, I.N. Mullagaliev, T.R. Salikhov, A.D. Ostaltsova. A polyelectrolyte complex based on chitosan with the addition of single-wall carbon nanotubes and graphene oxide for the creation of thin-film organic transistors.// Russian Chemical Journal.– 2025.– Vol. 69. No. 3.– pp. 125-129.
 6. Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Ostaltsova A.D., Vazhdaev K.V. Creation and study of composite and nanocomposite thin-film structures based on scets with various carbon-containing fillers for ecological monitoring of the environment. // Bulletin of Tula State University. Earth Sciences.– 2024.– No. 4.– pp. 12-24.
 7. Salikhov, R. B., Ostaltsova, A. D., Salikhov, T. R., Safargalin, I. N., Meshkov, I. K., & Gizatulin, A. R. (2025, August). Thin films of chitosan with the addition of silver iodide for flexible photodetectors. In Optical Technologies for Telecommunications 2024 (Vol. 13738, pp. 208-211). SPIE.
- © Salikhov R.B., Salikhov T.R., Mullagaliev I.N., Safargalin I.N., Ostaltsova A.D., Chebaeva T.V., 2026

УДК 544.16

ВЛИЯНИЕ ТИПА КОНЦЕВЫХ НУКЛЕОТИДОВ НА ЛИГИРОВАНИЕ ОДНОЦЕПОЧЕЧНЫХ ДНК ПОД ДЕЙСТВИЕМ РНК-ЛИГАЗЫ Т4

Рахимов А.А.¹, Гарафутдинов Р.Р.^{1,2}, Пасько П.А.², Сахабутдинова А.Р.²

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Фермент РНК-лигаза 1 фага Т4 (Т4Rnl1), катализирующий реакцию лигирования одноцепочечных нуклеиновых кислот, широко применяется в различных молекулярно-биологических исследованиях. Известно, что типичным субстратом для данного фермента являются не только молекулы РНК, но и ДНК, однако лигирование ДНК протекает с меньшей эффективностью [1]. Относительно недавно для ряда ДНК-лигаз были обнаружены различия в скорости сшивания цепей ДНК, обусловленные видом донорных (5'-концевых) и акцепторных (3'-концевых) нуклеотидов [2]. Для Т4Rnl1 на примере моно-, ди- и трибонуклеотидных субстратов были получены противоречивые данные о ее субстратной специфичности в отношении линейных РНК [3], однако подобные данные в отношении одноцепочечных ДНК отсутствуют вовсе. Таким образом, исследования, направленные на выявление субстратной специфичности Т4Rnl1 в реакции лигирования одноцепочечных ДНК, являются актуальными.

Нами проведена оценка влияния концевых нуклеотидов на пространственную организацию и стабильность комплексов «ДНК – T4Rn1» с применением методов молекулярного моделирования. Все этапы моделирования, включая подготовку молекул, докинг и молекулярную динамику, были проведены в программной среде Schrödinger. Сначала конструировали 16 одноцепочечных ДНК-структур, представлявших собой пару гомодинуклеотидов, в которых варьировали два смежных нуклеотида: на 5'-конце одного (5'-pXX) и на 3'-конце второго (YY-OH-3'). Все динуклеотиды были подвергнуты геометрической оптимизации с помощью операции Prime Minimize. В качестве модели фермента была взята структура 9DO4 из базы данных PDB [4], которую дополнительно оптимизировали с помощью Protein Preparation Workflow. Для каждой пары динуклеотидов был выполнен молекулярный докинг с помощью Glide XP с использованием литературных данных о ключевых аминокислотных остатках активного центра T4Rn1. Затем по значению glide gscore выбиралась наиболее выгодная пространственная поза. Полученные комплексы «фермент – ДНК», соответствующие фермент-субстратному комплексу в момент каталитического события, подвергали минимизации геометрии с помощью Prime Minimize (рис. 1). Для всех 16 структур была проведена молекулярно-динамическая симуляция в Desmond продолжительностью 100 нс при использовании силового поля OPLS4 в растворителе TIP3P и ионной силе 0,15 М. Анализ траекторий проводился с использованием инструмента Simulation Interaction Diagram (SID); оценивали значения RMSD, RMSF и стабильность ключевых контактов.

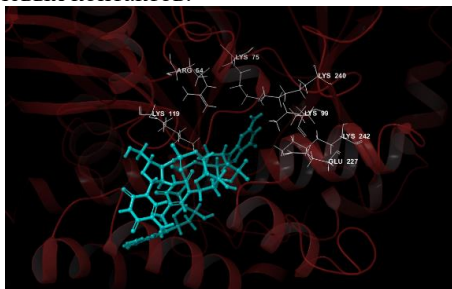


Рис. 1. Пространственное расположение субстрата (dTdT-3' и 5'-p(dGG)) в активном центре T4Rn1.

Молекулярно-динамические вычисления показали, что тип нуклеотида на 5'- и 3'-концах ДНК заметно влияет на стабильность комплексов «фермент – ДНК» за счет различий в количестве и виде химических связей в них. В целом, для T4Rn1 наиболее предпочтительными являются ДНК-субстраты, содержащие пиримидиновые донорные и акцепторные нуклеотиды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-00356.

Литература

1. Uhlenbeck O.C., Gimport R.I. T4 RNA Ligase // The Enzymes. – 1982. – Vol. XV. – Academic Press, New York.
2. Duckworth A.T., et al.. Profiling DNA Ligase Substrate Specificity with a Pacific Biosciences Single-Molecule Real-Time Sequencing Assay // Current Protocols. – 2023. – Vol. 3. – e690.
3. Майстренко В.Ф., Пустошилова Н.М., Клягина В.П., Седельникова Э.А., Смолянинова О.А., Женодарова С.М. Субстратная специфичность РНК-лигазы T4. Влияние нуклеотидной последовательности минимального акцептора фосфата на эффективность межмолекулярного лигирования // Биоорганическая химия. – 1984. – Т. 10. – С. 498–505.
4. Wimberly-Gard G.M., Shuman S. Structure of T4 RNA ligase 1 bound to ATP and Mg²⁺ (PDB ID: 9DO4) // To be published. – 2024.

© Рахимов А.А., Гарафутдинов Р.Р.,
Пасько П.А., Сахабутдинова А.Р., 2026

УДК 581.1

СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЭКСТРАКТАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS*) ПРИ УГЛЕВОДОРОДНОМ СТРЕССЕ

Рахимова И.Т., Сотникова Ю.М.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Загрязнение почвы нефтепродуктами (нефтью, дизельным топливом и моторным маслом) является стрессовым фактором, влияющим на обмен веществ растений. Содержание белка является ключевым физиологическим показателем. В работе проведено сравнение содержания белка в растительных экстрактах подсолнечника (*Helianthus annuus*) выращенных в условиях загрязнённой почвы нефтью и нефтепродуктами. Определение белка в растениях проводили методом Брэдфорда. В ходе работы выявлены изменения при загрязнении почвы моторным маслом, нефть и дизельным топливом.

Таблица 1

Изменение количества белка в побегах и корнях подсолнечника в условиях углеводородного загрязнения (мг/г сырой массы).

Поллютант	Побеги	Корни
Контроль	0,52 ± 0,01	0,35 ± 0,024
Моторное масло	0,33 ± 0,092	0,34 ± 0,0262
Нефть	0,28 ± 0,044	0,232 ± 0,016
Дизельное топливо	0,33 ± 0,034	0,333 ± 0,014

Под воздействием товарной нефти содержание белка в побегах подсолнечника снижается на 46%, в корнях – на 34%. Содержание белка в побегах при загрязнении почвы моторным маслом и дизельным топливом

снижается на 37%. В корнях при действии этих же загрязнителей содержание белка практически не отличается от контрольного варианта (снижение на 3–5%), что свидетельствует о формировании защитной реакции корневой системы.

Таким образом, было выявлено, что корни подсолнечника проявляют устойчивость к загрязнению моторным маслом и дизельным топливом, в то время как побеги более чувствительны к воздействию углеводородного стресса.

Литература

1. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Analytical Biochemistry*. – 1976. -Vol. 72, No. 1-2. - P. 248-254.

© Рахимова И.Т., Сотникова Ю.М., 2026

УДК 577.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭПИНА И ЦИРКОНА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ МЕДИ

Рахматуллина С.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Эффективные аграрные технологии, способствующие повышению устойчивости сельскохозяйственных культур к стрессовым факторам, интересны и актуальны в условиях антропогенного воздействия на окружающую среду тяжелых металлов. Для повышения устойчивости растений к стрессовым условиям активно используются регуляторы роста. Эпин и Циркон хорошо себя зарекомендовали в условиях воздействия стрессовых факторов, включая тяжелые металлы. Эти препараты на основе природных биологически активных соединений обладают выраженным антистрессовым и адаптогенным эффектом. Эпин - стимулирует процессы роста, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам и способствует активации защитных механизмов. Циркон, содержащий гидроксикоричные кислоты, оказывает антиоксидантное действие, усиливает устойчивость растений к окислительному стрессу и улучшает метаболизм. Эпин и Циркон обладают выраженными антистрессовыми свойствами, участвуют в регуляции роста и метаболизма растений, повышают устойчивость к неблагоприятным условиям среды [1].

В ходе проделанной работы установлено, что обработка Эпином на фоне меди увеличила сырую массу побегов на 40%, что указывает на восстановление водного баланса и усиление роста. Эпин способствовал увеличению сырой массы корней на 47%, что отражает стимуляцию корнеобразования.

Сухая масса побегов при действии Эпина увеличивалась на 31,6%, что свидетельствует об активации синтеза биомассы. Сухая масса корней при действии Эпина повышалась на 30,8%, это указывает на улучшение метаболических процессов в корневой системе.

Эпин увеличивал длину побегов на 20,6%, возможно это связано с ослаблением стрессового воздействия меди. Длина корней повышалась на 27,3%, отражая защитный эффект Эпина при токсичности меди.

Циркон увеличивал сырую массу побегов на 32%, а сырую массу корней на 87%, что отражает выраженный защитный эффект Циркона, способствующий росту как побегов, так и корней. Сухая масса побегов увеличилась на 24%, а корней на 29%, что показывает защитное действие Циркона в условиях стрессового воздействия меди.

При обработке Цирконом длина побегов увеличилась на 40%, происходит стимуляция роста надземной части растения. Длина корней увеличилась на 36% и здесь наблюдается восстанавливающее влияние Циркона на рост корневой системы при действии меди.

Эпин и Циркон оказывали защитный и стимулирующий эффект в условиях воздействия меди, что позволяет рассматривать данные регуляторы роста в качестве важных и эффективных компонентов в аграрном секторе.

Литература

1. Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Беларус. наука, 2011. – 293 с.

© Рахматуллина С.Р., 2026

УДК 577.1

ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА РОСТ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КАДМИЯ И ЦИНКА

Рахматуллина С.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Последствия загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами вредоносны. Кадмий и цинк широко распространены в мире и обладают токсичными свойствами. В агрономическом секторе они являются серьезной проблемой, приводящей к масштабным загрязнениям почв. Присутствие тяжелых металлов в окружающей среде приводит к различным нарушениям метаболизма растений, что в конечном итоге отражается на их ростовых характеристиках.

К снижению токсического действия тяжелых металлов на растения приводят вещества, обладающие протекторными свойствами, к каким и относится нитропруssid натрия.

Нитропруссид натрия индуцирует формирование корневых волосков, боковых и придаточных корней; повышает водоудерживающую способность тканей листьев пшеницы [1]; обработка донорами NO снижает действие на растения ионов токсичных металлов. Защитный эффект растений связан с активацией ферментов антиоксидантной защиты. Нитропруссид натрия может рассматриваться в качестве стимулятора роста растений и модулятора про- и антиоксидантной системы.

В ходе проделанной работы выявлено, что присутствие кадмия в эксперименте приводит к нарушениям метаболизма растений, что заметно по снижению накопления массы побегов и корней. Масса побегов снижалась в 2,5 раза, а масса корней в 1,5 раза. Добавление нитропруссида натрия положительно сказывается на накоплении массы побегов и корней растений. Нитропруссид натрия стимулирует накопление массы как побегов, так и корней.

Длина побегов и корней растений пшеницы, выращенных в присутствии кадмия снижалась более чем в 2 раза. Действие нитропруссида натрия положительно сказывается на росте побегов и корней в длину.

На среде с цинком наблюдали снижение роста побегов и корней в 0,8 раза. Нитропруссид натрия на среде с цинком увеличивал накопление массы как надземной, так и подземной частей растений в 1,2 раза. Действие нитропруссида натрия положительно сказывается на накоплении массы побегов и корней растений, выращенных на цинке.

Длина побегов и корней растений пшеницы, выращенных в присутствии цинка снижалась в 1,5 раза. Действие нитропруссида натрия положительно сказывается на росте побегов и корней в длину.

В ходе работы выявлено, что использование кадмия и цинка угнетало рост растений пшеницы, а нитропруссид натрия оказывал стимулирующий эффект.

Литература

1. Бояршинов А.Г., Асафаров Е.В. Стрессовые реакции листьев пшеницы на обезвоживание: участие эндогенного NO и эффект нитропруссида натрия // Казанский федеральный университет. 2011. Т. 58. № 6. С. 891-897.

© Рахматуллина С.Р., 2026

АПРОБАЦИЯ ХЕМОМЕТРИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССОВ ТРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ «НИКЕЛЕВЫЙ СПЛАВ - АЛЮМИНИДНОЕ ПОКРЫТИЕ»

Султанов Г.Р., Смольникова О.Г., Сидельников А.В., Мустафин А.Г.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Традиционные методы разработки рабочих растворов для химической или электрохимической обработки конструкционных элементов энергомашин требуют проведения большого количества экспериментов. Наиболее быстрым и эффективным способом решения проблемы является сочетание экспериментальных и передовых математических подходов [1]. Цель работы - изучить возможности хемометрического моделирования при выборе оптимального раствора селективного удаления дефектного защитного покрытия системы Al-Si-Y с поверхности никелевого сплава ЖС6У (Ni9Cr11W2Ti1,2Nb).

В работе использованы данные циклической вольтамперометрии системы «никелевый сплав - алюминидное покрытие» в 0,1н растворах неорганических кислот (табл. 1). Для каждого эксперимента регистрировали 600 вольтамперограмм в режиме линейной развертки потенциала от – 0,8 до +1,2 В. Длительность одного скана составляла 2,4 с, частота дискретизации – 200 точек/с (480 точек на вольтамперограмму).

Таблица 1

Фрагмент анализируемого массива данных

Исследуемые системы, условное обозначение	Регистрируемые диапазоны токов ($I_{\min} \dots I_{\max}$), мА				
	$t_{\text{раствора}} = 15 - 75^{\circ}\text{C}$				
	Э1: HCl	Э2: HNO ₃	Э3: HCl+HNO ₃	Э4: K ₂ Cr ₂ O ₇	Э5: HCl+HNO ₃ + K ₂ Cr ₂ O ₇
(М): сплав без покрытия		0,1...5,3	1...36	-0,2... 3,2	0...28
М(Р): сплав после удаления покрытия	0,1.. 14	0,1...2,1	1,1...11	-0,25... 2,4	0...32
МР+: покрытие/ сплав изолирован	-3... 55	0,5...6,7	-2,5...37	-0,2... 0,9	1... 36

МГК-анализ исходных вольтамперограмм сравнивали с экспериментальными данными работы [2]. «Излом» на графике (рис. 1а) позволяет выявить количество главных компонент, в нашем случае – 4.

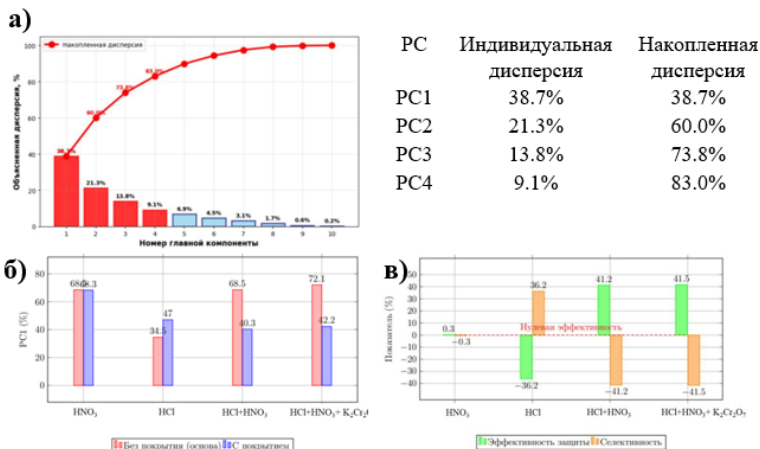


Рис. 1. Результаты PCA анализа: а) выявление главных компонент б) активность объектов в выбранном электролите; в) показатели эффективности защиты и селективности

Первая главная компонента (PC1) отражает электрохимическую активность объектов в выбранном электролите, т.е. способность электролита растворять или пассивировать исследуемую поверхность. Например, для HNO_3 зафиксирована высокая активность, как в отношении покрытия, так и в отношении сплава (рис 1б). Согласно [2], скорость растворения покрытия в HNO_3 достигает 0,2 мг/см²-мин при этом проявляется двухзонная структура покрытия и наблюдается подтравление сплава. Согласно проведенным расчетам соляная кислота менее активно, чем азотная, взаимодействует с объектами исследования (PC1-47% и PC1-34,5% для покрытия и сплава соответственно). Авторы [2] отмечают, что скорость травления покрытия в этом растворе составляет 0,09 мг/см²-мин, при этом микроструктура сплава остается без изменений. Смесь $\text{HCl}+\text{HNO}_3$ активна по отношению к сплаву (PC1-68,5%), что также согласуется с результатами работы [2]. Зафиксированная глубина растратов сплава после обработки в этом растворе составляет 5-8 мкм. Значение PC1 для электролита $\text{HCl}+\text{HNO}_3+\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в отношении сплава составляет 72,1%, для покрытия – 42,2%. На практике данный раствор позволяет проводить удаление дефектных алюминидных покрытий с высокой скоростью и без повреждения никелевой основы за счет способности бихромат - ионов пассивировать поверхность никеля и никелевых сплавов [2].

Литература

1. Родионова О. Е., Хемометрика: достижения и перспективы// О. Е. Родионова, А. Л. Померанцев//Russ. Chem. Rev., 2006, 75 (4), 271–287 Успехи химии. 2006. № 75 (4). С. 302–321.

2. Быбин А.А. Технология удаления алюминидных покрытий с лопаток газовых турбин: монография / А.А. Быбин, Р.Р. Невьянцева, Е.В. Парфенов, О.Г. Смольникова. М: Машиностроение, 2015. 241 с.

© Султанов Г.Р., Смольникова О.Г., Сидельников А.В.,
Мустафин А.Г., 2026

УДК 581.1

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА У ГОРОХА ПОСЕВНОГО
(*PISUM SATIVUM* L.) ПРИ НЕФТЯНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ И
ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ

Хайруллина К.А., Сотникова Ю.М.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Фиторемедиация – это один из экологических методов восстановления или рекультивации загрязненных и нарушенных почв растениями и микроорганизмами. Поллютанты могут провоцировать окислительный стресс у растений, что ведёт к необратимым изменениям биохимических показателей [2]. Белок является одним из основных биохимических маркеров для оценки способности растений адаптироваться к нефтяному загрязнению почвы. Динамика этого показателя отражает формирование адаптивных реакций на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, что позволяет судить о механизмах приспособления к измененным условиям среды.

Объектом исследования был выбран горох посевной, который активно применяется в процессах фиторемедиации, поскольку способен накапливать в своей биомассе токсины, а также взаимодействовать с азотфиксирующими бактериями, что улучшает его рост на загрязнённых почвах.

В качестве загрязнителя была выбрана нефть товарная в концентрации 4%. После распределения поллютанта почву обрабатывали препаратами «Агробиолог», «Ленойл», «Азолен». Контролем служила незагрязненная почва без внесения препаратов, а также почва, загрязненная нефтью.

Результаты эксперимента показали, что содержание общего белка в побеге гороха на чистой почве составило 1,94 мг/г сырой массы, а в корнях 2,42 г/г. При загрязнении почвы сырой нефтью наблюдалось повышение уровня белка в побеге до 2,32 мг/г, тогда как в корнях изменения были незначительными – 2,54 мг/г. Увеличение содержания белка в надземной части может быть связано с активацией синтеза антиоксидантных ферментов и стресс-ассоциированных белков в ответ на токсическое действие поллютантов.

Применение комбинации биопрепаратов «Ленойл+Азолен+Агробиолог» на фоне нефтяного загрязнения способствовало снижению содержания белка в побеге до 2,11 мг/г, что приблизило показатель к контрольному уровню чистого варианта. В корнях

зафиксировано изменение содержания белка до 1,53 мг/г что существенно ниже, как нефтяного, так и чистого контроля. Подобная динамика свидетельствует о снижении окислительного стресса благодаря действию биопрепаратов и о перестройке метаболизма в пользу ростовых процессов, особенно в корневой системе, где наиболее выражена активность микроорганизмов.

Таким образом, данная комбинация биопрепаратов оказывает выраженное влияние на белковый обмен в корнях гороха, снижая стрессовую нагрузку на растение. Так же можно отметить, что содержание белка в листьях и корнях гороха является чувствительным биохимическим маркером нефтяного стресса и эффективности фиторемедиации.

Литература

1. Сотникова Ю.М. и др. Оценка влияния биопрепаратов на морфометрические и физиологические показатели растений-ремедиантов в условиях нефтяного загрязнения почв // Известия вузов. Поволжский регион. – 2022. – № 1. – С. 51–63.
2. Киреева Н.А., Григориади А.С., Багаутдинов Ф.Я. Фиторемедиация как способ очищения почв, загрязненных тяжелыми металлами // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 4-16.

© Хайруллина К.А., Сотникова Ю.М., 2026

УДК 628.316.6.094.3

ОКИСЛЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ В ПРИСУТСТВИИ ФЕРРАТОВ

Хохлова А.М., Анцева Е.С., Козлова А.А., Квиткова Е.Ю.

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
Иваново, Россия*

Развитие промышленности в современном мире неизбежно оказывает влияние на экологическую обстановку, в том числе состояние водных ресурсов. Актуальной экологической проблемой, связанной со сбросом недостаточно очищенных сточных вод, является загрязнение водоемов синтетическими красителями. В результате их попадания в водные объекты не только ухудшаются показатели качества воды, но происходит токсическое воздействие на гидробионты, что может привести к нарушению целых водных экосистем [1].

В последнее время для очистки воды от стойких органических загрязняющих веществ, всё большее применение находят окислительные методы. Как правило, они позволяют обеспечить глубокую очистку воды от широкого спектра загрязнителей [2].

Целью данной работы являлось исследование очистки воды от промышленных красителей (на примере кислотного красного 2С) с помощью комбинирования двух окислительных методов – плазмы диэлектрического

барьерного разряда (ДБР) и феррата натрия. Каждый из этих методов обладает большим потенциалом для эффективной очистки воды, однако их совместное применение представляется особенно перспективным и малоисследованным направлением.

Краситель кислотный красный 2С (также известный как азорубин, кармазин, кармуазин) относится к азокрасителям и широко применяется в пищевой, текстильной промышленности, при производстве парфюмерии и лекарств. При проведении экспериментов использовались его модельные растворы с начальной концентрацией (C_n) от 5 до 100 мг/л. Исследования по удалению красителя проводили как в индивидуальных окислительных процессах (при воздействии плазмы ДБР в реакторе планарного типа и с использованием ферратной технологии), так и при их сочетании. Феррат натрия был синтезирован методом мокрого окисления ионов трехвалентного железа (использовали хлорид железа (III)) в концентрированном растворе щелочи с добавлением 3%-ного раствора гипохлорита натрия [3].

Оценку эффективности очистки проводили спектрофотометрическим методом, фиксируя снижение интенсивности поглощения красителя на длине волны 516 нм.

Экспериментально было установлено, что деструкция красителя в индивидуальных окислительных процессах идет достаточно эффективно и зависит от начальной концентрации красителя, времени обработки, а также дозы феррата или мощности разряда в зависимости от типа окислительного процесса. Так, увеличение дозы феррата натрия (от 1 до 20 мл), а также времени обработки (от 30 до 180 минут) приводило к росту эффективности деструкции красителя, но даже при добавлении максимальной порции феррата (соотношение феррат:краситель = 1:5) через 3 часа обработки степень обесцвечивания растворов (α) составляла 40-80 %.

Процесс деструкции кислотного красного 2С в ДБР зависел от приложенного напряжения и протекал также достаточно эффективно – степень разложения красителя с $C_n = 50$ мг/л достигала 81 % при обработке в течение 1 часа при напряжении 10,5 кВ.

При комбинировании действия ДБР и феррата натрия на растворы красителя наблюдался синергический эффект и процесс очистки воды шёл более эффективно (степень деструкции красителя достигала 53-73 %), чем их индивидуальное использование (за 30 минут обработки ферратом краситель окислился только на 34 %, а в ДБР – на 52 %).

Кроме того, на эффективность деструкции красителя влияла очередность применения раствора феррата и плазмы ДБР. Добавление феррата до плазменной обработки оказалось на 10 % эффективнее, чем их чередование в обратной последовательности (при 30-ти минутной обработке α составляла 63 и 53% соответственно). Но наиболее эффективной схемой комбинирования рассмотренных окислительных процессов стала схема «ДБР

+ феррат + ДБР», при которой порция феррата вводилась в промежутке между плазменной обработкой раствора. В этом случае эффективность деструкции красителя через 30 минут обработки достигала 73 %.

Таким образом, комбинирование окислительного действия ДБР и феррата натрия для очистки окрашенных стоков является эффективным и перспективным способом водоочистки, который можно будет использовать в области охраны окружающей среды.

Работа выполнялась в рамках государственного задания на выполнение НИР (тема FZZW-2026-0005).

Литература

1. Lin J. et al. Environmental impacts and remediation of dye-containing wastewater // Nature Reviews Earth & Environment. – 2023. – Т. 4. – №. 11. – С. 785-803.
2. Thombre N. V. Oxidation in Water and Used Water Purification // Handbook of Water and Used Water Purification. – Cham : Springer International Publishing, 2024. – С. 139-161.
3. Wei Y. L., Wang Y. S., Liu C. H. Preparation of potassium ferrate from spent steel pickling liquid //Metals. – 2015. – Т. 5. – №. 4. – С. 1770-1787.

© Хохлова А.М., Анцева Е.С., Козлова А.А.,
Квиткова Е.Ю., 2026

УДК 631.861:628.477

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА Черво А.Ю., Фархутдинов Р.Г.

УУНиТ, Институт природы и человека, Уфа, Россия

Технология предназначена для применения в сельском хозяйстве, а конкретно в птицеводстве. Используя предлагаемую технологию, птицефабрики способны снизить расходы на производство птицеводческой продукции (снижается себестоимость мяса бройлеров на 5%), расширить ассортимент выпускаемой продукции, уменьшить количество штрафов, выплачиваемых за нарушения экологического законодательства.

Предлагаемая технология позволит проводить постоянную переработку свежего помёта бройлеров. Выделяемый белковый компонент после необходимой обработки, можно возвращать обратно в корм бройлеров, а также использовать в качестве добавки в корма других сельскохозяйственных животных. Также технология способна решить проблему сбросов куриного помёта на поля и решить проблему жалоб, расположенных вблизи населённых пунктов.

Процесс переработки включает в себя три этапа.

На первом этапе проводится водная экстракция помета специальным раствором, затем фильтрация и отделение не растворившихся веществ, как

основа для получения твердых удобрений. В этом осадке содержится много органических компонентов, в первую очередь это целлюлоза, которую можно использовать для улучшения структуры почвы и повышения ее плодородия.

Во втором этапе происходят такие процессы как: электрокоагуляция раствора, осаждение, фильтрация, промывка, сушка и гранулирование белков.

В третьем этапе происходит обработка фильтрата, который содержит мочевины и ионы фосфора, калия и другие минеральные вещества, это основа для получения жидкого органического удобрения.

С помощью электрофлоткоагуляции можно выделить до 90% белка, содержащегося в помете, который после сушки и гранулирования можно использовать в качестве кормовой добавки для животных и для других целей. На основе водного экстракта будет получено жидкое органическое удобрение содержащее макро- и микроэлементы. Из нерастворимых компонентов с применением микробиологических препаратов по ускоренной технологии будут получены твердые органические удобрения, которые рекомендуются для структурирования тяжелых почв и выступают в качестве органического удобрения пролонгированного действия.

В процессе переработки помета бройлеров предлагаемая технология позволит получать:

1. Белковые гранулы содержащие 60-70 % легкоусвояемого протеина, которые добавляют в корм животным в качестве замены белковых компонентов.

2. Жидкое органическое удобрение содержит - 5% азота, 5% фосфора, 2% солей калия, 1% солей кальция, а также большое количество микроэлементов. Требуется разведения перед применением 1:10.

3. Твердое органическое удобрение рекомендуется для структурирования тяжелых почв и выступает в качестве удобрения пролонгированного действия.

В процессе переработки в удобрениях не обнаруживается наличие патогенных бактерий. Переработка свежего птичьего помета не приводит к образованию резкого запаха, в отличие от обычных методов компостирования, которые сопровождаются обильным выделением газов (аммиак, сероводород и другие). В используемом методе при переработке птичьего помета бройлеров отходы производства практически отсутствуют. Получаемый продукт при длительном хранении не меняет своих свойств. Полученным белком можно снизить затраты сырого протеина на 38,85% - 55,65% в зависимости от содержания белковых компонентов в комбикормах.

© Черво А.Ю., Фархутдинов Р.Г., 2026

ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ КАЛЕНДУЛЫ
ЛЕКАРСТВЕННОЙ ПРИ НЕФТЯНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ

Ягофарова А.Э., Сотникова Ю.М.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Одним из ключевых механизмов ответа растений на действие стрессовых факторов является активация антиоксидантной системы [2]. Каталаза – это гемсодержащий фермент, который катализирует разложение перекиси водорода на воду и молекулярный кислород, тем самым предотвращая окислительное повреждение клеточных структур [1]. При загрязнении почвы нефтью и нефтепродуктами в растительных клетках накапливаются активные формы кислорода, что приводит к необходимости усиления работы антиоксидантных ферментов [3]. Поэтому оценка активности каталазы может служить чувствительным биохимическим маркером токсического действия углеводородов.

Объектом исследования выбрана календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.) – растение, широко используемое в декоративном садоводстве и обладающее устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Растения выращивали в вегетационных условиях на чернозёмной почве. Опытные образцы почвы загрязняли сырой нефтью в концентрации 4% от массы сухой почвы. Контролем служила незагрязнённая почва. Продолжительность эксперимента составила 30 суток. Активность каталазы определяли спектрофотометрическим методом по скорости разложения перекиси водорода в экстрактах листьев ($\lambda = 410$ нм) [1].

Результаты эксперимента показали, что базальная активность каталазы в листьях календулы в контроле составила 65,9 кат/л. При загрязнении почвы нефтью наблюдалось значительное возрастание активности фермента – до 688,6 кат/л, что превышает контрольные значения более чем в 10 раз. Такое резкое повышение каталазной активности свидетельствует о развитии окислительного стресса у растений и активации защитных механизмов в ответ на токсическое действие нефтяных углеводородов. Сравнительный анализ показал, что в корнях календулы активность каталазы при загрязнении нефтью также возрастала (с 112,6 до 621,4 кат/л), однако менее выражено, чем в листьях.

Таким образом, активность каталазы в листьях календулы является чувствительным биохимическим маркером нефтяного загрязнения почвы. Резкое увеличение активности фермента в ответ на стресс может свидетельствовать о формировании устойчивости в условиях нефтяного загрязнения, в связи с активацией своих защитных механизмов.

Литература

1. Поляк Ю.М., Сухаревич В.И. Почвенные ферменты и загрязнение почв // Агрохимия. – 2020. – № 3. – С. 83–93.
2. Сотникова Ю.М. и др. Оценка влияния биопрепаратов на морфометрические и физиологические показатели растений-ремедиантов в условиях нефтяного загрязнения почв // Известия вузов. Поволжский регион. – 2022. – № 1. – С. 51–63.
3. Козлов В.А., Рожков В.А. Экологическая химия нефти и нефтепродуктов. – СПб.: Химиздат, 2018. – 312 с.

© Ягофарова А.Э., Сотникова Ю.М., 2026

СЕКЦИЯ
«ДОСТИЖЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В ХИМИИ»

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СОХРАННОСТЬ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В КАРТОФЕЛЕ

Абдрафиков А.Р., Набиуллина А.Ф.

МАОУ ЦО № 164, Уфа, Россия

Картофель является одним из основных продуктов питания и может служить значимым источником витамина С (аскорбиновой кислоты), особенно в зимне-весенний период. Витамин С крайне нестабилен и разрушается под воздействием кислорода, света и высоких температур. В связи с этим, актуальной задачей является определение оптимальных условий кулинарной обработки, позволяющих максимально сохранить этот витамин в готовом продукте.

Цель данной работы - изучить влияние различных способов варки на содержание витамина С в картофеле методом йодометрического титрования в домашних условиях. В качестве объектов исследования использовали клубни картофеля сорта Айвори Рассет. Исследовали три образца: сырой картофель (контроль, №1); картофель, сваренный после закладки в холодную воду (№2); картофель, заложённый в кипящую воду (№3).

Продолжительность варки в обоих случаях составляла 25 минут. Содержание витамина С определяли титрованием вытяжки 5% спиртовым раствором йода в присутствии крахмального клейстера до появления устойчивого синего окрашивания. Расчет вели исходя из того, что 1 мл 5% йода окисляет 35 мг аскорбиновой кислоты.

Полученные данные эксперимента показывают, что термическая обработка приводит к значительному снижению содержания аскорбиновой кислоты. При варке картофеля, заложённого в холодную воду (медленный нагрев), потери витамина С составили 57%. В образце, заложённом в кипящую воду, разрушение витамина было менее интенсивным и составило 42%. Это объясняется быстрой инактивацией ферментов (аскорбатоксидазы), разрушающих витамин С, при погружении картофеля в кипяток, а также сокращением времени теплового воздействия.

Таким образом, варка картофеля закладкой в кипящую воду является более щадящим режимом, позволяющим лучше сохранить его витаминную ценность.

Литература

1. Турбина Е. С. Оценка содержания витамина С в растениеводческой продукции // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2016. – № 3 (24). – С. 66-71.

© Абдрафиков А.Р., Набиуллина А.Ф., 2026

НИТРИТ НАТРИЯ В КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЯХ: БАЛАНС ПОЛЬЗЫ И БЕЗОПАСНОСТИ

Адиев А.М., Адиева Г.Ф.

МОБУ СОШ им. С.С. Ильина с. Жуково, Уфимский район, Россия

Нитрит натрия (NaNO_2 , E250) является ключевым компонентом мясоперерабатывающей промышленности, обеспечивая фиксацию окраски, подавление роста *Clostridium botulinum* и антиоксидантную защиту липидов [1]. Однако образование канцерогенных нитрозаминов при взаимодействии нитритов с аминами создаёт риск для здоровья потребителей, что делает контроль остаточного содержания нитритов критически важной задачей [2].

В данной работе методом фотометрии по реакции Грисса (ГОСТ 8558.1-2015) определено остаточное содержание нитрита натрия в образцах колбасных изделий различных видов (варёные, сырокопчёные, варёно-копчёные). Установлено, что минимальная концентрация нитритов зафиксирована для сырокопчёной колбасы – 0,0008%, что объясняется длительным созреванием и полным расходом добавки в биохимических реакциях. Максимальное содержание выявлено для варёно-копчёного образца – 0,0053%, что незначительно превышает предельно допустимую концентрацию (0,0050%). Варёные изделия демонстрируют стабильно низкие значения в диапазоне 0,0012–0,0029%.

Эффективность контроля нитритов охарактеризована коэффициентом отклонения от нормы, который составил 1,06 для варёно-копчёной колбасы (незначительное превышение) и 0,16 для сырокопчёной (низкий уровень).

Результаты работы служат практическим руководством для осознанного выбора колбасных изделий. Для минимизации рисков, связанных с употреблением нитритсодержащих продуктов, рекомендуется: выбирать продукты с сероватым оттенком или маркировкой «Без нитритов»; избегать жарки колбасных изделий (выше 150°C), отдавая предпочтение варке со сливом бульона; сочетать мясные продукты с овощами и фруктами, богатыми витаминами С и Е; не делать колбасу ежедневным блюдом, особенно в рационе детей до 3–5 лет.

Литература

1. Неманова О.К., Варламов В.А. Применение нитрита и нитрата натрия при производстве сырокопченых колбас. Современные тенденции в общественном питании: сб. докладов. Тольятти. – 2016. – С.61-65.
2. Сергеева Л.В., Кадималиев Д. А., Бирюков В. С. Натуральные антиоксиданты для колбасных изделий // Журнал Все о мясе –2012 – №4 – С. 16-18

© Адиев А.М., Адиева Г.Ф., 2026

Качественные реакции на белок позволяют без сложного оборудования определить не только факт наличия белков, но и его аминокислотный состав. В данной работе исследован химический состав куриного белка с помощью биуретовой, нингидриновой реакций и реакции Фоля.

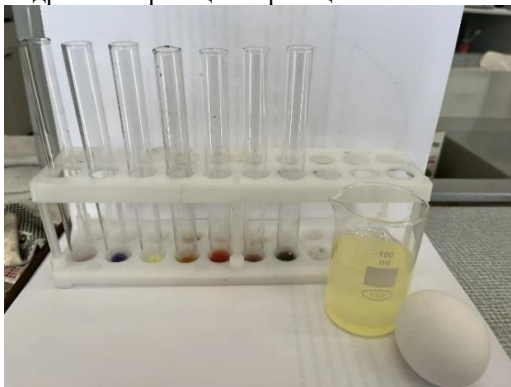


Рис. 1. Качественные реакции на белки

Биуретовая реакция основана на взаимодействии пептидных связей ($-\text{CO}-\text{NH}-$) с ионами меди(II) в щелочной среде, что приводит к образованию комплексного соединения сине-фиолетового цвета. Для яичного белка получено устойчивое красно-фиолетовое окрашивание, что доказывает наличие большого количества пептидных связей. С помощью биуретовой реакции проведено сравнение куриного бульона и бульонного кубика. Домашний бульон дал сине-фиолетовое окрашивание (положительная реакция), а раствор бульонного кубика остался голубым (отрицательная реакция, раствор голубой из-за медного купороса). Это объясняется тем, что домашний бульон содержит натуральные белки, перешедшие из мяса, тогда как основа бульонного кубика – соль и усилители вкуса.

Нингидриновая реакция выявила наличие альфа-аминокислот в яичном белке, а также была успешно применена для проявления скрытых отпечатков пальцев: потовые выделения содержат аминокислоты, которые с нингидрином образуют пурпур Руэмана сине-фиолетового цвета.

Реакция Фоля на серосодержащие аминокислоты дала положительный результат для яичного белка (выпадение черного осадка PbS) и для натуральной шерсти, тогда как синтетическое волокно не изменило окраску (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика проведенных реакций

Название	Что выявляет	Окрашивание	Практическое применение
Биуретовая реакция	Пептидные связи	Фиолетовое	Клиническая диагностика
Нингидриновая реакция	Альфа-аминокислоты	Сине-фиолетовое	Дактилоскопия
Реакция Фоля	Серосодержащие аминокислоты	Черный осадок	Анализ состава белков, идентификация инсулина

Таким образом, комплекс качественных реакций доказывает, что яичный белок является сложным органическим соединением, состоящим из аминокислот, соединенных пептидными связями, и может быть рекомендован для использования в пищевой безопасности, клинической диагностике и криминалистике.

Литература

1. Ленинджер А. Основы биохимии. <https://lailas.ru/biochemistry/filippovich/index.html>
2. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. <https://lailas.ru/biochemistry/filippovich/index.html>

© Азаматова А.С., 2026

УДК 37.048.4

ОПЫТ НАСТАВНИЧЕСТВА В РАМКАХ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ НА УРОКАХ ХИМИИ

Андриянцева С.А.¹, Дергунова В.В.¹, Кондрашова А.А.¹,
Андриянцева А.П.²

¹ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева»

Применение модели проектного обучения вошло в спектр педагогических методик, обеспечивающих освоение учебного материала с помощью решения кейсовых задач.

Проектная деятельность в области аналитической химии включает в себя как изучение фундаментальных аспектов аналитической химии, так и решение прикладных задач с применением в конкретной аналитической методики. Совместная работа наставника (преподавателя, учителя, студента) и школьника при реализации каждого этапа проектной деятельности, способствует повышению активности учащегося, осознанному участию в разработке проекта [1, 2].

Примером наставничества в проектной деятельности школьников может служить совместная работа ВУЗов и школ.

В 2026 году между ФГБОУ ВО «ЛГТУ» и МАОУ многопрофильным лицеем г. Липецка «Циолковский» было заключено соглашение о сотрудничестве по содействию занятости обучающихся и трудоустройству выпускников Университета. В рамках соглашения о сотрудничестве преподаватели и студенты кафедры химии доцентом кафедры химии ФГБОУ ВО «ЛГТУ» реализуют работу по внедрению основ аналитической химии в рамках проектной деятельности школьников 8 класса по химии.

На начальном этапе работы состоялась междисциплинарная лекция для учеников 6-8 классов на тему «Химические технологии вокруг нас», которая стала стимулом для развития интереса к аналитической химии.

На следующем этапе работы были сформулированы темы проектов с учетом проблемности и актуальности тематик, их практической ориентации и значимости: оценка чистоты воздуха по состоянию растений;

сравнительный анализ эффективности применения растительных удобрений; органолептический и химический анализ воды Липецкого Бювета. При выборе объектов и методик исследований студентами были применены и адаптированы для школьников знания в области аналитической химии, биологии, постановки эксперимента. Управление работой школьников проводилось с учетом его интересов и присущего ему ритма деятельности с целью развития личностных качеств, полезных для решения основных задач проектного обучения, повышения его инновационного потенциала для успешной профессиональной деятельности.

Представленный опыт внедрения знаний и навыков работы в области аналитической химии в проектной деятельности школьников наглядно демонстрирует заинтересованность всех участников образовательного процесса (преподавателя и студента, учителя и ученика, студента и школьника) при реализации научного потенциала преподавателя в учебной деятельности и создания условий для формирования требуемых образовательными стандартами профессиональных компетенций, раскрытия и развития творческих способностей обучающихся.

Литература:

1. Андриянцева С.А., Денекова Н.А., Лупова И.А., Андриянцева А.П. Наставничество в области экологического образования в рамках проектной деятельности школьников / Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная: материалы XII Международной научно-практической конференции (Брянск, 28 апреля 2023 г.) / ФГБОУ ВО БГИТУ; – Брянск: [б.и.], 2023. – 283 с. С. 258-261- ISBN 978-5-98573-329-7. – Текст: электронный.

2. Опыт повышения уровня освоения химии школьниками направления «Наноквантум» ДТ «Кванториум» (г. Липецк) Андриянцева С. А., Лупова И. А., Денекова Н. А., Андриянцева А. П., Жданова Н. А. // Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии – 2024: сборник научных статей Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 60-летию Юго-Западного государственного университета, 9 октября 2024 года / редакционная коллегия: Н. В. Кувардин (отв. ред.) [и др.]; Минобрнауки России, Юго-Западный гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2024. – 272 с.

© Андриянцева С.А., Дергунова В.В., Кондрашова А.А.,
Андриянцева А.П., 2026

УДК 631.589

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЗАМАЧИВАНИЯ СЕМЯН ФАСОЛИ НА ИХ ВСХОЖЕСТЬ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА «РИФТАЛ»

Багаутдинова М.В.¹, Габдуллина Э.Э.², Багаутдинова Г.Г.³

¹МАОУ Школа № 108, Уфа, Россия

²МОБУ СОШ д. Шамонино, Уфимский район РБ, Россия

³Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Регуляторы роста широко используются в сельском хозяйстве, позволяют повысить всхожесть семян, ускорить развитие растений и увеличить урожайность. Тем не менее, их эффективность зависит от правильно подобранных параметров обработки. В условиях гидропоники, где отсутствует буферная роль почвенного субстрата возникает риск фитотоксического эффекта и активации сопутствующей микрофлоры. В работе исследовано влияние продолжительности замачивания семян фасоли в растворе регулятора роста на их последующее прорастивание гидропонным методом. Проведен сравнительный анализ режимов замачивания: экспозиция 3 часа и 20 минут. Установлено, что длительное замачивание (3 часа) приводит к развитию плесени на семенах после переноса в контейнеры, что негативно сказывается на их жизнеспособности. При сокращении времени экспозиции до 20 минут семена прорастали нормально, без признаков поражения.

Целью исследования является оценка влияния длительности замачивания на всхожесть семян фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) при обработке регулятором роста «Рифтал» [1] в условиях гидропонного культивирования на стерильной воде. Эксперимент проводился в контролируемых условиях с использованием искусственного освещения.

Схема опыта включала четыре варианта:

1) контроль 1 – замачивание в стерильной дистиллированной воде в течение 3 часов;

2) контроль 2 – замачивание в стерильной дистиллированной воде в течение 20 минут;

3) обработка регулятором роста «Рифтал» в концентрации, рекомендованной для сельскохозяйственных культур, с экспозицией 3 часа;

4) обработка регулятором роста «Рифтал» в той же концентрации с экспозицией 20 минут.

После замачивания семена помещали в контейнеры для проращивания, где на стеклянной пластине, обернутой фильтровальной бумагой и смоченной стерильной водой, создавались условия постоянного увлажнения без погружения семян в воду.

При замачивании в течение трёх часов (как в контроле на стерильной воде, так и в варианте с регулятором роста «Рифтал»), на вторые сутки культивирования на поверхности семян и проростков было зафиксировано обильное развитие черной плесени. Полная всхожесть в этих вариантах отсутствовала.

Уменьшение времени замачивания до 20 минут в обоих вариантах – 1.Контроль и 2.Обработка «Рифталом», позволило избежать развития грибной инфекции. Проростки фасоли демонстрировали нормальную всхожесть и ростовые показатели.

Регулятор роста «Рифтал» при 3-часовой экспозиции не оказывал дополнительного ингибирующего эффекта, так как инфекция развивалась в контроле. Сокращение времени замачивания до 20 минут предотвращает активацию инфекции, что указывает на критическую роль длительности экспозиции в развитии фитопатогенных процессов.

Полученные результаты свидетельствуют, что оптимальной экспозицией замачивания, в условиях гидропоники, является 20 минут, что обеспечивает микробиологическую чистоту эксперимента и нормальное прорастание. Дальнейшие исследования должны быть направлены на продолжение изучения влияния различных экспозиций замачивания семян фасоли в регуляторе роста «Рифтал», для последующей оценки их ростовых показателей.

Литература

1. Талипов, Р. Ф. Синтез практически ценных гидрированных фуранов: монография / Р. Ф. Талипов, А. Г. Мустафин ; Р. Ф. Талипов, А. Г. Мустафин; Акад. наук Респ. Башкортостан, Отд-ние химико-технологических наук, ГОУ ВПО "Башкирский гос. ун-т". – Уфа : Гилем, 2009. – 152 с. – ISBN 978-5-7501-1066-7. – EDN QKCLZP.

© Багаутдинова М.В., Габдуллина Э.Э., Багаутдинова Г.Г., 2026

АНТИБИОТИКИ – СПАСЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Бадретдинова Н.Д. (11Б), руководитель: Басимова Л.М., учитель химии
МБОУ Гимназия им. Гали Сокогоря, с.Верхние Татышлы, Россия

История открытия антибиотиков.

В начале XX века британский бактериолог Александр Флеминг случайно обнаружил первый антибиотик - пенициллин - при исследовании плесневого гриба. Флеминг заметил, что плесень способна убивать бактерии, растущие рядом с ней, и в 1928 году опубликовал свое открытие.

Польза и вред антибиотиков.

Успешная борьба с тяжёлыми бактериальными инфекциями. Например, с такими заболеваниями, как пневмония, ангина и другие. Они играют важную роль в профилактике инфекций при хирургических и стоматологических вмешательствах, а также используются для повышения продуктивности животных и урожайности растений.

Вред: Антибиотики уничтожают полезные бактерии, нарушая баланс микробиома, что может привести к аллергии, ожирению, дисбактериозу и другим. Они негативно влияют на печень и при длительном приёме ослабляют иммунную систему.

Антибиотики в продуктах питания.

Антибиотики попадают в организм человека преимущественно через продукты животноводства, куда их добавляют для профилактики болезней и ускорения роста. При тепловой обработке антибиотики частично разрушаются, но часть сохраняется.

Как свести вред антибиотиков в продуктах питания к минимуму?

Покупайте мясо у проверенных производителей (в говядине меньше всего антибиотиков, в птице – наоборот). Помните, что при обработке продуктов часть антибиотиков разрушается.



Рис. 1. Проверка действия пеницилина

Вывод: пенициллин – препятствует размножению бактерий и разрушению клеток картофеля, то есть полностью подтверждает свои антибактериальные свойства.

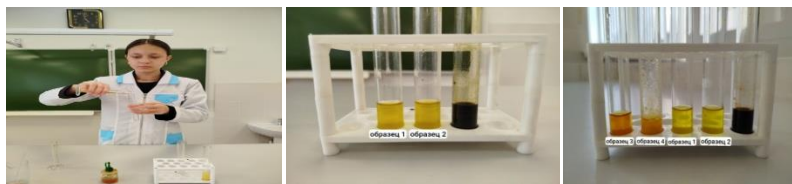


Рис. 2. Определение содержания антибиотиков в продуктах питания

Вывод: исходя из окраски растворов, мы предположили, что в данных образцах наличие антибиотиков не превышает нормы.

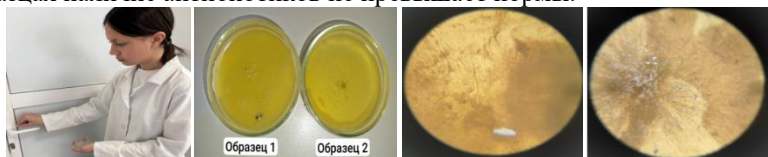


Рис. 3. Определение содержания антибиотиков в продуктах питания

Вывод: исходя из окраски растворов, мы предположили, что в данных образцах наличие антибиотиков не превышает нормы.



Рис. 4. Влияние антибиотика на прораствание плесневелых грибов на хлебе

Вывод: антибиотик сдерживает развитие плесени мукора, но бессилён перед более опасными видами плесени.

Заключение.

В ходе работы доказано: антибиотики – мощное оружие против бактерий, но для сохранения их действия необходимо разумное использование и гигиена. В ходе исследовательской работы, в условиях школьной лаборатории, мы изучили свойства антибиотика, проверили действие антибиотика, провели исследования двух образцов продуктов животноводства на наличие остаточного количества антибиотиков, вырастили бактерии в питательной среде и определили мощность антибиотиков.

Литература

1. А.Б. Черномордика. «Рациональное применение антибиотиков». Издательство: «Здоров'я». 1973 г. с. 239.
2. Т. В. Глухарева, И. С. Селезнёва, Е. Н. Уломский. «Основы получения и применения антибиотиков». Екатеринбург, 2021 г. с.258.
3. Анна Руни. «Зачем нам нужны антибиотики?». Издательство: «Питер». 2017 г. с. 310.

© Бадретдинова Н.Д., 2026

БЕЛЕМНИТ - ПОДАРОК МЕЗОЗОЙСКОЙ ЭРЫ

Басимова З.А. (5В), руководитель: Басимова Л.М., учитель химии
 МБОУ Гимназия имени Гали Сокороя, с. Верхние Татышлы, Россия

По одной из легенд, самый главный чёрт решил установить своё влияние над всем миром, однако добрые силы помешали ему это сделать и обернули его в неприступную скалу. С тех пор единственным напоминанием о черте стали его окаменевшие пальцы, которые рассыпались по всему миру (Из старинной славянской легенды).

Что же такое «белемнит», «чертов палец»? Белемниты – давно вымершие беспозвоночные головоногие моллюски. Внешне они были похожи на кальмаров, но, имели внутреннюю раковину. Их длина, как правило, не превышала 40 см, а раковина имела удлинённую форму. Окаменелые белемниты можно найти практически в любой точке планеты.

Ростр - то самое прочное коническое образование, находившееся на заднем конце тела моллюска. Минерал белемнит – это почти чистый (до 97% состава) арагонит. Арагонит – минерал, один из естественных полиморфов карбоната кальция (CaCO_3). Его дополняют примеси: золото, серебро, железо, магний, марганец, а также цинк, олово, кремний.

В ходе экспериментальных опытов, мы изучили внешнее строение белемнитов, растворимость в воде, отношению к нагреванию, определили наличие карбонатов ионов в составе, определили и сравнили pH водопроводной воды от воды 1 дня настаивания с белемнитом, а также приготовили скраб для тела на основе порошка белемнита, в условиях школьной лаборатории. В ходе исследований все поставленные цели были достигнуты, задачи выполнены, гипотезы подтвердились.

В ходе выполнения исследовательской работы, мы проконсультировались с доктором геолого-минералогических наук, профессором кафедры природообустройства, строительства и гидравлики БашГУ Абдрахмановым Рафилом Фазыловичем.



Рис. 1. Консультация с доктором геолого-минералогических наук, профессором кафедры природообустройства, строительства и гидравлики БашГУ Абдрахмановым Р.Ф.



Рис. 2. Изучение внешнего вида белемнитов



Рис. 3. Нагревание исследуемых образцов в открытом пламени. Определение карбонатов ионов. Определение pH раствора



Рис. 4. Изготовление скраба для тела

Белемнит («чертов палец») – это роговые панцири животных. Найденные окаменелости белемнитов и морских раковин свидетельствуют о том, что наша территория миллионы лет назад была морским дном. Возможно, этот камень не так привлекателен внешне, как многие другие минералы, зато белемнит имеет многовековую историю. Этот камень когда-то был живым организмом, преодолевавшим бескрайние просторы доисторических морей, потом тысячелетия его вынашивала земля, затем, возможно, ему поклонялись наши предки, веря в него, как верят сейчас мало кто из наших современников.

Литература

1. Родимин, Е. М. Лечение чертовым пальцем / Е. М. Родимин. – М.: РИПОЛ классик, 2011. – 10 с.
2. Белемниты [Электронный ресурс] // Палеонтологический портал. 3. Аммонит.ру 14.01.2016: <http://www.ammonit.ru/fossil/76.htm>.
3. Белемниты и где они обитают [Электронный ресурс] // <https://www.livemaster.ru/topic/3078657-belemnity-i-gde-oni-obitayut>
4. О.С. Дзюба «Белемниты (Cylindroteuthidae) и биостратиграфия средней и верхней юры Сибири». – М.: СО РАН, Гео, 2004. – 203с.
5. Интернет-энциклопедия «Википедия» www.ru.wikipedia.org

© Басимова З.А., 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ БАШКИРСКОГО ЛИПОВОГО МЕДА РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Габдуллина Э.Э.¹, научный руководитель: Канчурина М.М.²

¹МОБУ СОШ д. Шамонино, Уфимский район РБ, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Качество меда - важный показатель его пищевой ценности и сроков хранения [1]. Одним из ключевых параметров является содержание воды в продукте. Влажность меда влияет на его консистенцию, вкусовые качества и склонность к кристаллизации. Целью исследования являлось определение массовой доли воды в образцах башкирского липового меда и оценить их соответствие требованиям ГОСТ 31766-2022. Объектом исследования выступили 8 образцов башкирского липового меда. Для определения содержания воды использовался рефрактометрический метод, который позволяет точно измерить показатель преломления света в растворе и определить концентрацию растворенных веществ (ГОСТ 31774-2012). Согласно ГОСТ 31766-2022, массовая доля воды в меде не должна превышать 20%. Все исследованные образцы соответствуют этому показателю (см. табл. 1). Наименьшее содержание воды обнаружено в образце 8 ЛМ (15,2%), наибольшее - в образце 2 ЛМ (19,3%).

Таблица 1

Массовая доля воды в образцах башкирского липового мёда

Шифр башкирского липового меда	Массовая доля воды W, %
1 ЛМ	17,5±0,7
2 ЛМ	19,3±0,8
3 ЛМ	15,6±0,6
4 ЛМ	15,7±0,6
5 ЛМ	13,9±0,6
6 ЛМ	17,5±0,7
7 ЛМ	15,4±0,6
8 ЛМ	15,2±0,6

Все образцы башкирского липового меда соответствуют требованиям ГОСТ по содержанию воды, что подтверждает их пригодность к употреблению и длительному хранению.

Литература

1. Аганин А.В. Мед и его исследование. г.Саратов, Изд-во Саратовского ун-та, 1985 г., 152 с.

© Габдуллина Э.Э., 2026

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПЛОДАХ ШИПОВНИКА

Гайнуллина С.А.(10В)¹, руководители: Мусагитова Г.Х.¹, Гайнуллина Ю.Ю.²

¹*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение “Лицей № 160 имени Нагаева Мугина Каримовича”, Уфа, Россия*

²*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

В современном мире проблема дефицита витаминов становится все более актуальной. С каждым годом все больше людей сталкиваются с нехваткой этих жизненно важных веществ, что приводит к различным проблемам со здоровьем. Витамины, вместе с белками, жирами, углеводами и минеральными солями, содержащимися в натуральных продуктах, играют важную роль в обеспечении нормального протекания биохимических процессов в организме. Так как аскорбиновая кислота входит в состав не только лекарственных средств, но и многих фруктов, плодов, которые являются и лекарственными препаратами, то данная тема является актуальной для изучения.

Целью данной работы является определение содержания аскорбиновой кислоты в плодах шиповника, приобретенного в аптеке и собранного на территории Республики Башкортостан.

Методом тонкослойной хроматографии было определено качественное содержание аскорбиновой кислоты в объектах исследования.

Экстракцию плодов шиповника проводили 95% этиловым спиртом. ТСХ-анализ осуществляли с использованием хроматографических пластин «Сорбфил ПТСХ-АФ-А-УФ». Для выявления наиболее эффективной подвижной фазы были использованы различные системы растворителей: Н-бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:5); Н-бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:2); Этилацетат- уксусная кислота (80:20); Этилацетат- уксусная кислота (70:30); Этилацетат- муравьиная кислота- вода (3:1:1); Ацетон- мутанол-уксусная кислота (3:1:2).

В колбу со шлифом емкостью 30 мл добавляют 1,0 г плодов шиповника, предварительно измельченных в ступке. К ним прибавляют 10 мл 70% спирта этилового, присоединяют обратный холодильник и нагревают до кипячения, далее в течении 15 минут продолжают кипятить. Полученное извлечение фильтруют через бумажный фильтр. Далее на линию старта хроматографической пластинки «Сорбфил-ПТСХ-АФ-А-УФ» наносят 0,01 мл полученного извлечения и рядом 0,1% раствора РСО АК. Предварительно хроматографическую камеру насыщают не менее 1ч выбранной системой растворителей. Помещают в камеру пластину и хромаграфируют восходящим способом. Пластинку необходимо вынуть после того, как фронт растворителя пройдет 8 см и высушить на воздухе в течении 5 минут. После того, как

пластина полностью высохнет, просматриваем при УФ-свете 254 нм. Замечаем на светлом серо-голубом фоне ярко-малиновые пятна с R_f около 0,5-0,6. Это свидетельствуют о наличии аскорбиновой кислоты.

Таким образом, в ходе исследования определено, что исследуемые плоды шиповника (собранные плоды на территории РБ и промышленный образец) соответствуют требованиям Государственной Фармакопеи РФ XIV по содержанию аскорбиновой кислоты (не менее 0,2%). Установлено, что система н-бутанол-уксусная кислота-вода (4:1:5) является наиболее эффективной в хроматографическом процессе.

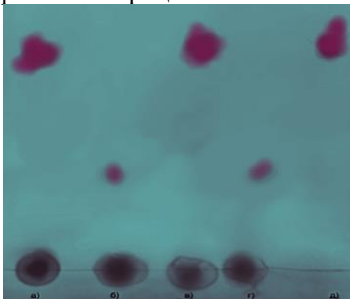


Рис. 1. а) сироп Витаминизированный; б) сироп «Холосас»; в) шиповник «Коричный»; г) шиповник «Собачий»; д) РСО АК

© Гайнуллина С.А., 2026

УДК 542.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИГРАЦИИ МИКРОПЛАСТИКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Гончаренко М.Е.¹, Мажитова Р.С.¹, Торосян С.А.²

¹МОБУ СОШ д. Алексеевка Уфимского района, Россия

²Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Пластик - незаменимый материал, необходимый для жизни современного человека. Высокая концентрация МП в почве- потенциальная угроза для окружающей среды, он изменяет химические и физико-химические свойства почв, уменьшает подвижность и доступность питательных веществ и диффузию влаги в почве, влияет на рост растений, замедляя развитие корней во время прорастания. [1] Микропластик способен адсорбировать пестициды, тяжёлые металлы и ПАУ, усиливая их токсичность.[2]

В своей исследовательской работе мы создали модель процесса миграции микропластика.

Максимально приблизив условия к естественному пребыванию МП в почвенной экосистеме мы хотели исследовать влияние биогеохимических процессов на его миграцию.

Пробоподготовка микропластика: МП получили путем измельчения различных видов доступных промышленных пластиков (полиэтилен) в мельнице, которые заранее в течении 6 месяцев были охлаждены в морозильной камере (методика пробоподготовки по работам ученых из Новосибирского института органической химии Сотниковой Ю.С., Карпова Е.В.) Полученный микропластик навеской 0,473 г был помещен в грунтовую яму диаметром 10 см и глубиной 7 см и засыпан почвой до прежнего состояния. Для определения миграции пластика и его качественного определения в образцах почвы, ровно через год образцы почвы массой 60 г точно были взяты на различных расстояниях и глубинах от этой экспериментальной ямы.

Нами была использована методика определения микропластика в почве, применяемая учеными Томского государственного университета О.Э. Мерзляковым и К.В. Ручкиной- метод включающий разделение по плотности, удаление органических веществ с последующим разделением по плотности, флотацию по плотности и выщелачивание под давлением в сочетании с химической обработкой[3]. При разделении, зависящем от плотности использовался насыщенный солевой раствор NaCl, что позволяет добиться высокой степени извлечения (около 95%) как мелких (10–100 мкм), так и крупных (100–5000 мкм) частиц. Для удаления органических веществ с последующим разделением по плотности обычно используется перекись водорода (H_2O_2), которая эффективно расщепляет органические вещества, обеспечивая эффективность извлечения до 99%. Эта процедура позволяет получить более прозрачные надосадочные жидкости, что значительно облегчает извлечение микропластика.

Определение качественного состава микропластика было осуществлено методом электронной микроскопии на базе нашей школы. Микрочастицы отличаются от непластиковых материалов по таким физическим характеристикам, как цвет, форма и светопропускная способность. Однако, по имеющимся данным, при визуальном контроле вероятность ошибки составляет от 20% до 70%, и чем меньше размер частиц, тем выше вероятность ошибки. Это связано с тем, что потенциальные частицы сложно отличить от песчинок, природных биополимеров, таких как хитин, и т. д., что приводит к большому количеству ложноположительных и ложноотрицательных результатов. Поэтому в сомнительных моментах мы использовали механизмы, позволяющие избежать ложноположительной идентификации микрочастиц при визуальном осмотре. Для этого мы протыкали сомнительные частицы горячей иглой и подвергали микрочастицы кратковременному воздействию высоких температур. После проведения качественного анализа обнаружения МП в пробах почвы, на разных расстояниях от центра захоронения МП мы выяснили, что вертикальная миграция загрязнителя составила примерно 4 см;

горизонтальная миграция слева составила 1 см ; горизонтальная миграция вправо достигла 3 см .

Мы предполагаем, что на вертикальный перенос МП в почве в основном влияют атмосферные осадки и биотурбация почвенных организмов, на горизонтальный перенос первоочерёдно влияют так же перемещение организмов почвы и растения с мутувчатой корневой системой, в нашем случае, это растение- райграс.

Литература

1. Бурак Л., Ермошина Т., Королева Л. Загрязнение почвенной среды микропластиком, факторы влияния и экологические риски. Экология и промышленность России. 2023;27(5):58-63.
2. Иванова А.А., Козлова Е.В. Влияние микропластика на структуру и функции почвенных микробных сообществ // Микробиология. – 2022. – Т. 91. – №5. – С. 587–595.
3. Мерзляков О.Э. и др. Микропластик в почвах: разработка методик детекции на примере агропочв Западной Сибири // Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком "MicroPlasticsEnvironment-2022" (МРЕ-2022), 02-06 августа 2022 г., п. Шира, Хакасия. Томск. – 2022. – С. 91-94.
© Гончаренко М.Е., Мажитова Р.С., Торосян С.А., 2026

УДК 666.914.5

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА

Дмитриевская С.С.¹, Зарапина И.В.², Осетров А.Ю.²

¹МАОУ СОШ №1 – «Школа Сколково–Тамбов»,

²Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

В производстве изделий из гипса и для различных применений в строительстве известно использование раствора гипса, в который по выбору добавляют ускоряющие или замедляющие схватывание вещества [1]. Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что гипс на сегодня является одним из наиболее перспективных строительных и медицинских материалов, регулирование сроков ускорения и замедления схватывания которого путем введения различных добавок, является весьма перспективным [2].

Цель работы заключается в изучении процесса отверждения гипса в присутствии различных модификаторов, а также создание гипсовой композиции, имеющей длительную жизнеспособность, но короткое время схватывания после нанесения, предотвращающее сползание со стен.

В работе был использован гипс строительный (β-полугидрат, марка Г-5). В качестве замедлителя схватывания были выбраны водные растворы лимонной кислоты с концентрациями 0,025; 0,05; 0,075; 0,1; 0,125; 0,15 М. В роли

ускорителя выступали водные растворы хлорида натрия с концентрациями 0,15, 0,25, 0,35, 0,45, 0,55, 0,65, 0,75, 0,85 М.

В контейнер из полипропилена наливали 1,3 мл дистиллированной воды или исследуемого раствора ускорителя/замедлителя, вносили навески гипса по 2 грамма и тщательно перемешивались в течении 30 секунд. Полученную массу выливали на полипропиленовую подложку, момент помутнения глянцевой поверхности гипсовой массы фиксировался как время начала отверждения. Время окончательного отверждения фиксировали по отсутствию механических деформаций образцов при надавливании стеклянной палочкой с интервалом в 20 с и округляли до целого числа в минутах.

Введение лимонной кислоты концентрации 0,025 М замедляет начало отверждения более чем в 7 раз, а окончание отверждения – в 5 раз. Увеличение концентрации лимонной кислоты в 6 раз замедляет начало отверждения в 10 раз, а окончание отверждения – в 7 раз. Объясняется эффект замедления гидратации гипса, тем, что происходит образование трикальций дицитрата ($\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$).

При введении раствора хлорида натрия в концентрации 0,15 – 0,25 М изменения времени отверждения не наблюдалось. Рост концентрации NaCl до 0,45 М приводит к уменьшению времени начала и окончания отверждения в 2,5 раза. Но дальнейшее увеличение концентрации хлорида натрия, напротив, приводит к росту времени схватывания гипсовой смеси. Наблюдаемое неоднозначное влияние хлорида натрия на сроки застывания гипса мы связываем с его влиянием на изменение растворимости гипса без вступления в химическую реакцию.

На основе полученных экспериментальных результатов предложена рецептура гипсовой смеси с длительным периодом отверждения (время начала отверждения – 52 мин, окончания отверждения – 148 мин): 2 г гипса Г-5; 1,3 мл 0,025 – 0,15 М раствора лимонной кислоты. Концентрацию лимонной кислоты можно варьировать в зависимости от требуемого резерва времени. Рецептура с ускоренным временем схватывания (время начала отверждения – 2 мин, окончания отверждения – 9 мин): 2 г гипса Г-5; 1,3 мл 0,45 М раствора хлорида натрия.

Далее мы получили многокомпонентную смесь на основе гипса, имеющую длительную жизнеспособность, и короткое время схватывания. Эта композиция содержит два компонента, которые готовятся отдельно. Первый компонент (2 г гипса Г-5; 1,1 мл 0,15 М раствора лимонной кислоты) – суспензия, которая имеет низкую скорость схватывания и остается пластичной более 50 мин. Если указанный резерв времени не требуется, то в любой момент можно ускорить процесс отверждения, добавив в первый компонент второй (0,2 мл 0,45 М раствора хлорида натрия). При введении второго компонента время начала отверждения составляет 21 мин, а

окончания – 37 мин. Для еще большего ускорения процесса отверждения гипсовой смеси мы ввели во второй компонент 0,01 г хлорид железа (III). Известно [2], что многовалентные катионы образуют комплексы с цитрат-ионами, тем самым предотвращая или исключая воздействие последних на реакцию гидратации между водой и гипсом. В таком случае время начала отверждения составляет 14 мин, а окончания – 26 мин.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы для совершенствования технологии получения многокомпонентных гипсовых смесей, имеющих длительную жизнеспособность, и короткое время схватывания, что предотвращает сползание, например, со стены после отделки.

Литература

1. Потенциал применения гипса в промышленности строительных материалов/ В.Б. Тросницкий [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2005. – № 7. – С. 25-28.
2. Сураев В.Г. Гидрофобизация. Теория и практика // Технология строительства. – 2002. – № 1. – С. 120-121.
3. Гришковец В. И., Яковишин Л. А., Корж Е. Н. Влияние солей лимонной кислоты на процесс отверждения гипса // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2016. – № 3. – С. 83–89.

© Дмитриевская С.С., Зарапина И.В., Осетров А.Ю., 2026

УДК 621.793.162+537.533.8

ПОЛУЧЕНИЕ ЭМИССИОННЫХ ПОКРЫТИЙ MgF_2 И MgO

Захарова К.К.¹, Чертенкова Д.И.¹, Рихтер Э.А.^{1,2}

¹*Специализированный учебно-научный центр Новосибирского государственного университета, Новосибирск, Россия*

²*ИИХ СО РАН, Новосибирск, Россия*

Микроканальные пластины (МКП) широко применяются в электровакуумных приборах для усиления потока электронов, в частности, в масс-спектрометрах и электронно-оптических преобразователях. Для повышения эффективности их работы на внутреннюю поверхность каналов наносят покрытия с высоким коэффициентом вторичной электронной эмиссии (КВЭЭ). Перспективными материалами для таких покрытий являются оксид и фторид магния, а оптимальным методом их нанесения – химическое осаждение из газовой фазы с использованием металлоорганических соединений (MOCVD).

В работе в качестве прекурсоров магния использованы β -дикетонатные комплексы состава $[\text{Mg}(\text{tmeda})(\text{L})_2]$, ($\text{tmeda} = \text{N},\text{N},\text{N}',\text{N}'$ -тетраметилэтилендиамин), где L – β -дикетонат-анион. Для получения MgO применяли комплекс на основе Hthd (2,2,6,6-тетраметилгептан-3,5-дион), а

для MgF_2 – на основе фторированного Htfac (1,1,1-трифтор-пентан-2,4-дион). Синтез прекурсоров проводили в две стадии: реакцией нейтрализации гидроксида магния получали диаквакомплексы $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{L})_2]$, на второй стадии внутрисферную воду замещали на tmeda. Осаждение плёнок осуществляли методом CVD в проточном реакторе на подложках Si (100) в диапазоне температур 400–550 °С. Давление паров прекурсора поддерживали на уровне 0.05 Торр, в качестве газа-носителя использовали Ar, а в качестве газа-реагента O_2 .

По данным сканирующей электронной микроскопии, полученные плёнки являются сплошными и зернистыми. Толщина покрытий, измеренная методом лазерной эллипсометрии, варьируется от 30 до 100 нм, скорость роста линейно зависит от температуры осаждения. Рентгенофазовый анализ под скользящим углом падения (GI-XRD) подтвердил наличие фаз MgF_2 и MgO в соответствующих образцах. Исследование КВЭЭ показало, что наилучшие значения достигаются при максимальной температуре осаждения (550 °С) и составляют 7.5 для MgO и 4.7 для MgF_2 . При хранении плёнок MgO на воздухе зафиксировано падение КВЭЭ до 2.7, что вызвано образованием карбонатов и гидроксидов магния.

© Захарова К.К., Чертенкова Д.И., Рихтер Э.А., 2026

УДК 6:66:661:661.7

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, СИНТЕЗИРУЕМОЙ INSITU

Иванова Д.В.¹, Иммис А.И.¹, Мустафин, И.А.²

¹МАОУ «Лицей №60» им. М. А. Ферина, Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия

Углеродные нанотрубки (УНТ) - один из самых перспективных материалов современности, бывают двух видов: одностенные и многостенные, в данной работе изучено получение многостенных УНТ.

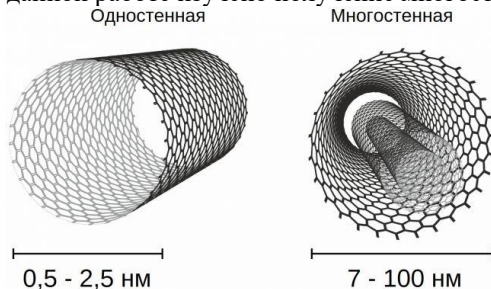


Рис. 1. Виды углеродных нанотрубок

Обладают такими свойствами как:

- высокая механическая прочность (в более чем в 100 раз выше стали);
- высокая электро- и теплопроводность;
- химическая и термическая стабильность.

Используются в самых различных областях применения, благодаря своим уникальным свойствам.

Большой интерес представляет использование УНТ в композитах различного профиля [1].

Основной проблемой широкого внедрения наноуглеродных материалов - нанотрубок, графена, является отсутствие промышленной технологии массового производства данных ценных продуктов.

На сегодняшний день наиболее перспективной с точки зрения промышленного внедрения технологией является технология CVD (chemical vapor deposition). Она позволяет получать такие ценные материалы, как многостенные углеродные нанотрубки с использованием доступного углеводородного сырья на металлических катализаторах [2].

В работе предложено модернизировать метод использования катализатора, непосредственно синтезировать его в исходном сырье - в данном случае гексане и проводить процесс в диапазоне 500-550°. Это позволит в перспективе проводить полунепрерывный процесс получения УНТ.

Литература

1. Sulfur-decorated polyaniline-nanotube composites as cathode materials for lithium metal batteries Latypova L.R., Mustafin I.A., Baluda Yu.I., Usmanova G.S., Zhidkov I.S., Dremova N.N., Troshin P.A., Kraevaya O.A., Aldoshin S.M., Mustafin A.G. Synthetic Metals. 2025. T. 313. C. 117895
2. Nanofibrous carbon (multi-wall carbon nanotubes): synthesis and electrochemical studies by using field-effect transistor setup Mustafin I.A., Akhmetov A.F., Salikhov R.B., Mullagaliev I.A., Salikhov T.R., Galiakhmetov R.N., Shabunina O.V., Kopchuk D.S., Kovalev I.S., Mustafin A.G. Chimica Techno Acta. 2024. T. 11. № 4. C. 202411421.

© Иванова Д.В., Иммис А.И., Мустафин И.А., 2026

УДК 621.001

РАЗРАБОТКА МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ВРЕДА ОТРАБОТАННЫХ БАТАРЕЕК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Габбасова Г.Я., Либман В.М., Шкитина В.С.
МАОУ «Татарская гимназия №84» ГО г.Уфа РБ,
МАОУ ДО УГЭЦ «Фортуна»

В проектной работе рассматриваются вопросы влияния отработанных батареек на окружающую среду. В каждой такой батареечке содержится от 10 до 20 химических элементов, многие из них являются токсическими

ядовитыми веществами. Это - ртуть, никель, кадмий, свинец, которые имеют свойство накапливаться в живых организмах, в том числе и в организме человека, и наносить существенный вред здоровью.

Батарейки могут загрязнять почву, воду и воздух своими токсичными компонентами. Когда батарейки выбрасываются на свалку или выбрасываются вместе с обычными отходами, они могут оказывать негативное воздействие на биологическое разнообразие в окружающей среде. Использование и неправильная утилизация батареек также может привести к загрязнению грунтовых вод и пресной воды. Когда батарейки разлагаются на свалке, их токсичные компоненты могут проникать в почву и загрязнять грунтовые воды. Кроме того, выбрасывание батареек в мусорные контейнеры или сбрасывание в унитаз может привести к тому, что они попадут в канализацию и загрязнят пресную воду. Для решения проблемы загрязнения окружающей среды от использования батареек необходимо правильно утилизировать их. Это означает, что батарейки должны быть сданы на переработку в специальные учреждения, где их содержимое может быть безопасно обработано и переработано. Кроме того, важно сократить использование батареек, предпочитая альтернативные источники энергии, такие как аккумуляторы или солнечные батареи.

В процессе нашего исследования мы выяснили, что деятельность человека негативно сказывается на состоянии окружающей среды, а значит и на самого человека. Мы должны помнить, что необходимо помогать природе, иначе нас ждет экологическая катастрофа.

Как правильно накапливать и сдавать отработанные батарейки?

В переработку можно сдать все виды батареек и аккумуляторов, предварительно необходимо уточнить, какие именно виды элементов питания принимаются в данном пункте. Крупные аккумуляторы, например автомобильные, принимаются в автосервисах и магазинах по их продажи, и как правило их можно сдать и получить прибыль или скидку.

Все батарейки, которые мы используем разные, они имеют разное напряжение и срок службы, поэтому утрачивают ресурс неодновременно. Не понесём же мы 1 батарейку для сдачи в пункт сбора? Это не запрещено, но нерационально. Куда удобнее, накопить их некоторое количество, и потом сдать в утилизацию.

Литература

1. Гринин А.С. промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. / Челябинск: изд-во « Мир», 2002 г. с. 49.
2. Константинов В.М. Экологические основы природопользования: учебник для учреждений сред. проф. образования / В. М. Константинов, Ю. Б. Челидзе. – 14-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 240 с.
3. Константинов В.М. Охрана природы: высшее образование изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 240 с.

© Габабсова Г.Я., Либман В.М., Шкитина В.С., 2026

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ МАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Лобанов К.А., Дудова А.С., Федоров Н.С.

Политехнический лицей-интернат ТГТУ, Тамбов, Россия

Известным является факт применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в различных отраслях промышленности. СОЖ повсеместно используются для снижения температуры на трении и смазывании соприкасающихся деталей технологических машин и аппаратов.

В настоящем исследовании были получены образцы СОЖ, имеющих разные рецептуры [1]. Одним из основных показателей качества получаемых масляных эмульсий является их коллоидная устойчивость, ведь даже небольшое количество выделяемой воды может существенно снизить основные трибологические характеристики, предъявляемые к применяющимся СОЖ, а в большинстве случаев и вызывать коррозию металлических поверхностей, то есть полностью потерять предъявляемые к СОЖ требования. Испытания коллоидной устойчивости полученных ранее масляных эмульсий проводилось по аналогии с методикой эксперимента, подробно описанной в государственном отраслевом стандарте (ГОСТ) [2]. Приготовленные эмульсии переливались в пробирки объемом 100 мл и плотно закрывались резиновой пробкой. Пробирки имели градуировочную шкалу. Коллоидная устойчивость была измерена по истечении 3 суток (табл.1) и 1-го месяца (табл.2). Для воспроизводимости результатов эмульсии с одинаковой рецептурой были исследованы дважды.

Таблица 1

Коллоидная устойчивость по прошествии 3-ех суток.

№ образца	Общий объем эмульсии	Объем масляной фракции	К	К _{ср}	Погрешность, %
1	15,2	15,0	1,01	1,013809524	0,093
1'	14,2	14,0	1,01		
2	15,5	14,3	1,08	1,055291375	5,42
2'	15,4	15,0	1,03		
3	15,9	16	0,99	1,051296769	10,95
3'	16,3	14,7	1,11		
4	15,3	15,3	1,00	1,006535948	1,29
4'	15,5	15,3	1,01		
5	11,9	11,8	1,01	1,007548546	Не корректно
5'	15,2	15,1	1,01		

Таблица 2

Коллоидная устойчивость по прошествии месяца.

№ образца	Общий объем эмульсии	Объем масляной фракции	К	К _{ср}	Погрешность, %
1	15,3	15,2	1,01	1,006536227	0,0085
1'	15,5	15,4	1,01		
2	15,5	13,5	1,15	1,087407407	11,17
2'	15,4	15,0	1,03		
3	15,9	15,7	1,01	1,012466988	0,053
3'	16,6	16,4	1,01		
4	15	14,8	1,01	1,013899616	0,07
4'	14,2	14	1,01		
5	12,0	11,8	1,02	1,015141243	Не корректно
5'	15,2	15,0	1,01		

Таким образом, можно сделать вывод о том, что образцы масляной эмульсии под рецептурой 1 и 1' абсолютно коллоидно устойчивы, поскольку показывают стабильность даже по прошествии месяца. Из данных таблиц 1 и 2 видно, что эмульсии рецептуры 1 имеют наименьшую процентную погрешность. Образец, изготовленный по рецептурам 5 и 5' напротив, показал самый худший результат, который коллоидно не устойчив в течении даже 3-х суток.

В рамках данного исследования учащиеся смогли выйти за рамки школьной программы, познакомиться с методиками ГОСТ, а также затронуть начала коллоидной химии, которая в рамках школьной программы не изучается.

Литература

1. Лобанов К.А., Рухов А.В. Разработка технологии получения и рецептуры смазочно-охлаждающих жидкостей на основе регенерированного машинного масла // Будущее науки - 2025 : Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 5-х томах, Курск, 17–18 апреля 2025 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2025. – С. 393-396.
2. ГОСТ 6243-75 «Эмульсолы и пасты. Методы испытаний».

© Лобанов К.А., Дудова А.С., Федоров Н.С., 2026

Примерно каждый шестой житель планеты испытывает дефицит йода. Лишь 10% необходимого микроэлемента поступает к нам из воды и воздуха, тогда как остальные 90% мы должны получать с пищей. Однако реальное содержание йода в повседневных продуктах зачастую не покрывает даже базовых потребностей организма, особенно в период активного роста. Республика Башкортостан официально относится к регионам с природным (эндемичным) дефицитом йода, что усугубляет ситуацию.

Цель данного исследования: выяснить, есть ли йододефицит у школьников 3В класса школы №114 г. Уфы и членов моей семьи и дать им советы по ее решению.

Для диагностики йододефицита мы использовали два взаимодополняющих способа:

1. Анкетирование учащихся 3«В» класса.
2. Экспресс-тест с помощью йодной сетки – простой, но показательный метод оценки насыщения организма микроэлементом.

Способ №1. Анкетирование. В анкетировании приняли участие 34 человека. Анкета, составленная для социологического исследования, состоит из вопросов.

На вопрос «Отдаете ли вы предпочтение фиолетовому цвету?» процентное соотношение распределилось следующим образом: 18% учеников выбрали первый вариант ответа «Да», 82 % выбрали ответ «Нет». Психологи установили, что предпочтение цвету паров йода – фиолетовому – отдают люди, подверженные усталости, легковозбудимые, с расшатанными нервами, со слабой иммунной системой.

На вопрос «Знаете ли Вы, в каких продуктах содержится йод?» 21 % респондентов ответили «Да», и 79 % не знают такие продукты питания. Из этого можно сделать следующий вывод, что дети не осведомлены о содержании йода и его полезном свойстве влияния на организм в тех или иных продуктах питания.

На вопрос «Вы знаете, какое воздействие оказывает йод на организм человека?» 73% учеников ответили «Нет», 27% ответили «Да». Таким образом, дети не владеют информацией о данном элементе и как он влияет на организм.

На вопрос «Есть ли у вас знакомые, имеющие заболевания, связанные с нехваткой или избытком йода?» 91% учеников ответили «Нет», 9% ответили «Да». Нужна просветительская беседа по данному вопросу на уроках или классных часах.

На вопрос «Распределите продукты в порядке частоты их употребления»: у 59% на 1 месте хлеб и гречка (в хлебе 5.6 мкг на 100 г; в гречке 0.9 мкг на 100 г), у 32% учеников – яйца и молоко (в яйце 20–34 мкг на 100г; в молоке 17 мкг на 100г). Только 32% употребляют в своем рационе морепродукты: морская капуста, сельдь, треска (в морской капусте-готовый салат 300 мкг на 100г; в треске 135 мкг на 100г, в сельди свежая/соленая 95/77 мкг на 100 г); 18% не кушают морскую капусту, 12% не употребляют рыбу, а 38% участников – вообще не употребляют морепродукты.

Способ №2. Определение нехватки йода в организме методом йодной сетки Б.А. Старожука. Для этого я предложил школьникам и членам моей семьи нанести йодную сетку ватной палочкой, смоченной в 5%-ном спиртовом растворе йода. Если йодная сетка исчезнет через три часа - недостаток йода, 6–8 часов – следует обратить внимание, на продукты, содержащие йод а, через сутки - йод в организме в норме, либо даже в избытке. В исследовании участвовало 34 школьника 3В класса и члены моей семьи (4 человека).

Из 34 школьников, участвующих в исследовании у 21% через 3 часа осталась йодная сетка, а у остальных 79% – исчезла, у них наблюдается недостаток йода, им рекомендовано обратиться к врачу. Через 6–8 часов йодная сетка осталась только у 9%, а у 91 % учеников, принявших участие в исследовании, йодная сетка исчезла. В 3В классе только у 1 (4%) ученика остался след от йодной сетки через 24 часа, у него йод в норме.

Результаты по выявлению недостатка йода в организме методом йодной сетки в моей семье: у меня исчезла через 3 часа, у родителей – через 6–8 ч, у сестры – йодная сетка осталась через сутки. Нашей семье следует обратить внимание на продукты богатые йодом и включить их в рацион питания.

В результате проделанной работы, можно сделать следующие выводы: проблема йододефицита существует и является актуальной; уровень информированности по проблеме йододифецита остается низким. Для улучшения ситуации по данной проблеме необходимо вести просветительскую работу среди учащихся школ.

Литература:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Йод>
2. Йод лечит: ожоги и раны, атеросклероз, варикоз, ОРВИ и ОРЗ// Кибардин Г. М. // 2018 // Эксмо
3. Йод. Чудо-микроэлемент на страже вашего здоровья // Константинов Ю.М. // 2016 // Центрполиграф

© Макаров М.А., Ямщикова А.А., 2026

Вот уже год я играю в компьютерную игру Factorio. Она про инженера на пустой планете, который строит завод, добывает руду, перерабатывает нефть и запускает ракету. В процессе игры я стал замечать новые для себя слова: электролиз, ректификация, полимеры, аккумулятор. Оказалось, что это химические термины. Мне стало интересно, что они означают и можно ли увидеть химию в игре своими глазами.

Цель работы: разобраться в химических процессах, которые скрываются за игрой Factorio, сравнить с реальными технологиями и провести опыт на основе доступных материалов.

Что я узнал:

- Переработка нефти в игре похожа на настоящую ректификацию – разделение на фракции. (Пример из игры: из нефти получаю газ, лёгкое масло и тяжёлое масло)
- Электролиз – разложение веществ с помощью электричества (Пример из игры: воду можно разложить на кислород и водород для топлива ракет) В реальной жизни электролизом получают чистые металлы, например алюминий или очищенную медь.
- Аккумуляторы работают за счёт химической реакции между металлами и кислотой. (В игре из железа, меди и серной кислоты получаем аккумулятор.)

Мои опыты:

Выращивание кристаллов медного купороса. Медный купорос – это соединение меди. Я вырастил из него синие кристаллы. В Factorio медь – один из главных ресурсов. Без неё не сделать провода, электронику и панели солнечных батарей.

Выводы:

Игра Factorio познакомила меня с химическими терминами раньше школьной программы. Я разобрался, за каким предметом в игре стоит реальный химический процесс, а где процесс упрощён. А главное – я своими руками вырастил кристаллы из той самой меди, без которой в Factorio не работает ни один завод!

Литература:

1. Factorio [Электронный ресурс] : официальный сайт игры. – URL: <https://www.factorio.com/> (дата обращения: 15.04.2026).
2. Габриелян О.С. Введение в химию. Вещества. 7 класс / О.С. Габриелян, И.Г. Остроумов, С.А. Сладков. – М. : Сиринъ према, 2011.

© Матякубов М.С., 2026

ОБНАРУЖЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИЕЙ

Салаватова Р.Р.

МАОУ «Лицей №60» им. М.А. Ферина, Уфа, Россия

Тяжелые металлы – это группа химических элементов, обладающих высокой плотностью и выраженной токсичностью. Их источником в воде являются сточные воды предприятий, городские стоки, выбросы из атмосферы и другие антропогенные факторы. Тяжелые металлы накапливаются в организме, вызывая различные проблемы со здоровьем.

Существует несколько методов анализа воды на содержание тяжелых металлов. Одним из самых популярных в аналитической химии является атомно-абсорбционная спектрометрия. Метод основан на избирательном поглощении света свободными атомами исследуемого вещества. Образец атомизируется, и лампой с полным катодом через него пропускается свет определенной длины волны, характерный для конкретного элемента.

В рамках проектной работы был проведен анализ воды на содержание тяжелых металлов в воде озера Теплое (г. Уфа).

Озеро Теплое является водоемом-охладителем для уфимской ТЭЦ-2 и риск содержания тяжелых металлов в нем очень велик.

Для анализа были выбраны ртуть, свинец и кадмий, так как именно они чаще всего попадают в воду с ТЭЦ и наносят сильный вред окружающей среде и здоровью человека. Измерения проводились в лаборатории на атомно-абсорбционном спектрометре.

Таблица 1

Результаты испытаний

Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты испытаний	Величина допустимого уровня
Кадмий (Cd)	мг/дм ³	0,00002+/-0,00001	Не более 0,001 (мг/л)
Ртуть (Hg)	мг/дм ³	Менее 0,0001	Не более 0,0005 (мг/л)
Свинец (Pb)	мг/дм ³	0,0003+/-0,0002	Не более 0,01 (мг/л)

Результаты измерений показали, что содержание тяжелых металлов в воде озера Теплое в пределах нормы, а значит угрозы для здоровья отдыхающих нет.

Литература

1. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. – М.: Техносфера, 2009. – С. 19–26, 86. – 784 с.
2. Принципы работы спектрометра [Электронный ресурс] / «Хроматограф.ру». – URL: <https://chromatograf.ru/2020/05/08/principy-raboty-spektrometra/>

© Салаватова Р.Р., 2026

Эфирные масла – это маслянистые, нерастворимые в воде жидкости, содержащие биохимические соединения растений с характерным сильным запахом и вкусом. В состав эфирных масел входят терпены, и кислородосодержащие соединения. Вещества, входящие в состав масел, имеют способность воздействовать на организм человека. Сырье для производства эфирных масел может быть очень разнообразным, и зависит от конкретного масла, которое планируется получить. Основные источники сырья: растения и деревья. Способы получения эфирных масел: водяная дистилляция, анфлераж, холодное прессование, мацерация.

В ходе работы нам удалось доказать, что во время производства синтетических эфирных масел происходит накопление вредных примесей, содержащие токсичные вещества. У нас получилось приготовить эфирные масла в условиях школьной лаборатории. Определили наличие жирных и минеральных масел, воды, смол и растительных масел в исследуемых образцах. Приготовили эфирные масла мяты, апельсина, лимона, гвоздики, сосны, розовое масло методом мацерации, а также изготовили аромадиффузор.

Практическая часть

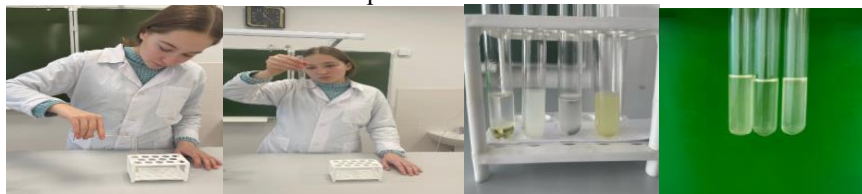


Рис. 1. Тест на наличие жирных и минеральных масел

Тест на наличие воды

Вывод: обнаружили наличие воды в образцах № 1, № 4, № 7.

В остальных вода не обнаружена.

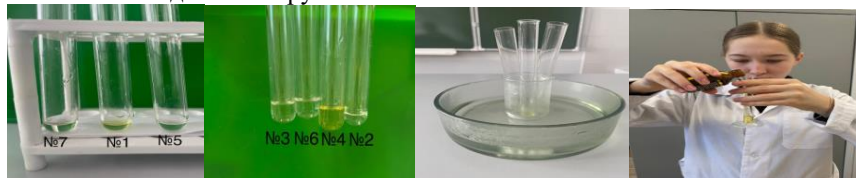


Рис. 2. Тест на наличие воды

Тест на наличие смол и растительных масел

Вывод: в образцах № 2, № 3, № 4, № 5 были обнаружены примеси смол и растительных масел.

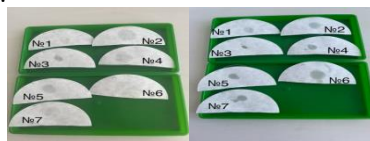


Рис. 3. Тест на наличие смолы и растительных масел

Приготовление соснового масла.

Вывод: приготовили эфирное масло сосны в условиях школьной лаборатории.



Рис. 4. Приготовление эфирного масла сосны

Изготовление собственного аромадиффузора

Вывод: изготовили собственный аромадиффузор в условиях школьной лаборатории



Рис. 5. Изготовление аромадиффузора

В ходе работы над исследовательской работой, нам удалось доказать, что во время производства синтетических эфирных масел происходит накопление вредных примесей, содержащие токсичные вещества. У нас получилось приготовить эфирные масла в условиях школьной лаборатории.

Литература

- 1) «Энциклопедия ароматических масел» - Джулия Лоулесс
- 2) «Энциклопедия ароматерапии для здоровья всей семьи» - Даниэль Фести
- 3) [https://ru.wikipedia.org/wiki/эфирные масла](https://ru.wikipedia.org/wiki/эфирные_масла) - Эфирные масла: состав
- 4) [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Эфирные масла](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Эфирные_масла) - сырье для масел

© Суфиярова А.И., Басимова Л.М., 2026

УДК 546.264:574.24

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ КАК ФАКТОРА МИКРОКЛИМАТА И УСЛОВИЙ ОБУЧЕНИЯ

Сысалов К.Д., руководитель: Иванова О.П.

МБОУ СОШ № 2 им. С.Г. Биктимирова, с. Ермолаево, Россия

Недостаточная вентиляция в образовательных учреждениях приводит к накоплению углекислого газа (CO_2), что негативно влияет на самочувствие и когнитивные функции учащихся. Контроль концентрации CO_2 – важный шаг к созданию здоровой и продуктивной учебной среды.

Цель исследования: Оценить уровень концентрации углекислого газа в различных помещениях МБОУ СОШ № 2 им. С.Г. Биктимирова (с. Ермолаево) и разработать научно обоснованные рекомендации по оптимизации проветривания.

Гипотеза: Показатели концентрации CO_2 в школе неоднородны и зависят от функционального назначения помещений и количества находящихся в них людей: наиболее высокие значения ожидаются в учебных классах с высокой плотностью учащихся и в спортивном зале, минимальные – в просторных рекреационных зонах.

Методы: CO_2 определялась по объёму воздуха, необходимому для обесцвечивания. Мониторинг концентрации CO_2 проведён методом индикаторного титрования с использованием 0,005% раствора карбоната натрия и фенолфталеина. Забор проб воздуха осуществлялся с помощью медицинского шприца (150 мл). Концентрация раствора, с последующей интерпретацией данных по калибровочной таблице. Замеры выполнены в разное время суток (до, во время и после занятий) в учебных кабинетах, спортивном зале, фойе, вестибюле и учительской.

Результаты: В ходе исследования выявлены значительные колебания концентрации CO_2 в зависимости от типа помещения и времени проведения замеров.

Выявлено превышение рекомендуемых норм концентрации CO_2 (800–1300 ppm для школ) в ряде помещений:

- учительская: до 1919 ppm;
- 27 кабинет (на 1–2 уроке): 1819 ppm;
- спортзал (на 1–2 уроке): 1819 ppm;
- фойе 1 этажа (после 7 урока): 1819 ppm.

Установлено, что короткие, но своевременные сеансы проветривания существенно снижают уровень CO_2 . Подтверждена зависимость концентрации CO_2 от плотности людей в помещении и времени суток.

Выводы:

1. Концентрация CO_2 в помещениях школы неоднородна и может значительно превышать безопасные нормы, особенно в кабинетах с высокой плотностью учащихся, спортзале и учительской.

2. Эпизодическое проветривание не обеспечивает поддержание оптимального уровня CO_2 .

3. Разработанный график проветривания и информационные памятки для учителей позволяют нормализовать микроклимат, снизить негативное влияние CO_2 на здоровье и успеваемость учащихся.

4. Метод индикаторного титрования показал себя как доступный и быстрый способ оценки качества воздуха в условиях школы.

Литература

1. Википедия – диоксид углерода. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
2. Габриелян О.С. Химия. 9 класс: Учеб. для общеобразоват. учреждений. 6-е изд. – М.: Дрофа, 2003. – 224 с.
3. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. 2-е изд. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
4. Газовый калькулятор. URL: <https://www.gas18.ru/calculator>
5. Колчанова Л.В. Химия в школе. – 2009. – № 5. – С. 55–57.

© Сысало В.Д., 2026

УДК 541.14:547.551.2

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ДУХОВ

Фатхиева З.К., ученица 11Б класса

Басимова Л.М., учитель химии

МБОУ Гимназия им. Гали Соколя, с. Верхние Татышлы, Россия

Душистые вещества – органические соединения с характерным, обычно приятным запахом, очищенные от примесей. По способу получения делятся на натуральные и синтетические.

Классификация состава духов по химическому составу.

Духи-спиртовой или спиртоводный раствор смеси душистых веществ (эфирные масла, бальзамы, смолы, экстракты).

По основе духи бывают: масляные, твёрдые, водные, спиртовые.

Спиртовые духи по концентрации: духи, парфюмерная вода, туалетная вода, одеколон. Ольфакторная пирамида раскрывается поэтапно: верхние ноты, средние, базовые.

Классификация духов по составу компонентов.

Колесо ароматов (Майкл Эдвардс) делит запахи на 4 семейства: цветочные, восточные, древесные, свежие.

Запахи быстро воздействуют на мозг, вызывая психологические и физиологические реакции. Однако некоторые компоненты опасны: фталаты, синтетические мускусы, стирол, ВНТ, бензальдегид, бензилбензоат.

В ходе исследовательской работы, в условиях школьной лаборатории, выяснили, что исследуемые образцы не содержат в составе фталатов.

В условиях школьной лаборатории изготовили духи на спиртовой основе, духи на масляной основе, твердые духи. Наша гипотеза подтвердилась, выбранные духи, не содержат в составе вредных компонентов, а их применение будет оказывать положительное воздействие на организм человека.



Рис. 1. Проверка на признаки имитации парфюмерной продукции Вывод: все образцы прошли проверку на оригинальность.

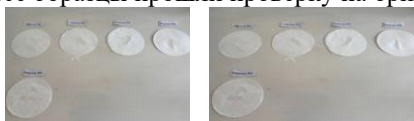


Рис. 2. Проверка образцов на стойкость аромата Вывод: образцы № 1 и № 2 оказались самыми стойкими.



Рис. 3. Исследование образцов на содержание фталатов

Вывод: содержание вредных компонентов, фталатов в образцах не обнаружилось.



Рис. 4. Приготовление духов на спиртовой основе



Рис. 5. Приготовление духов на масляной основе



Рис. 6. Приготовление духов на масляной основе

В ходе работы над исследовательской работой выяснилось, что любимые ароматы не только поднимают нам настроение, но и улучшают здоровье. Язык аромата говорит людям больше, чем принято думать. Поэтому к выбору духов нужно подходить со всей серьезностью, ориентируясь не только на понравившийся запах, но и на то, как он воздействует на организм. Каждый человек хочет быть особенным. Этого можно добиться, создав свой аромат духов, с помощью понравившихся эфирных масел. В результате получится свой неповторимый и полезный парфюм.

Литература

1. И.Н. Братус «Химия душистых веществ» - М.: Агропромиздат, 1992 г. с. 239.
2. Л.А.Хейфиц., В.М.Дашунин «Душистые вещества и другие продукты для парфюмерии» - М.: Химия, 1994 г. с. 254.

© Фатхиева З.К., 2026

УДК 541.14:547.551.2

ХИМИЯ В КРИМИНАЛИСТИКЕ

Шаехова Г.И. (10Б), руководитель: Басимова Л.М., учитель химии
МБОУ Гимназия имени Гали Сокоря, с. Верхние Татышлы, Россия

Что такое следы крови и почему они важны для расследования?

Одним из основных объектов биологического происхождения с которым сталкивается следователь на месте преступления является кровь. Кровь (лат. sanguis, др.-греч. αἷμα) – жидкая и подвижная соединительная ткань внутренней среды организма. Циркулирует по замкнутой системе сосудов под действием силы ритмически сокращающегося сердца и не сообщается непосредственно с другими тканями тела ввиду наличия гистогематических барьеров. Под следами крови в судебной медицине и криминалистике принято понимать любое количество свежей или измененной крови в окружающей среде вне живого организма.

Современные способы обнаружения крови

В современной судебной медицине обнаружение и идентификация крови осуществляется с помощью комплекса методов – от визуального осмотра до высокотехнологичных лабораторных анализов.

Лабораторное исследование крови в судебной медицине

1. Установление наличия крови. Основано на обнаружении гемоглобина и его производных. Применяются: микроспектроскопия, тонкослойная

хроматография (ТСХ), Иммуноэлектрофорез (ИЭФ), Микролюминесценция (люминесцентная микроскопия).

2.Определение видовой и групповой принадлежности:

- Реакция преципитации в жидкой среде или агаре (агарозе) по Оухтерлони.
- Встречный и параллельно-встречный иммуноэлектрофорез
- Иммунофлюоресценция

Как выбирают метод для конкретного случая?

Криминалисты используют как предварительные, так и доказательные методы, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения.

Предварительные методы используются на месте происшествия для быстрого выявления возможных следов крови. Они не имеют доказательственного значения, но помогают сориентироваться в ситуации. К ним относятся: визуально-оптический метод, обследование в ультрафиолетовых лучах, химические пробы:

1.С 3%-ным раствором перекиси водорода (вспенивание указывает на возможное присутствие крови);

2.С реактивом Воскобойникова (появление синего окрашивания);

3.С реактивом Кастла– Мейера. (появление красного цвета)

4.Азопирамовая проба (появление фиолетового окрашивания)

Консультация с экспертом Экспертно-криминалистического центра (ЭКЦ) МВД по Республике Башкортостан.

При выполнении исследовательской работы мы обратились за консультацией к Пронкину И.Р., эксперту Экспертно-криминалистического центра (ЭКЦ) МВД по Республике Башкортостан. В ходе консультации мы стремились заручиться профессиональным мнением эксперта о современных способах выявления и изучения следов крови, познакомиться с практическими аспектами работы криминалистов, а также восполнить пробелы.



Рис. 1. Изготовление гипсового слепка следа обуви в песчаной поверхности



Рис. 2. Получение отпечатка пальца с поверхности керамической раковины с использованием сажи

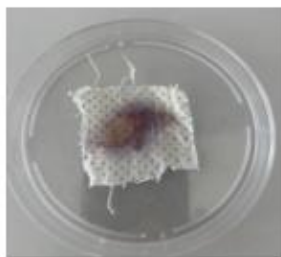


Рис. 3. Определение застиранной крови на хлопчатобумажной ткани при помощи азопирамовой пробы.

В ходе выполнения исследовательской работы, мы изучили химические методы обнаружения следов крови в криминалистической практике. Провели анализ исторических и современных подходов, а также выполнили практические опыты, подтверждающие эффективность отдельных методик.

Литература

- 1.Бахин В. П., Шиканов В. И. Криминалистическое значение следов крови: Учебное пособие, 1974 г.
- 2.Виноградов И. В., Гладких А. С., Крюков В. Н., Красовская Е. А., Соседко Ю. И., Томилин В. В. Судебно-медицинская экспертиза: Справочник для юристов. М., 1985 г.
- 3.Назаров Г.Н., Пашинян Г. А . Медико-криминалистическое исследование следов крови: Практическое руководство, 2003 г. [4]

© Шаехова Г.И., 2026

ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

Шаймухаметова Н.И., Ахмадуллина Л.Р.

МБОУ-Гимназия с. Чекагуш МР Чекагушевский район РБ, Россия

Академик Александр Евгеньевич Ферсман однажды сказал: «Почти весь мир кристалличен. В мире царит кристалл...» [1]. И действительно, кристаллы окружают нас повсюду. Мы едим их, когда добавляем в чай сахар или соль, носим в украшениях, ходим по кристаллам, ведь песок и многие камни имеют кристаллическую структуру. Даже наш организм частично состоит из кристаллических веществ, например, из кальцита в зубах и костях. Кристаллы завораживают своей красотой, строгими геометрическими формами и разнообразием цветов.

Кристаллы бывают как природного происхождения, так и искусственного – созданные человеком в лабораториях и на производствах.

В данной работе исследована возможность выращивания кристаллов в домашних условиях из доступных веществ. Для эксперимента выбраны поваренная соль, сахар, лимонная кислота и медный купорос – вещества, которые есть почти в каждом доме.

Процесс образования кристалла из раствора называется кристаллизацией. Чтобы вырастить кристалл дома, нужно приготовить насыщенный раствор – такой, в котором при определённой температуре растворено больше вещества, чем может содержаться при обычных условиях. Когда раствор остывает или испаряется, избыток вещества выпадает в осадок в виде кристаллов.

Насыщенные растворы каждого вещества необходимо процедить через фильтр для удаления примесей. К деревянной палочке привязать нитку – это затравка для будущего кристалла. Палочку с ниткой опустить в раствор так, чтобы она не касалась дна и стенок сосуда. Ёмкости убрать в сухое тёплое место.

При ежедневном наблюдении за ростом кристаллов видно, как они постепенно увеличиваются в размерах.

Эксперимент подтвердил, что выращивание кристаллов в домашних условиях возможно, если соблюдать чистоту и технологию. Каждый из растворов дал свой уникальный результат: кристаллы соли, сахара и лимонной кислоты получились прозрачными и хрупкими, а медный купорос образовал ярко-синие крупные кристаллы.

Литература

1. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. – М.: Детская литература, 1975. – 240 с.

© Шаймухаметова Н.И., Ахмадуллина Л.Р., 2026

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ АЛГИНАТА
НАТРИЯШуршина С.А.¹, Шуршина А.С.², Сачков А.Г.¹¹*МАОУ Школа № 110, Уфа, Россия*²*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

Полимерные системы природного происхождения занимают особое место в современной науке о материалах благодаря их экологичности, биосовместимости и широкому спектру функциональных свойств. Среди таких соединений важную роль играют полисахариды, обладающие способностью образовывать вязкие растворы и гели, чувствительные к внешним воздействиям. Одним из наиболее востребованных представителей данного класса является альгинат натрия – анионный линейный полисахарид, получаемый из бурых водорослей.

Альгинат натрия обладает собственной физиологической активностью обусловленной его полианионной природой. Данный факт предопределяет возможность его использования в биомедицинских целях, например, в качестве основы для создания пленочных покрытий для защиты и лечения ран.

К раневым повязкам предъявляется ряд требований, в том числе касающийся и хорошей сорбционной способности. Сорбционная способность зависит от разных факторов, например, от молекулярной массы полимера, его концентрации, наличии вспомогательных веществ и т.д.

В данной работе были изучены сорбционные свойства пленок на основе альгината натрия, полученных из растворов разной концентрации.

Опыты по сорбции воды пленками альгината натрия выполняли при влажности 100% в термостатируемых условиях ($T = 25^{\circ}\text{C}$). Относительное количество воды, поглощаемое пленочным образцом за время t , определяли весовым методом, выдерживая образцы в эксикаторе в парах воды.

Кинетические кривые сорбции паров воды пленками альгината натрия имеют вид, типичный для неограниченно набухающих полимеров. В данном случае процесс набухания заканчивается растворением пленок.

В результате исследования было получено, что увеличение концентрации альгината натрия в исходном растворе, из которого был сформирован пленочный образец, приводит к увеличению скорости сорбции паров воды в изученном диапазоне концентраций.

Таким образом, варьируя концентрацию альгината натрия можно управлять сорбционными свойствами пленочных образцов.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Баимова Ю.А..... 4

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПОРОД И СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА (ТОС) ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО ГАММА- КАРОТАЖА В РАЗРЕЗЕ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Вахитова Г.Р..... 5

ХИМИЯ В ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Кулуев Б.Р., Асянова Э.А..... 7

СИНТЕЗ ПОКРЫТИЙ ИЗ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ СИСТЕМЫ $Ti-Al$ И МАХ-ФАЗЫ $Ti-AlC$: УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Рамазанов К.Н., Назаров А.Ю..... 8

СЕКЦИЯ «НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОЙ МОДИФИКАЦИИ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ГАЗОБЕТОНА ВОДОРАСТВОРИМЫМИ ПОЛИСУЛЬФИДНЫМИ СОСТАВАМИ

Авзалов Д.М., Мустафокулов Ш.С., Струков Д.А., Балашов И.А..... 10

КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ИМИДАЗОЛА С β - ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ: СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Архипов Д.И., Кутлугильдина Г.Г..... 12

ТЕРМОДИНАМИКА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИМИДАЗОЛА С β - ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ

Архипов Д.И..... 13

МИНЕРАЛЬНЫЕ ГИДРОФОБНЫЕ БАРЬЕРЫ ИЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
Ахметшин Б.С., Авзалов Д.М., Мустафокулов Ш.С., Массалимов И.А.	14
СИНТЕЗ ПОРОШКООБРАЗНОГО ЦЕОЛИТА NaY С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНОГО КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	
Беляева А.А., Алехина И.Е., Назаров А.Р., Костылева С.А., Травкина О.С.....	16
ТЕМПОРАЛЬНЫЙ ИНДЕКС КИНЕТИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ ДИСКРИМИНАЦИИ ПЕННЫХ НАПИТКОВ НА МАТРИЦАХ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СЕНСОРОВ	
Бижанова Г.Г., Нухова В.Х., Мигранова В.Р.....	17
ТЕМПОРАЛЬНЫЙ МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И МНОГОДИАПАЗОННЫЙ ТИКС-АНАЛИЗ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ САПОНИНОВ В ПРОЦЕССЕ СТАТИЧЕСКОЙ ВОДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	
Будаева Е.М., Бижанова Г.Г., Султанов Г.Р., Гареев И.А.....	19
ГАРМОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЧАСТОТНЫХ СПЕКТРОВ КРЕПКИХ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ ПРИ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ	
Сидельников А.В., Данилов Б.С., Мигранова В.Р.....	21
ДТА- И ДСК- ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ ПЕРОКСИДОВ ЩЕЛОЧНОЩЕМОТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ	
Ерин Д.В., Мустафокулов Ш.С., Струков Д.А., Яншаев Д.С.....	22
РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ СУЛЬФИДОВ НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА И ЦИНКА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ	
Ерин Д.В., Ахметшина А.С., Массалимов И.А., Яншаев Д.С.....	24
РЕНТГЕНОФАЗОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГОМОГЕННОЙ ТРОЙНОЙ СУЛЬФАТНОЙ ФАЗЫ $\text{CaBaSR}(\text{SO}_4)_3$, СИНТЕЗИРОВАННОЙ МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОГО КИСЛОТНОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ ПРЕКУРСОРОВ	
Жигалова Е.А., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А., Никитина В.А.....	26

РФА-ХАРАКТЕРИСТИКА ФАЗОВОЙ ЧИСТОТЫ И КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВОЙНОГО СУЛЬФА СОСТАВА $\text{CaBa}(\text{SO}_4)_2$ Жигалова Е.А., Ахметшин Б.С., Фаздалова И. Р., Никитина В.А.....	28
ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ САМАРИЕМ ОКСИДА ЦИНКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ МЕТИЛЕНОВОГО ОРАНЖЕВОГО И РОДАМИНА Ж ИЗ СТОЧНЫХ ВОД Зернов Я. Г., Писарев С. М., Немтинов В. И., Фёдорова Н. А., Шурыгин А. В.....	30
РФА-ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВОЙ ОДНОРОДНОСТИ И КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БИНАРНЫХ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМНЫХ МЕТАЛЛОВ Ковина К.Е., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А, Ишумбаева О.Д.....	31
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРОЙНОГО КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ-БАРИЯ-СТРОНЦИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ КАРБОНИЗАЦИИ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ Ковина К.Е., Ахметшин Б.С., Фаздалова И. Р., Ишумбаева О.Д.....	33
ФОРМИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ГИДРОФОСФАТА КАЛЬЦИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОЛИСУЛЬФИДА КАЛЬЦИЯ С ОРТОФОРСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ Лесик Е.А., Мустафокулов Ш.С., Ахметшин Б.С., Ильина М.Г.....	35
ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ЖЕЛЕЗООКИСНЫХ СОРБЕНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ИОНОВ Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{6+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} Мустафокулов Ш.С., Авзалов Д.М., Струков Д.А., Фаздалова И. Р.....	37
СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДАМИ ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Ахметшин Б.С., Массалимов И.А.....	39
АГРОХИМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ, ПОЛСУЛЬФИДА КАЛИЯ, В ЗАЩИТЕ И СТИМУЛЯЦИИ РОСТА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Лесик Е.А., Яншаев Д.С., Струков Д.А., Ерин Д.В.....	41

ДВОЙНОЕ ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ, ОСАЖДЕННЫХ ИЗ
ПОЛИСУЛЬФИДА КАЛЬЦИЯ: ФУНГИЦИДНАЯ ЗАЩИТА И
СТИМУЛЯЦИЯ РАННЕГО ОТОГЕНЕЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Ахметшин Б. С., Массалимов И.А..... 43

АНТИФУНГАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОПРЕПАРАТА НА
ОСНОВЕ СЕРЫ И СРАВНЕНИЕ С ДАННЫМИ
ДРУГИХ ПРЕПАРАТОВ НА ПШЕНИЦЕ
Мустафокулов Ш.С., Саидова М.А., Лесик Е.А.,
Яншаев Д.С., Фаздалова И.Р. 45

ОКИСЛЕНИЕ СЕРЫ НА ПЛАТИНОВЫХ ЭЛЕКТРОДАХ ИЗ СЕРНИСТО-
ЩЕЛОЧНЫХ СТОЧНЫХ ВОД
Муфаздалова Р.Р., Ахметшин Б.С., Квятковская А.С. , Сабурова Ю.Б..... 47

ЛЕТУЧИЕ РАЗНОЛИГАНДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МАГНИЯ КАК
ПРЕКУРСОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ MgF_2 МЕТОДОМ МОСVD
Рихтер Э.А., Аксёнова М.А., Макаренко А.М.,
Евсеев Г.С., Кочелаков Д.В..... 49

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТОНКОДИСПЕРСНОГО
АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ
ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ СКАНДИЯ (+3)
Сабитов Д.И., Ильясова Р.Р..... 51

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ ТЕМПОРАЛЬНОГО ИНДЕКСА
КИНЕТИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ
ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ
Сидельников А.В, Адеева С.Р..... 52

РОЛЬ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
В ФОРМИРОВАНИИ ЧАСТОТНЫХ МАРКЕРОВ
СТАРЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ
Сидельникова Е.А., Бижанова Г.Г., Баширова З.А..... 53

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ
ПЕРЕРАБОТКИ СЕРО-КАЛЬЦИЕВЫХ ОТХОДОВ В
КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОЛИСУЛЬФИДНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
Струков Д.А., Фаздалова И. Р., Дильмухаметов А.А..... 55

РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ СУЛЬФИДОВ КАДМИЯ, МЕДИ И СВИНЦА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ
Струков Д.А., Фаздалова И. Р., Дильмухаметов А.А..... 56

ТРЁХФАЗНАЯ ДИНАМИКА АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ НИТИНОЛА В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДА В НАНОРАЗМЕРНЫЙ РЕЖИМ
Султанова А.И., Ильясова Р.Р., Баширова З.А., Сидельников А.В.....59

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
Такиева Г.А., Фаздалова И..... 60

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЕ СИЛИКАГЕЛЯ
Фаздалова И.Р., Гайнуллина Ю.Ю., Ахметшин Б.С..... 62

АЛЮМОЗАМЕЩЕННЫЙ ЦЕОЛИТ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ Y^{90} : ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА
Фёдорова Н.А., Зернов Я.Г., Белов А.А..... 64

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ПОРТРЕТОВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НА МАТРИЦАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СЕНСОРОВ
Шарипова Л.Д., Давыдычева А.А.....65

СЕКЦИЯ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ C-9,12 АМИНОПРОИЗВОДНЫХ БЕРБЕРИНА
Алешин В.А., Манушко М.В., Поперешняк А.С.....68

1,3,5-ЗАМЕЩЕННЫЕ УРАЦИЛЫ КАК НОВЫЕ АНАЛОГИ ИБУПРОФЕНА
Андреев Д.А..... 69

СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХРОМЕНА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРИМЕРА МАЛОНОНИТРИЛА В РЕАКЦИЯХ С САЛИЦИЛОВЫМ АЛЬДЕГИДОМ
Андреева А.Н..... 70

4,4-ДИМЕТИЛ-1,3-ДИОКСАН: ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА С УЧАСТИЕМ <i>ТРЕТ</i> -БУТАНОЛА И ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА HZSM-5 (M=40) Ахатова Д.И., Исмагилов Р.Р., Тухватшин В.С., Фаттахов А.Х., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В.....	72
ВЛИЯНИЕ СИБУНИТА НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ 4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3 ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА Бикжанов А.И., Исмагилов Р.Р.....	73
СИНТЕЗ, ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОАКТИВНЫХ СУЛЬФАНИЛАМИДНЫХ АРИЛГИДРАЗОНОВ ОКСАЗОЛ-5(4H)-ОНА Биккулова Э.Р., Склад А.Е., Евстигнеева С.С., Евдокимова А.А., Гринёв В.С.....	75
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ И СЕЛЕКТИВНОСТИ ФЛОТОРЕАГЕНТОВ БОРСОДЕРЖАЩИХ РУД Валеева К.Р., Вакулин И.В.....	77
ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ И СЕЛЕКТИВНОСТИ ФЛОТОРЕАГЕНТОВ ПРИ ФЛОТАЦИИ ДАТОЛИТА И ГЕМАТИТА Валеева К.Р., Вакулин И.В.....	79
СИНТЕЗ 4,4-ДИМЕТИЛ-1,3-ДИОКСАНА ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА В ПРИСУТСТВИИ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ NWC DH-4B Гарипова Г.Ф.....	80
СИНТЕЗ ФЕРРОЦИНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИЗОХИНОЛИНОВЫХ АЛКАЛОИДОВ (±)-САЛЬСОЛИДИНА И (±)-САЛЬСОЛИНА Гимранова Р.Р., Сорокина В.А., Ковальская А.В.....	81
СИНТЕЗ ФУРАНСОДЕРЖАЩИХ 1,2,3-ТРИАЗОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 2,3-АЛЛЕНОВАТОВ Гиндуллина Г.М., Мусаргалина Л.М., Сахаутдинов И.М.....	83
НОВЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ СОПРЯЖЕННЫХ 2,4-ДИЕНОАТОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ Гиндуллина Г.М., Валеева Р.А., Сахаутдинов И.М.....	85

НОВЫЙ ОДНОКОЛБОВЫЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ ГИБРИДНОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ 3- [(ДИМЕТИЛАМИНО)МЕТИЛЕН]ХРОМАН-2,4-ДИОНА И ДИМЕДОНА Гребенникова В.А., Мажукина А.О.....	86
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ 12- И 13- ПРОИЗВОДНЫХ БЕРБЕРИНА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОТИВОРАКОВЫХ АГЕНТОВ Дряпак А.Н., Демёхин О.Д., Семенова А.С., Буров О.Н., Енин Я.С., Златник Е.Ю.....	88
ПРИМЕНЕНИЕ СОЕДИНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩЕГО МОЛЕКУЛЫ КУРКУМИНА И БЕРБЕРИНА, В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА, ОБЛАДАЮЩЕГО ЦИТОТОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПРОТИВ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК Дряпак А.Н., Буров О.Н., Енин Я.С., Сагакянц А.Б.....	90
ПОЛУЧЕНИЕ ПРОИЗВОДНОГО БЕРБЕРИНА ПОЛИФЕНОЛЬНОГО РЯДА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ Дряпак А.Н., Демёхин О.Д., Буров О.Н., Алешин В.А.....	91
НОВЫЙ ИСХОДНЫЙ БЛОК ДЛЯ СИНТЕЗА КРОСС-СОПРЯЖЕННЫХ ЦИКЛОПЕНТЕНОВЫХ ПРОСТАГЛАНДИНОВ Загитов В.В., Востриков Н.С., Кабиров И.М., Нуйков Н.А.....	93
ЭФФЕКТИВНЫЙ СИНТЕЗ ИЗОЦИАНИДА МЕТИЛОВОГО ЭФИРА N-(АМИНОБУТИЛ)-МАЛЕОПИМАРИМИДА Закиева А.И., Смирнова А.А., Третьякова Е.В.....	94
ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ТАЛЛОВЫХ МАСЕЛ Замахина К.Д., Раскильдина Г.З., Нелькенбаум К.С.....	95
DFT РАСЧЁТ РЯДА ЦИКЛИЧЕСКИХ АЦЕТАЛЕЙ 4- ПИРИДИНКАРБОКСАЛЬДЕГИДА – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ Зинатуллин Р.Р., Борисова Ю.Г., Раскильдина Г.З.....	96

СИНТЕЗ РЯДА ПРОИЗВОДНЫХ 1,2-БИСХЛОРМЕТИЛБЕНЗОЛА НА ОСНОВЕ АЗОТСОДЕЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ Зинатуллин Р.Р., Абрамов А.В., Андрюков М.А., Борисова Ю.Г., Раскильдина Г.З.....	98
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БАШКИРСКОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ЛИПОВОГО МЁДА Имашева К.Р., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В.....	100
СИНТЕЗ И N-ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИЯ 4-ГИДРОКСИ-3-(1-(4- НИТРОФЕНИЛ)-3-ОКСО-3-ФЕНИЛПРОПИЛ)-2 <i>H</i> -ХРОМЕН-2-ОНА Исаева С.А., Седышев С.А., Ибрагимов Д.Н.....	101
СИНТЕЗ ПОПЕРЕЧНО-СШИТЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИМИДАЗОЛА И ИХ СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ПЛАТИНЫ(IV) И ПАЛЛАДИЯ(II) Казанцев Д.А., Пестов А.В.....	102
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ СШИВАЮЩЕГО АГЕНТА НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИМИДАЗОЛА Каримов Р.Р., Казанцев Д.А., Пестов А.В.....	104
ТРЕХКОМПОНЕНТНОЕ 1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ В РАСШИРЕНИИ РЯДА ПОТЕНЦИАЛЬНО БИОАКТИВНЫХ СПИРОИНДОЛИНОПИРРОЛИЗИДИНОВ Кочуков А.С., Давыдов Н.И., Плотников Н.А., Возягин Д.П., Жидкова А.А., Борисова С.В., Сорокин В.В.....	106
КОМПЛЕКС ВКЛЮЧЕНИЯ И КОНЬЮГАТ β -ЦИКЛОДЕКСТРИНА С <i>l</i> -ГИДРОКСИАЦЕТАНИЛИДОМ Кутяшева Н.В.....	108
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 4-(ЭТОКСИМЕТИЛЕН)-2-ФЕНИЛОКСАЗОЛ-5(4 <i>H</i>)- ОНА С АЦЕТИЛАЦЕТОНОМ Лебедева А.Р., Егорова А.Ю.....	110
СИНТЕЗ ПОЛИЗАМЕЩЁННЫХ СПИРОПИРАЗОЛИНКАРБОКСАМИДОВ И КАРБОНИТРИЛОВ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АКТИВАЦИИ Мещерякова А.А., Кочуков А.С., Айена К.-Д., Возягин Д.П., Оприщенко Н.В., Сорокин В.В.....	112

ПОЛУЧЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ ЯМР РЕГИОИЗОМЕРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХРОМАНА НА ОСНОВЕ ПУЛЕГОНА Мосалёв П.О., Охиров Ш.М., Лобов А.Н., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.....	113
СИНТЕЗ АДДУКТОВ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА ИЗОЛЕВОГЛЮКОЗЕНОНА С ДИЕНОМ ДЭЙН Муслимова Д.М., Абзалилов Д.И., Файзуллина Л.Х.....	114
ВЛИЯНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КАТИОНОВ НА КОНФОРМАЦИОННОЕ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕКТИНА В РАСТВОРЕ Нигматзянова С.И., Вакулин И.В.....	115
ТЕТРАГИДОФУРАНОНА-3 В РЕАКЦИИ ПРИНСА Охиров Ш.М., Байракаева Г.А., Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.....	117
СИНТЕЗ СПИРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕТРАГИДОФУРАНОНА-3 Охиров Ш.М., Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.....	118
СИНТЕЗ СПИРОСОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦИКЛОПЕНТАНОНА ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА Охиров Ш.М., Байракаева Г.А., Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.....	119
СИНТЕЗ ГИБРИДНОГО ИМИДАЗОЛСОДЕРЖАЩЕГО СОРБЕНТА С АНИОНООБМЕННЫМИ И π -КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИМИ ЦЕНТРАМИ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ Pt И Pd Патрило И.В., Казанцев Д.А., Пестов А.В.....	121
СИНТЕЗ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕТРАКАРБОНИЛ-СОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ Патрина А.Н., Пестов А.В.....	123
РАЗРАБОТКА ОДНОРЕАКТОРНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ КВАТЕРИНИЗОВАННЫХ ПОЛИ(4-ВИНИЛПИРИДИНОВ) И ОЦЕНКА ИХ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К КОМПЛЕКСНЫМ ИОНАМ Pt(IV) и Pd(II) Поляков А.С., Казанцев Д.А., Пестов А.В.....	125

СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ [1,2,4]ТРИАЗОЛО[4,3-
b]ПИРИДАЗИНА С [d]АННЕЛИРОВАННЫМИ CARBOЦИКЛИЧЕСКИМИ
ФРАГМЕНТАМИ

Прокопьева И.Н., Толщина С.Г., Русинов Г.Л.....126

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
БАШКИРСКИХ И УДМУРТСКИХ ЦВЕТОЧНЫХ МЁДОВ

Русских К.А., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В.....128

АЗОСЧЕТАНИЕ (7-ГИДРОКСИ-)3-(2-ГИДРОКСИБЕНЗОИЛ)(5-
МЕТИЛ)КУМАРИНОВ, КАК ПУТЬ К ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМ
АЗОКРАСИТЕЛЯМ

Рыжов А.С., Полухин А.Р., Мажукина О.А.....129

НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА АНАЛОГОВ АЛКАЛОИДОВ
КРИСПИНА А НА ОСНОВЕ ФОСФОРАНИЛИДЕНСУКЦИНИМИДА

Сахаутдинова Г.Ф., Сахаутдинов И.М., Мусаргалина Л.М.,
Мустафин А.Г.....130

РАЗРАБОТКА НОВОГО КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДНОГО
ЦИТИЗИНА С ПРИМЕНЕНИЕМ 5-БРОММЕТИЛФУРФУРОЛА

Сахаутдинова Г.Ф., Сахаутдинов И.М., Маннанов Т.А., Валеева Р.А.,
Мустафин А.Г.....132

СИНТЕЗ ДИАМИНОВ ПРИРОДНОГО ДИФЕНИЛОВОГО ЭФИРА НА
ОСНОВЕ АНИЛИНОВ

Сахаутдинова Г.Ф., Сахаутдинов И.М., Маннанов Т.А., Валеева Р.А.,
Мустафин А.Г.....133

СИНТЕЗ 9-ЗАМЕЩЁННЫХ БЕРБЕРИНОВ С ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ

Семенова А.С., Буров О.Н., Алешин В.А., Дряпак А.Н.135

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ДИМЕТИЛМАЛЕАТА В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА 1,4-БУТАНДИОЛА

Скрипина С.С., Пасько П.А., Палатова Р.М., Талипов Р.Ф.....137

АДДУКТЫ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА ЛЕВОГЛЮКОЗЕНОНА И 1,3-ДИЕНОВ В
РЕАКЦИИ С БРОМИСТЫМ АЛЛИЛОМ

Улмасбаева З.А., Халилова Ю.А., Овчинников М.Ю., Файзуллина Л.Х.....139

СИНТЕЗ И *IN SILICO* ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО
ДЕЙСТВИЯ НОВЫХ 4,5,6,7-ТЕТРАГИДРОТИЕНО[2,3-В]ПИРИДИНОВ
Хагур Т.Р., Цымбал Т.Л., Хомякова А.А., Даус Е.С., Левченко А.Г.,
Дахно П.Г., Доценко В.В.....140

СИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДОКИНГ НОВЫХ
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ АНСАМБЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИЗАТИНА И
ПРОИЗВОДНЫХ КОЙЕВОЙ КИСЛОТЫ
Шраменко В.В.....141

РЕАКЦИЯ *ЦИС*-КОРИЧНОГО АЛЬДЕГИДА С БЕНЗОЛОМ ПОД
ДЕЙСТВИЕМ TaCl₅ и Mg
Юлбарисов А.Б., Габдуллин А.М., Кадикова Р.Н., Рамазанов И.Р.....143

СУЛЬФИРОВАНИЕ АСФАЛЬТЕНОВ ВЫСОКОСМОЛИСТОЙ НЕФТИ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕАГЕНТА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ
Юлуева З.Б., Бикмеева А.Х., Ширяева Р.Н.....144

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТА НУ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ
4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3 ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА
Ярмухаметов Д.А.....145

СЕКЦИЯ «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ
АСФАЛЬТЕНОВЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ ИНГИБИТОРОВ АСПО
Абдулгалимова А.Р., Соколова Д.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.....148

ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ
КАЧЕСТВА ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ
Афанасьева А.К., Кружалов Я.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.....149

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК
ИНДИКАТОРА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ
Боброва С.В., Юртанова Е.С., Кускова И.С.....150

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ ПРОИЗВОДНОЙ ПОЛИАНИЛИНА НА
ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
Булатов А.В., Андреев А.А., Ушаков В.В.....152

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРЕПАРАТОВ ТИМОЛОЛА С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Булышева Е.О., Мадиярова Г.Б.....	153
---	-----

ONE-LEAVE-OUT АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ПОРТРЕТОВ ВОЛЬТАМПЕРОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ СТАРЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ Васенина Н.А., Мигранова В.Р., Гареев И.А., Баширова З.А.	155
---	-----

СРАВНЕНИЕ РЕАКЦИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ Sn(IV) С ПИРОКАТЕХИНОВЫМ ФИОЛЕТОВЫМ И ХРОМАЗУРОЛОМ S В ПРИСУТСТВИИ ПАВ Веретенникова А.А.....	157
---	-----

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНАТИОСЕЛЕКТИВНОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ОКТАЭДРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА (III) Волкова А.А., Степанова П.А.....	159
--	-----

ХИРАЛЬНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ ЛИМОНЕНА И А- ПИНЕНА НА $[(\text{H}_2\text{MPMD})_{5,5} (\text{H}_2\text{O})_x][(\text{Ge}_{10}\text{O}_{21}(\text{OH})_2)_2 \cdot (\text{Ge}_7\text{O}_{14}\text{F}_3)]$ Габдрахманова А.А., Шарафутдинова Ю.Ф.....	160
---	-----

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ИЗОСТЕРИЧЕСКИХ ТЕПЛОТ НА ЭНАНТИОМОРФНЫХ КРИСТАЛЛАХ ПРИ АДСОРБЦИИ Габдрахманова А.А., Шарафутдинова Ю.Ф.....	161
--	-----

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р., Ахметшин Б.С.....	163
---	-----

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ И РЕНТГЕНОФАЗОВЫМ АНАЛИЗОМ СТРУКТУРЫ Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р.....	164
---	-----

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К СИНТЕЗУ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р.....	166
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ ПУТЕМ ИХ РАЗДЕЛЕНИЯ И ИММОБИЛИЗАЦИИ В ПОРИСТОЙ МАТРИЦЕ СИЛИКАГЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р.....	167
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ СЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ ПОСРЕДСТВОМ ИХ РАЗДЕЛЕНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ В ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЕ СИЛИКАГЕЛЯ Гайнуллина Ю.Ю., Фаздалова И.Р.....	169
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КУКУРУЗНОГО СУБСТРАТА НА ХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ КУЛЬТИВИРОВАННОГО ГРИБА Гузеева Д.Д., Юртанова Е.С., Кускова И.С.....	171
ДВУХФАЗНАЯ ХИРАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНОГО ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА И D- КАМФОРСУЛЬФОНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТРИПТОФАНА Зекиева А.Ф., Савельева А.С.....	173
ПРИМЕНЕНИЕ ХИРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ (R,R)- diPh-[Co]-Cl И (S,S)- diPh-[Co]-Cl В СОСТАВЕ ПАСТОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА МЕТОДОМ КВАДРАТНО-ВОЛНОВОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ Ишмакаева Г.И., Степанова П.А., Зекиева А.Ф.....	175
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОБОПОДГОТОВКИ ГРИБОВ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ Кабакова М.О., Юртанова Е.С., Кускова И.С.....	177

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ ТАУШ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	179
УСТАНОВЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ МИКРОКОЛИЧЕСТВ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ ТАУШ МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	181
ВЫЯВЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ГИДРОБИОНТАХ РЕКИ ТАУШ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	183
МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ОСТАТОЧНЫХ ПЕСТИЦИДОВ В ГИДРОБИОНТАХ РЕКИ ЧЕРМАСАН МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	185
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ ЧЕРМАСАН МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	187
ОБНАРУЖЕНИЕ МИКРОКОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РЫБЕ РЕКИ ЧЕРМАСАН МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	189
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РЫБЫ РЕКИ ТУРСАГАЛИ НА ПРЕДМЕТ НАЛИЧИЯ ОСТАТОЧНЫХ ПЕСТИЦИДОВ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	191
МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ХЛОРООРГАНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ В РЫБЕ РЕКИ ТУРСАГАЛИ МЕТОДОМ УФ- СПЕКТРОСКОПИИ	
Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	193

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПЕСТИЦИДАМИ НА ПРИМЕРЕ РЫБЫ РЕКИ ТУРСАГАЛИ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ Кораблева Д.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	195
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭДАРАВОНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ Кутепова П.Р., Ульмаскулова Л.Р., Перфилова Ю.А., Загитова Л.Р.....	197
ВЫБОР ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИЩЕВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ВЭЖХ Лавриненко Е.А., Соболева И.Г.....	199
РАСПОЗНАВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ КРИСТАЛЛАМИ ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ГРАФИТИРОВАННОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ САЖИ Леванов Д.А., Зиновьев И.М.....	201
ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСПАРТАМА В НАПИТКАХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ Логунова У.К., Мелихова Е.В.....	203
ДВУХФАЗНАЯ ХИРАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНОГО ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА И D- КАМФОРСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ МЕТИОНИНА Макарычева К.В., Степанова П.А.....	205
КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДСОРБЦИИ ЭНАНТИОМЕРОВ КАМФОРЫ НА ЦЕОЛИТПОДОБНОМ МАТЕРИАЛЕ БОРФОСФАТА МЕДИ Мансурова Э.Р., Изгибаева Д.В., Утеева Ж.Д.....	207
ТЕМПОРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОННЫЙ НОС» ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗОН Мигранова В.Р., Сидельникова Е.А., Васенина Н.А., Стрелкова Е.А.....	208

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ВЫСОКОСТОЙКИХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В ПРОЦЕССЕ НЕФТЕДОБЫЧИ Мифтахутдинов Д.А., Бахтеев С.А., Гармонов С.Ю.....	209
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ СЕНСОРОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ УГЛЕРОДА И ЗОЛОТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД Мухаметдинов Ч.Р., Емашева А.А., Зильберг Р.А.....	211
ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНАЯ АДСОРБЦИЯ α -ПИНЕНА НА ХИРАЛЬНОМ ЦЕОЛИТОПОДОБНОМ БОРОФOSФАТЕ АММОНИЯ Нуретдинова А.Ш., Изгибаева Д.В., Утеева Ж.Д.....	214
ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КВЕРЦЕТИНА МЕТОДОМ ВЭЖХ Облётова А.Б., Мелихова Е.В.....	215
ИЗУЧЕНИЕ MOF $\{Co(PDC)(H_2O)_2 \cdot H_2O\}$ В КАЧЕСТВЕ ХИРАЛЬНОГО СОРБЕНТА Осокина Н.А., Баландина К.С.....	217
ИЗУЧЕНИЕ MOF $\{Co(PDC)(H_2O)_2 \cdot H_2O\}$ НА ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ Осокина Н.А., Баландина К.С.....	219
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ ПРОДУКТОВ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ Потанина А.Г., Шашканова О.Ю.....	221
АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПРОДУКЦИИ ПЧЕЛОВОДСТВА МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ Рыжова Т.П., Юртанова Е.С., Кускова И.С.....	223
ИДЕНТИФИКАЦИЯ 5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МЁДЕ МЕТОДОМ КР-СПЕКТРОСКОПИИ Сальникова А.А. Гайнуллина Ю.Ю.....	225
ОПРЕДЕЛЕНИЕ 5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МЁДЕ КАЧЕСТВЕННОЙ РЕАКЦИЕЙ С РЕЗОРЦИНОМ Сальникова А.А., Гайнуллина Ю.Ю.....	227

ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНАЯ АДсорбция ПИНЕНОВ НА АДсорбЕНТЕ НА ОСНОВЕ КООРДИНАЦИОННОЙ КЛЕТКИ СУЛЬФОНИЛКАЛИКС[4]АРЕНА Самарина А.С., Зиновьев И.М.....	228
ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ Серганина В.В., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.....	230
АНАЛИЗ КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ АТОМНО – ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ Смирнова Д.Д., Юрганова Е.С., Кускова И.С.....	231
КОМПЛЕКСЫ Cu(II) С АМИНОКИСЛОТНЫМИ ЛИГАНДАМИ КАК ХИРАЛЬНЫЕ СЕЛЕКТОРЫ В ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРАХ Терес Ю.Б., Булышева Е.О., Воронова М.А.....	233
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ЭНАНТИОМЕРНО- И ДИАСТРЕОМЕРНО ЧИСТЫХ КОМПЛЕКСОВ Ni(II) С ХИРАЛЬНЫМИ ЛИГАНДАМИ НА ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОСТЬ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ Траоре М.....	235
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭДАРАВОНА И ЕГО НОВЫХ АНАЛОГОВ Ульмаскулова Л.Р., Кутепова П.Р., Перфилова Ю.А., Загитова Л.Р.....	237
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭНАНТИОДИФФЕРЕНЦИАЦИИ АТЕНОЛОЛА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ОКСИДОМ ГРАФЕНА С КОВАЛЕНТНО ПРИШИТЫМ ГЛУТАТИОНОМ ПОСРЕДСТВОМ КЛИК- РЕАКЦИИ Умутбаев Н.С., Абдуллин Я.Р., Загитова Л.Р.....	239
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ АДсорбЦИИ ЭНАНТИОМЕРОВ КАМФОРЫ НА БЕРЛИНИТЕ AlPO_4 Хуснитдинова А.А., Аллаярова Д.А.....	241

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОЙ АДСОРБЦИИ АМИНОКИСЛОТ НА МИНЕРАЛЕ БЕРЛИНИТЕ СО СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ Черноусов А.А., Черкасова Е.А., Аллаярова Д.А.....	242
ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ АДСОРБЦИИ ЭНАНТИОМЕРОВ МЕНТОЛА НА ХИРАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛАХ $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Шайбакова А.А., Белоногов Э.В.....	244
РАЗДЕЛЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ 1,1'-2-НАФТОЛА МЕТОДОМ ХИРАЛЬНОЙ ВЭЖХ НА КОЛОНКЕ НА ОСНОВЕ ХИРАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ CsCuCl_3 Шарипова Ф.М., Тайманова Д.К., Белоногов Э.В.....	246
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОБОПОДГОТОВКИ ГРИБОВ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДЛЯ МЕТОДОВ АТОМНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ Юртанова Е.С., Кабакова М.О., Кускова И.С.....	247
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХЛОРИДА МЕДИ (II) С 5-ПРОПИЛ-(1,2,3- ТРИАЗОЛ-4-ИЛ)-6-МЕТИЛУРАЦИЛОМ Янбердина З.А., Пышкин А.А., Алехина И.Е., Семенов В.Э., Иванов С.П.....	250

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХИРАЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ АТЕНОЛОЛА СЕЛЕКТОРОМ НА ОСНОВЕ ГЛУТАТИОНА Абдуллин Я.Р., Загитова Л.Р.....	252
СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С МЕРКАПТОПУРИНОМ Абдуллина А.З.....	254
КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ 5-ГИДРОКСИ-1,3,6-ТРИМЕТИЛ- УРАЦИЛА С ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ КАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ Аглиуллина Э.Т.....	255

ЦВА-АНАЛИЗ ПАНИ-МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДА Валиева С.С., Сякаев Р.С., Садыков Т.Т.....	256
ГЗР-АНАЛИЗ ПАНИ-МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДА Валиева С.С., Сякаев Р.С.....	257
ИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ ПАНИ-МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДА Валиева С.С., Сякаев Р.С.....	258
КИНЕТИКА ПЕРЕГРУППИРОВКИ КЛЯЙЗЕНА (1-МЕТИЛБУТ-2-ЕН-1- ИЛ)ФЕНИЛОВОГО ЭФИРА В ПРИСУТСТВИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА NaA Валитова Р.С., Фахретдинов Д.Ш., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.....	259
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ МАННИХА ТЕТРАГИДРОФУРАНОЛА-3 С ВТОРИЧНЫМИ АМИНАМИ Валитова Р.С., Охиров Ш.М., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.....	260
КИНЕТИКА ПЕРЕГРУППИРОВКИ КЛЯЙЗЕНА (1-МЕТИЛБУТ-2-ЕН-1- ИЛ)ФЕНИЛОВОГО ЭФИРА В ПРИСУТСТВИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА CaX Валитова Р.С., Фахретдинов Д.Ш., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.....	261
ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ЭЛЕКТРОПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА Васенина Н.А., Степанченко Д.А., Мигранова В.Р., Мустафин А.Г., Сякаев Р.С.....	262
ВЛИЯНИЕ КАТИОННЫХ ГРУПП В СОСТАВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДНОГО ФЛОКУЛЯНТА ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ КАДМИЯ ПОРОШКОМ ЦИНКА Гафаров Д.А., Гладченко А.А., Агеев Е.И.....	264
РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОЗОНА ПО ОТНОШЕНИЮ К ГУАНИНУ Гималетдинова Э.Р., Максюткова А.А.....	265

ВЛИЯНИЕ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ НА РАЗРЯД КАТИОНОВ ЦИНКА Голишко Т.Д., Агеенко Е.И.....	266
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ, ОБРАЗОВАННОГО 5-АМИНОСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ И ОКИСЛЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА Давлетшина К.А.....	267
ТЕРМОДИНАМИКА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ И ПРОТИВОЯЗВЕННАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСА 5- АМИНОСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ С ОКИСЛЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА Давлетшина К.А.....	268
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КИСЛОТНО- ОСНОВНОГО РАВНОВЕСИЯ 6-АМИНОУРАЦИЛА И ЕГО N- МЕТИЛЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ Дитятева И.П., Ахияров А.А., Файзрахманов И.С., Иванов С.П.....	269
УСТРАНЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ КАТИОННОГО ФЛОКУЛЯНТА НА РАЗРЯД КАТИОНОВ МЕДИ ИЗ ХЛОРИДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА Долганина С.А., Агеенко Е.И.....	271
ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИИОДИДА ЕВРОПИЯ В РАСТВОРЕ ТЕТРАГИДРОФУРАНА Ермолаева О.В., Газеева Д.Р., Василюк К.С., Якупова С.М., Галимов Д.И.....	272
ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛЮКОНАТА ЦИНКА Иванов К.С., Конкина И.Г., Файзрахманов И.С., Иванов С.П.....	274
УСТРАНЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ АНИОННОГО ФЛОКУЛЯНТА НА РАЗРЯД КАТИОНОВ МЕДИ ИЗ ХЛОРИДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА Искакова Ж.К., Агеенко Е.И.....	275

ИНГИБИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ДЕНДРИТНОГО ПРОИЗВОДНОГО КУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ В РЕАКЦИИ РАДИКАЛЬНО-ЦЕПНОГО ОКИСЛЕНИЯ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА	276
Каштанова Т.А., Шараева К.С., Сафарова И.В.....	
АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДНОЙ ГАЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ В РЕАКЦИИ ИНИЦИИРОВАННОГО ОКИСЛЕНИЯ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА	277
Каштанова Т.А., Шараева К.С., Сафарова И.В.....	
МОДИФИКАЦИЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ КИНЕТИКИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ДИЕНОВ	278
Кичигина М.Н.....	
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ КОНВЕРСИЯ СМЕСИ РАЗВЕТВЛЁННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ	280
Клыгин А.Я., Пономарев А.В.....	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЕДИНЕНИЙ С ОКСАДИАЗОЛЬНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ	281
Коновалова А.А.....	
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЕСТРУКЦИИ ТВЕРДОПЛАВКОГО ПАРАФИНА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	283
Корнилова А.А., Никонова С.И.....	
ВЛИЯНИЕ ВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОКСИГИДРОКСИДА ЦИРКОНИЯ	284
Криволапова А.Д., Куваева А.О.....	
МОДИФИКАЦИЯ МЕМБРАНЫ МК-40 ВАНАДИЛ-ИОНАМИ	286
Куцеволова Д.В., Коваленко Л.Ю.....	
ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ВЕГЕТАЦИИ ПИЩЕВЫХ КУЛЬТУР НА ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ В НИХ АНТИОКСИДАНТОВ	287
Ларионова Д.Г., Зырянова С.А., Мустафина Э.З.....	

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПОИСК СОЕДИНЕНИЙ С ВЫРАЖЕННОЙ АНТИКОАГУЛЯНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ СРЕДИ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИНДОЛУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ Максимов Л.С., Хайруллина В.Р.....	289
QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ ЦИКЛООКСИГЕНАЗЫ-2 НА ОСНОВЕ ДИАРИЛГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ Максимов Л.С., Хайруллина В.Р., Мартынова Ю.З.....	290
КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ 5Н,6Н,6АН,7Н,9АН-ЦИКЛОПЕНТА[С] [1,7]ФЕНАНТРОЛИН-6-КАРБОКСИЛАТА К АКТИВНЫМ ЦЕНТРАМ ЦИКЛОКСИГИНАЗЫ Хайруллина В.Р., Максимов Л.С., Мартынова Ю.З.....	291
КОНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ 2,5-ДИМЕТИЛ-8-ЭТИЛХРОМАНА Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Лобов А.Н.....	292
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ 2-МЕТИЛ-8-ЭТИЛХРОМАНА НА ОСНОВЕ ГЛОБАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ ДЕСКРИПТОРОВ Мосалёв П.О., Латыпова Э.Р., Лобов А.Н.....	294
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕГРУППИРОВОК КЛЯЙЗЕНА И АУВЕРСА Николаенко А.А.....	296
ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ КИНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССА РАДИКАЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА Никонова С.И., Корнилова А.А.....	298
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ 3,7,11-ТРИС(3,4-БИС(МЕТОКСИ)ФЕНИЛ)- ТРИС([1,2,4]ТРИАЗОЛО)[1,3,5]ТРИАЗИНА В РАСТВОРИТЕЛЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ Салькова А.М.....	299
КОМПЛЕКСНОЕ СОЕДИНЕНИЕ N, N'-ЗАМЕЩЕННОГО ОКСИМЕТИЛУРАЦИЛА С ФУМАРОВОЙ КИСЛОТОЙ Фазлыева Л.А.....	300

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПИПЕРИЛЕНА В ГАДОЛИНИЕВОМ КАТАЛИЗАТОРЕ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ИЗОПРЕНА Хамидуллина А.А.....	301
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ПОЛЯРИЗУЕМОСТЬ В РЕАКЦИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ И ИЗОМЕРИЗАЦИИ ТРУКСЕНА И ИЗОТРУКСЕНА: КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ Харисов Э.Р., Шаяхметова Р.Р.....	303
ИМПЕДАНСНЫЙ КОНТРОЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТЕНОВЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ ИНГИБИТОРОВ АСПО Хасанова А.Р., Храмцова К.А., Бикмеева А.Х., Бикмеев Д.М.....	305
КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ С α -ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ: СОСТАВ И УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПЛЕКСА Чернобровкина В.И.....	306
ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОНСТАНТ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСА АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ С α -ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ Чернобровкина В.И.....	307
ТРР ⁺ -ПРОИЗВОДНОЕ ФЕНОТИАЗИНА КАК ИНГИБИТОР ОКИСЛЕНИЯ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА Шараева К.С., Сафарова И.В.....	308
АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕНОТИАЗИНА И ЕГО ТРР ⁺ -МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРОИЗВОДНОГО В РЕАКЦИИ РАДИКАЛЬНО-ЦЕПНОГО ОКИСЛЕНИЯ 1,4-ДИОКСАНА Шараева К.С., Сафарова И.В.....	309
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ БОКОВОЙ ЦЕПИ НА ИНГИБИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕНОТИАЗИНА Шараева К.С.....	311
ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ РАСТВОРОВ СМЕСЕЙ АРАБИНОГАЛАКТАНА И КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ Шугаюпова Э.Э.....	312

КИНЕТИКА РЕАКЦИИ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА БЕНЗ(А)АНТРАЦЕНА С 4-ФЕНИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛИН-3,5-ДИОНОМ В УСЛОВИЯХ СОЛЬВОТЕРМИЧЕСКОЙ И МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ Юсупова Р.Ш., Корнилов Д.А.....	314
--	-----

КИНЕТИКА РЕАКЦИИ ДИЛЬСА-АЛЬДЕРА ДИБЕНЗ(А,Н)АНТРАЦЕНА С 4-ФЕНИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛИН-3,5-ДИОНОМ В КОНДЕНСИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ Юсупова Р.Ш., Корнилов Д.А.....	315
---	-----

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

ВЛИЯНИЕ ТИПА СШИВАЮЩЕГО АГЕНТА НА СВОЙСТВА ХИТОЗАНОВЫХ ПЛЁНОК Власенко Н.С., Томилина А.П., Брюзгин Е.В.....	317
---	-----

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ «ПЕКТИН–ПВС–ВОДА» Галимов Д.А., Кулиш Е.И.....	319
--	-----

РОЛЬ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ И ВЯЗКОСТИ СИСТЕМЫ «ПЕКТИН–ПВС–ВОДА» Галимов Д.А., Кулиш Е.И.....	320
--	-----

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА КИНЕТИКУ СОРБЦИИ И ЭФФЕКТИВНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДИФфуЗИИ В ЛИОФИЛИЗИРОВАННЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ Галиуллина К.Н.....	322
--	-----

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИН НА ОСНОВЕ КМЦ И ПВС МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ Галиуллина К.Н.....	324
---	-----

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ПВХ-КОМПОЗИЦИЙ Гусев А.С., Трифонова И.П., Бурмистров В.А.....	325
--	-----

ХИТОЗАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ, ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТОВ Дилбандян Р.В., Кулиш Е.И., Квятковская А.С.....	327
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ АЛЬГИНАТА НАТРИЯ Еникеева Р.Р.....	329
ОСОБЕННОСТИ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ ПАВ НА ОСНОВЕ ТРИБЛОКСОПОЛИМЕРА PLURONIC P123 Иванова А.А., Спесивцева С.С.....	330
ИЗУЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ХИТОЗАНА И СУКЦИНИЛ ХИТОЗАНА Калеева В.В.....	331
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМЕ ПЕКТИН – ТЕТРАГИДРОФУРАНОЛ-3 Канчурина Н.М, Охиров Ш.М.....	332
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОКСИЗАМЕЩЁННЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫХ ФОТОИНИЦИАТОРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛИАКРИЛАМИДНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ Коробова В.Д., Кулёв В.А., Агеева Т.А., Печникова Н.Л.....	333
РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ Лесовщикова А.А., Никитин А.В., Рогожкина А.А., Агеева Т.А.....	334
ПОВЕДЕНИЕ СТЕАРОИЛБЕНЗОИЛМЕТАНА В УСЛОВИЯХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА Масагутова Э.А., Мазина Л.А., Нафикова Р.Ф., Ахметханов Р.М.....	335
ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕРЕБРА В ПЛЕНКАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА И ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА Мустафина С.А.....	337
ПРИМЕНЕНИЕ КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ В МЕДИЦИНЕ И ФАРМАЦЕВТИКЕ Нурвалиева К.Р., Хасанова А.И.....	338

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ПЛАВОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА Паршина А.С.....	339
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ Саляева Е.А.....	340
ВЛИЯНИЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЛЕЙ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА Сафина П.И.....	341
ПОИСК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА ИЗ ФТЛО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ Сафиуллина Р.Р.....	342
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ФТАЛОЦИАНИНОВ Скобеев Д.А., Матис М.Е., Майзлиш В.Е.....	344
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕР-КОЛЛОИДНЫХ ДИСПЕРСИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОХЛОРИДА ХИТОЗАНА И КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ ЙОДИДА СЕРЕБРА Соснина Д.А.....	345
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ – НАТРИЕВАЯ СОЛЬ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ Сулейманова Э.А.....	346
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА, ПОЛИКАПРОЛАКТОНА И ОКСИДА ЦИНКА Сунаргулов А.Б.....	348
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИЭФИРОВ, ХИТОЗАНА И ОКСИДА ЦИНКА Сунаргулов А.Б.....	349

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И СВОЙСТВ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ, СШИТЫХ ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТОЙ Таганбекова З.К., Великоречанина Д.Е., Лямкина А.В., Курочкина Н.Ю., Маркин В.И.....	350
НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И НАНОЧАСТИЦ ЙОДИДА СЕРЕБРА Терегулов Т.Б.....	352
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ И ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ Хабибуллин И.И., Псянчин А.А., Садыков Т.Т.....	353
РАЗРАБОТКА СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ ТЕРМОСТОЙКОГО ЛИГНОСУЛЬФОНАТНОГО РЕАГЕНТА Хазиева Р.Ф., Ширяева Р.Н., Куляшова И.Н., Бабанкина К.М.....	354
ВЛИЯНИЕ МЕТАНОЛА НА СОЛЬВАТНУЮ ОБОЛОЧКУ ПЕКТИНА В РАСТВОРЕ Хамидуллин Г.Е., Кулиш Е.И., Вакулин И.В.....	356
ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ ВЛИЯНИЯ ГЛИЦЕРИНА НА СОЛЬВАТНУЮ ОБОЛОЧКУ ПЕКТИНА В РАСТВОРЕ Хамидуллин Г.Е., Кулиш Е.И., Вакулин И.В.....	357
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИСАХАРИДНЫХ МАТРИКСОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОХЛОРИДА ХИТОЗАНА Ню Хаожань, Цинь Нин, Алмаев Б.Ф.....	358
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ГЕЛЛАНОВОЙ КАМЕДИ Хасанова А.И., Нурвалиева К.Р.....	360
РАЗРАБОТКА ПРЕПРЕГОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА С ВВЕДЕНИЕМ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ Чжан Циюэ, Псянчин А.А.....	361
ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ Чжан Шиюань, Псянчин А.А.....	362

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПЛАВОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА Шайдиянов А.И.....	363
--	-----

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ, НАПОЛНЕННОЙ ТАЛЬКОМ Шамсутдинов С.К. Симонова А.Н., Псянчин А.А., Садыков Т.Т.....	364
---	-----

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ ПЕКТИН – НАТРИЕВАЯ СОЛЬ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ Шихмуратова Р.Р.....	365
---	-----

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ НАПОЛНЕНИЯ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА НА АТМОСФЕРОСТОЙКОСТЬ Яхина Г.С.....	366
---	-----

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ БУДЕСОНИДА В МЯГКОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЕ Алексеев С.Г.....	369
--	-----

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КОЛЛЕКТОРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ Ra^{226} , Tl^{232} , K^{40} Алимова М.Р., Вахитова Г.Р.....	370
---	-----

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ Андрянцева С.А., Лупова И.А., Зайцев Ф.И., Андрянцева А.П.....	372
---	-----

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ Баширова З.А., Мигранова В.Р., Васенина Н.А., Юмакаев Д.С.	374
--	-----

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МОНОЭТАНОЛАМИНА В ДЕГАЗИРУЮЩИХ СРЕДСТВАХ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО МОДИФИКАЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК Бодров А.А., Семенов И.С.....	375
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ С ПОЛУЧЕНИЕМ КОРМОВ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА Гаффарова Э.Р., Фархутдинов Р.Г., Григориади А.С.....	377
ЧАСТИЧНОЕ БРИКЕТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЗАГРУЗКИ ШИХТЫ Дубинина Е.А., Андриянцева С.А.....	379
ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ СУБСТРАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИГИРОВАНИЯ ЦЕПЕЙ РНК ПОД ДЕЙСТВИЕМ РНК ЛИГАЗЫ Т4 Егамедиев Д.Ж., Гарафутдинов Р.Р., Пасько П.А., Сахабутдинова А.Р.....	381
ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА РОСТ РАСТЕНИЙ РЖИ ПОСЕВНОЙ (<i>SECALE CERALE</i> L.) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ Жарикова А.Д., Сотникова Ю.М.....	383
ИЗМЕРЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В ЛИСТЬЯХ <i>VIGNA RADIATA</i> L. ПРИ НЕФТЯНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИИ БИОПРЕПАРАТОВ Закирова Е.А., Сотникова Ю.М.....	384
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЛКА В РАСТИТЕЛЬНОМ ЭКСТРАКТЕ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ (<i>CALENDULA OFFICINALIS</i> L.) ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ. Калашникова Е.И., Сотникова Ю.М.....	385
МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И PLS-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ФРАКТАЛИЗАЦИИ СТЕКЛОУГЛЕРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА Кутлугильдина Г.Г., Сидельникова Е.А., Васенина Н.А., Гареев И.А., Баширова З.А.....	387

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НА ПОРИСТОСТЬ И ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ АНОДНЫХ КЕРМЕТНЫХ ПОДЛОЖЕК NiO-YSZ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ Меньшакова Ю.А., Максимова Д.С., Зезюкевич Д.Т., Ермакова Л.В., Калинина Е.Г.....	389
МОНИТОРИНГ АРОМАОБРАЗОВ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЕННЫХ НАПИТКОВ ПО МЕТОДУ ТИКС Мигранова В.Р., Сидельникова Е.А., Гареев И.А.....	391
ИНГИБИТОРЫ ЛАНОСТЕРОЛ-14-А-ДЕМЕТИЛАЗЫ <i>S. CEREVISIAE</i> НА ОСНОВЕ 3,4-ДИГИДРОПИРИМИДИН-2-ТИОНА: <i>IN SILICO</i> СКРИНИНГ И СТЕРЕОСПЕЦИФИЧНОСТЬ Мулаева С.А., Хайруллина В.Р., Хамитова Г.М.....	393
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ И ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ ДИФРАКЦИИ МОЛЕКУЛЫ C ₆₀ F ₁₈ Немтинов В.И., Шурыгин А.В., Зернов Я.Г., Писарев С.М., Фёдорова Н.А.....	395
ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЗУЮЩЕГО АГЕНТА ПЕРОКСИДА ДИКУМИЛА НА МОДУЛЬ ПОТЕРЬ И МОДУЛЬ УПРУГОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТЕХНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ РАЗЛИЧНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ Оганова А.В., Ковалева А.Н.....	396
EVALUATION OF THE SENSITIVITY OF THIN-FILM NANOCOMPOSITE MATERIALS Salikhov R.B., Salikhov T.R., Mullagaliev I.N., Safargalin I.N., Ostaltsova A.D., Chebaeva T.V.....	398
ВЛИЯНИЕ ТИПА КОНЦЕВЫХ НУКЛЕОТИДОВ НА ЛИГИРОВАНИЕ ОДНОЦЕПОЧЕЧНЫХ ДНК ПОД ДЕЙСТВИЕМ РНК-ЛИГАЗЫ T4 Рахимов А.А., Гарафутдинов Р.Р., Пасько П.А., Сахабутдинова А.Р.....	400
СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЭКСТРАКТАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА (<i>HELIANTHUS ANNUUS</i>) ПРИ УГЛЕВОДОРОДНОМ СТРЕССЕ Рахимова И.Т., Сотникова Ю.М.....	402

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭПИНА И ЦИРКОНА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ МЕДИ	
Рахматуллина С.Р.....	403

ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА РОСТ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КАДМИЯ И ЦИНКА	
Рахматуллина С.Р.....	404

АПРОБАЦИЯ ХЕМОМЕТРИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССОВ ТРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ «НИКЕЛЕВЫЙ СПЛАВ - АЛЮМИНИДНОЕ ПОКРЫТИЕ»	
Султанов Г.Р., Смольникова О.Г., Сидельников А.В., Мустафин А.Г.....	406

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА У ГОРОХА ПОСЕВНОГО (<i>PISUM SATIVUM</i> L.) ПРИ НЕФТЯНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ	
Хайруллина К.А., Сотникова Ю.М.....	408

ОКИСЛЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ В ПРИСУТСТВИИ ФЕРРАТОВ	
Хохлова А.М., Анцева Е.С., Козлова А.А., Квиткова Е.Ю.....	409

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА	
Черво А.Ю., Фархутдинов Р.Г.....	411

ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ПРИ НЕФТЯНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ	
Ягофарова А.Э., Сотникова Ю.М.....	413

СЕКЦИЯ «ДОСТИЖЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В ХИМИИ»

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СОХРАННОСТЬ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В КАРТОФЕЛЕ	
Абдрафиков А.Р., Набиуллина А.Ф.....	416

НИТРИТ НАТРИЯ В КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЯХ: БАЛАНС ПОЛЬЗЫ И БЕЗОПАСНОСТИ	
Адиев А.М., Адиева Г.Ф.....	417

ПРОВЕДЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ РЕАКЦИЙ НА БЕЛОК Азаматова А.С.....	418
ОПЫТ НАСТАВНИЧЕСТВА В РАМКАХ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ НА УРОКАХ ХИМИИ Андрьянцева С.А., Дергунова В.В., Кондрашова А.А., Андрьянцева А.П.....	419
ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЗАМАЧИВАНИЯ СЕМЯН ФАСОЛИ НА ИХ ВСХОЖЕСТЬ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА «РИФТАЛ» Багаутдинова М.В., Габдуллина Э.Э., Багаутдинова Г.Г.	421
АНТИБИОТИКИ – СПАСЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА Бадретдинова Н.Д.	423
БЕЛЕМНИТ - ПОДАРОК МЕЗОЗОЙСКОЙ ЭРЫ Басимова З.А.	425
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ БАШКИРСКОГО ЛИПОВОГО МЕДА РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ Габдуллина Э.Э.....	427
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПЛОДАХ ШИПОВНИКА Гайнуллина С.А.....	428
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИГРАЦИИ МИКРОПЛАСТИКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ Гончаренко М.Е., Мажитова Р.С., Торсян С.А.....	429
ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА Дмитриевская С.С., Зарапина И.В., Осетров А.Ю.....	431
ПОЛУЧЕНИЕ ЭМИССИОННЫХ ПОКРЫТИЙ MgF_2 И MgO Захарова К.К., Чертенкова Д.И., Рихтер Э.А.....	433
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, СИНТЕЗИРУЕМОЙ <i>INSITU</i> Иванова Д.В., Иммис А.И., Мустафин И.А.....	434

РАЗРАБОТКА МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ВРЕДА ОТРАБОТАННЫХ БАТАРЕЕК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ Габбасова Г.Я., Либман В.М., Шкитина В.С.....	435
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ Лобанов К.А., Дудова А.С., Федоров Н.С.....	437
ЙОД – ВАЖНЫЙ МИКРОЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА Макаров М.А., Ямщикова А.А.....	439
ТАЙНЫ ХИМИИ ИГРЫ ФАКТОРИО: ВЗГЛЯД ЮНОГО ИНЖЕНЕРА Матякубов М.С.....	441
ОБНАРУЖЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИЕЙ Салаватова Р.Р.....	442
АРОМАТИЧЕСКИЕ ЭФИРНЫЕ МАСЛА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ Суфиярова А.И., Басимова Л.М.....	443
ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ КАК ФАКТОРА МИКРОКЛИМАТА И УСЛОВИЙ ОБУЧЕНИЯ Сысалов К.Д.....	445
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ДУХОВ Фатхиева З.К.	446
ХИМИЯ В КРИМИНАЛИСТИКЕ Шаехова Г.И.	448
ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ Шаймухаметова Н.И., Ахмадуллина Л.Р.....	451
СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ АЛЬГИНАТА НАТРИЯ Шуршина С.А., Шуршина А.С., Сачков А.Г.	452

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Научное издание

ДОСТИЖЕНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ: ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Тезисы докладов
XI Всероссийской молодежной конференции
(г. Уфа, 28–29 мая 2026 г.)**

Электронное издание сетевого доступа

*За достоверность информации, изложенной в статьях,
ответственность несут авторы.
Статьи публикуются в авторской редакции*

Подписано к использованию 25.06.2026 г.
Гарнитура «Times New Roman». Объем 19,96 Мб.
Заказ 106.

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
450008, Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12.*

Тел.: +7-908-35-05-007
e-mail: ric-bdu@yandex.ru