



ФОНД
ПРЕЗИДЕНТСКИХ
ГРАНТОВ

XXIX

Md

МЕНДЕЛЕЕВСКАЯ
школа-конференция
молодых ученых

МАТЕРИАЛЫ XXIX МЕНДЕЛЕЕВСКОЙ ШКОЛЫ-КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

21-27 АПРЕЛЯ

2019 ГОДА, ИВАНОВО



ИССЛЕДОВАНИЯ / ТЕХНОЛОГИИ



**XXIX МЕНДЕЛЕЕВСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

**22–27 АПРЕЛЯ 2019
ИВАНОВО**

Сборник тезисов

УДК 54; 678 / БК Г.я 431
М501

Учредитель и организатор Менделеевского конкурса с 1990 года
Некоммерческое партнерство
«Содействие химическому и экологическому образованию»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

доктор химических наук, профессор С.С. Карлов
член-корр. РАН, доктор химических наук, профессор А.В. Лукашин
доктор химических наук, профессор М.А. Маслов
доктор химических наук, профессор В.В. Фомичёв
доктор технических наук, профессор А.К. Фролкова
доктор химических наук, профессор Г.В. Эрлих
кандидат химических наук В.Д. Юловская

М501

XXIX Менделеевская конференция молодых ученых: сборник тезисов (22–27 апреля 2019 г., Иваново) / Ивановский государственный химико-технологический университет. – Иваново / РИЦ ИГХТУ, 2019. – 140 с.

ISBN 978-5-4437-0783-9

В сборнике представлены работы победителей I тура XXIX Менделеевского конкурса студентов по номинациям «Исследования по химии» и «Исследования и разработки по химической технологии». В I туре конкурса участвовало 209 работ студентов из 57 вузов 39 городов. На основании независимых рецензий жюри определило 117 победителей из 41 вуза, 28 городов, которые прошли во II тур. Им предстоит защищать свои работы на XXIX Менделеевской школе-конференции молодых ученых в Иваново.

Менделеевский конкурс студентов учредило сообщество химиков России в 1990 году. Его цель – выявлять и поддерживать талантливых студентов химических специальностей, поощрять их научно-исследовательскую работу. За 29 лет Менделеевский конкурс стал известным и престижным академическим соревнованием среди университетской молодежи России.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области химии и химической технологии.

УДК 54; 678 / ББК Г.я 431

ISBN 978-5-4437-0783-9

© ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико-технологический
университет», 2019

XXIX Менделеевский конкурс проводится при поддержке гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов».



Ивановский государственный химико-технологический университет берет своё начало от Химического факультета Иваново-Вознесенского политехнического университета – первого технического вуза Советской России, созданного в 1918 году. В 1930 году на базе Химического факультета ИВПИ был создан самостоятельный вуз – Ивановский химико-технологический институт, в 1993 году переименованный в академию, а в 1998 году – в университет. В 2018 году ИГХТУ отметил свое 100-летие.

ИГХТУ – многопрофильное высшее учебное заведение с высоким кадровым потенциалом и современной материально-технической базой, обеспечивающее качественную подготовку специалистов по широкому спектру технических, технологических, естественнонаучных направлений и IT-индустрии для предприятий и организаций Ивановской области и других регионов Российской Федерации, а также ряда зарубежных стран.

За годы своего существования вуз подготовил свыше 60 000 инженеров, более 1 200 кандидатов наук и около 200 докторов наук. Выпускники Ивановского Химтеха успешно работают во многих отраслях промышленности: химической, оборонной, машиностроительной, приборостроительной, текстильной и других; именно они стояли у истоков создания новых отраслей – производства пластмасс, химических волокон, электронной техники. Сегодня химтеховцы составляют основу инженерного корпуса большинства предприятий химической промышленности России. Научные кадры, подготовленные в ИГХТУ, успешно трудятся в преподавательских коллективах вузов, академических и отраслевых научных институтах.

В соответствии с лицензией ИГХТУ осуществляет подготовку студентов по 29 профилям бакалавриата, 19 программам магистратуры, 4 направлениям аспирантуры.

Вуз идет в ногу со временем: внедрены сетевые, дистанционные, электронные формы обучения; активно внедряются в учебный процесс бакалавриата и магистратуры практико-ориентированные модели образования, созданы базовые кафедры, проводится подготовка кадров для предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Университет имеет тесные контакты с промышленными предприятиями и фирмами – около 300 предприятий-партнеров! Выпускники ИГХТУ – это люди думающие, умеющие бороться за успех, работать в команде, работать на результат. Востребованность выпускников ИГХТУ в последние годы значительно превышает численность выпуска.

Университет является крупным центром фундаментальной и прикладной науки в области химии, химической технологии и химического машиностроения. На базе университета зародились и успешно работают всемирно известные научные школы в области термодинамики и строения растворов, энергетики и структуры молекул в газовой фазе, химии макрогетероциклических соединений

и порфиринов, научных основ катализа и текстильной химии, физикохимии плазмы и плазмохимических процессов. В структуре вуза 2 научно-исследовательских института, 20 подразделений научно-производственного и научно-исследовательского характера, 8 научно-образовательных и инновационных центров.

Эффективно работают 4 диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и доктора наук.

В вузе издаются научные журналы, в том числе входящие в перечень ВАК – «Макрогетероциклы», «Российский химический журнал» РХО им. Д.И. Менделеева, «Известия вузов. “Химия и химическая технология”» (включенные в мировую базу данных Web of Science и Scopus), «Известия вузов. Проблемы экономики, финансов и управления производством», «Известия вузов. Гуманитарные науки»; а также региональное приложение к журналу «Современные наукоемкие технологии» РАЕ.

Университет поддерживает долгосрочные научные контакты с научными центрами и ведущими университетами Европы, Азии и Америки в рамках межправительственных соглашений, прямых договоров и договоров о сотрудничестве, участвует в программах обмена студентами и преподавателями. ИГХТУ является участником ряда международных учебных программ, в т.ч. европейской программы ERASMUS.

За свою 100-летнюю историю ИГХТУ завоевал высокое и заслуженное признание в стране и за рубежом. В 1980 году вуз награжден орденом Трудового Красного Знамени. В 1987 году Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Ивановский химико-технологический институт отнесен к ведущим вузам СССР, как вуз, выполняющий научные исследования важного народнохозяйственного значения. В 2005 году Распоряжением Президента РФ ИГХТУ объявлена благодарность за большой вклад в развитие науки и подготовку высококвалифицированных специалистов.

ИГХТУ занимает лидирующие позиции среди российских вузов в рейтингах Минобрнауки РФ РИНЦ, SCImago World Report, Web of Science, Scopus, Webometrics и других российских и зарубежных рейтинговых агентств и баз данных.

ИГХТУ активно живет и развивается. Ведь на гербе его написано «Chimia est vita», что означает «Химия – это жизнь».

**НОМИНАЦИЯ I
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ**



**СЕКЦИЯ
«НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

СИНТЕЗ, ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И КИСЛОРОДНОЙ НЕСТЕХИОМЕТРИИ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$

Студентка 4 курса Базуева М.В.

Руководитель к.х.н. Волкова Н.Е.

Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина

bazueva01997@gmail.com

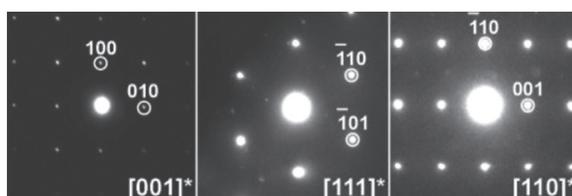
Сложные оксиды со структурой $AABVO_3$ перовскита (где А – РЗЭ, А' – ШЗЭ, В – 3d-металл) вызывают большой интерес в современных исследованиях в связи с их уникальными физико-химическими свойствами, позволяющими использовать материалы на их основе в различных областях техники.

Данная работа посвящена получению сложных оксидов состава Ba-Pr-Fe-Co-O, определению областей гомогенности, кристаллической структуры и кислородной нестехиометрии.

Образцы синтезировали по глицерин-нитратной технологии. Заключительный отжиг проводили при 1100 °С на воздухе. Фазовый состав образцов определяли методом порошковой дифракции. Уточнение параметров элементарных ячеек проводили методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008». Исследования кристаллической структуры образцов проводились методом просвечивающей электронной микроскопии. Абсолютное значение индекса кислородной нестехиометрии (δ) полученных образцов определяли методами йодометрического титрования и полного восстановления образцов в токе водорода. Для изучения зависимости содержания кислорода в сложных оксидах от температуры использовали метод термогравиметрического анализа (ТГА).

По данным РФА установлено, что сложные оксиды $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ при $x = 0.1$, $0 \leq y \leq 0.8$; $x = 0.2$, $0 \leq y \leq 0.7$; $x = 0.3$, $0 \leq y \leq 0.6$; $x = 0.4$, $0 \leq y \leq 0.3$; $x = 0.5$, $0 \leq y \leq 0.25$; $0.6 \leq x \leq 0.7$, $0.1 \leq y \leq 0.2$ являются однофазными и кристаллизуются в кубической ячейке пр. гр. *Pm3m*.

Дальнейшие структурные исследования образцов проводили методом ПЭМ. Из полученных данных видно, что катионы А- и В-подрешеток распределены в матрице оксида статистическим образом (рисунок).



Изображение, полученное методом просвечивающей электронной микроскопии
для $Ba_{0.8}Pr_{0.2}Fe_{0.5}Co_{0.5}O_{3.6}$

Установлено, что увеличение концентрации Pr приводит к уменьшению параметра элементарной ячейки, что объясняется размерным эффектом. Содержание Co влияет на величину параметра a несущественным образом. На основании йодометрического титрования и ТГА был рассчитан абсолютный индекс кислородной нестехиометрии и средняя степень окисления 3d-металлов в $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ на воздухе при 25 °С. Установлено, что увеличение концентрации ионов Pr в образцах приводит к увеличению содержания кислорода. Из данных ТГА установлено, что обмен кислородом между образцом и газовой фазой начинается при температуре выше 400 °С, а содержание кислорода уменьшается с ростом температуры.

ГИБРИДНЫЕ ГАЛОВИСМУТАТЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Студент 3 курса Буйкин П.А.

Руководитель профессор Котов В.Ю.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
peterzzz@mail.ru

Солнечная энергетика представляет собой перспективное направление получения энергии. Гибридные галовисмутаты в качестве светопоглощающих материалов привлекают внимание исследователей благодаря своей низкой токсичности, высокой гидролитической стабильности и необычных физических свойств. Низкие значения оптической ширины запрещенной зоны (E_g) синтезированных полупроводников позволяют рассматривать их в качестве возможных кандидатов для использования в солнечной энергетике. Целью данной работы являлось получение и характеристика новых гибридных галовисмутатных соединений.

В рамках изучения влияния структуры галовисмутатов на величину E_g было проведено исследование твердых растворов смешанных бромйодовисмутатов 1,1'-(1,4-фениленбис(метилен))бис(1-пиридиния). Установлено, что резкое изменение E_g при небольшом замещении брома на йод (примерно до 25 %) для этого соединения и малое изменение E_g при дальнейшем увеличении его содержания свидетельствует о приоритетном заполнении йодом аксиальных позиций в анионе BiX_5^{2-} , имеющем структуру тетрагональной пирамиды.

Изучение изомерных йодовисмутатов аминопиридиния, содержащих 1-D анион $[BiI_4]^{n-}$, показало, что уменьшение кислотных свойств катиона в серии $3-NH_2PyH^+ \rightarrow 2-NH_2PyH^+ \rightarrow 4-NH_2PyH^+$ приводит к значительной перестройке катиона, за счет резонансной стабилизации [1]. Увеличение положительного заряда на аминогруппе позволяет образовывать более сильные водородные связи N-H...I. Эти изменения приводят к уменьшению объема ячейки, выравниванию расстояний Bi-I и уменьшению оптической ширины запрещенной зоны полупроводника.

Среди возможных кандидатов на использование в солнечной энергетике выделяется йодовисмутат метилвиологена ($MVBiI_5$), обладающий низким значением E_g и черной окраской. Нами показано [2], что состав образующегося продукта в водной системе зависит от соотношения катионов метилвиологена и комплексных анионов, содержащих висмут, а также кислотности раствора. Наряду с $MVBiI_5$ выделены еще два продукта реакции. Обнаружено, что термическое разложение соединения $(MV)_3(Bi_2I_9)_2(DFM)_3 \cdot H_2O$, выделяемого из диметилформамида, приводит к образованию $MVBiI_5$. Предложен способ нанесения $MVBiI_5$ на оксидные подложки, исходя из $(MV)_3(Bi_2I_9)_2(DFM)_3 \cdot H_2O$.

Результатом работы стало получение 15 новых гибридных галовисмутатов, охарактеризованных методом РСА. В структуре одного из йодовисмутатов обнаружен ранее неизвестный анион $[Bi_2I_{11}]^{5-}$ [2]. В структуре двойного бромовисмутата бис(2-аминопиридино)гексана - калия обнаружен новый тип 1D цепей с участием катионов калия: $(KBi_2Br_{11})_n$ [3].

ЛИТЕРАТУРА

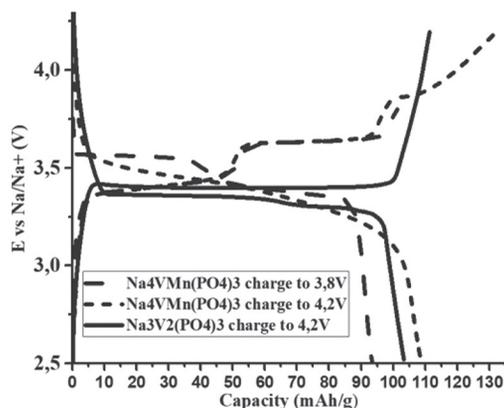
1. Buikin P.A., Ilyukhin A.B., Baranchikov A.E., et al, *Mend. Commun.*, **2018**, *28*, 490.
2. Buikin P.A., Ilyukhin A.B., Simonenko N.P., et al, *Polyhedron*, **2018**, *154*, 430.
3. Буйкин П.А., Руденко А.Ю., Баранчиков А.Е., др., *Ж. Коорд. Хим.*, **2018**, *44*, 169.

КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НАТРИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ $\text{Na}_{3+x}\text{V}_{2-x}\text{Me}_x(\text{PO}_4)_3$ ($\text{Me} = \text{Mn}, \text{Ni}$) СО СТРУКТУРОЙ NASICON

Студент 2 курса Буряк Н.С.

Руководители к. х. н., Дрожжин О.А., аспирант Захаркин М.В.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
buryak.nix@yandex.ru

Увеличивающееся мировое энергопотребление создаёт необходимость запасания электроэнергии. Натрий-ионные аккумуляторы являются в перспективе менее дорогими аналогами широко применяемых сегодня литий-ионных [1]. Более того, использование натрия с отличными от лития кристаллохимическими особенностями открывает возможности для изучения соединений с новыми свойствами. В данной работе исследовались соединения со структурой NASICON, представляющие большой интерес за счёт способности работать на высоких скоростях заряда и разряда в качестве катодных материалов [2]. В рамках этого исследования показано влияние на электрохимические свойства полного и частичного замещений ванадия марганцем и никелем в перспективном соединении $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$, синтезированном золь-гель методом.



Кривая гальваностатического циклирования электрохимической ячейки с $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ и $\text{Na}_4\text{VMn}(\text{PO}_4)_3$ в качестве катодных материалов

Показана нецелесообразность полного замещения ванадия на марганец по причине образования соединения, не проявляющего электрохимическую активность.

При замещении ванадия на марганец и никель в различных соотношениях, никель не проявляет электрохимическую активность в окне потенциалов 2.5–4.2 В и не улучшает характеристики материала.

Тем не менее, замещение ванадия на марганец в $\text{Na}_4\text{VMn}(\text{PO}_4)_3$ увеличивает энергоёмкость соединения за счёт работы на более высоком потенциале, что открывает новые перспективы для дальнейшего изучения этого соединения и его последующего использования в качестве катодного материала в натрий-ионных аккумуляторах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen S. et al. *Adv. Mater.* **2017**, 29(48), 1700431.
2. Zhao J. et al. *J. Mater. Chem. A.* **2019**, 7(4), 1548.

ФОТОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ГЕПТАСУЛЬФИДА РЕНИЯ

Студентка 4 курса Гусева Д.В.

Руководитель к.х.н. Егоров Н.Б.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

dvg25@tpu.ru

Получение Re_2S_7 представляет интерес из-за его применения в промышленности в качестве катализатора и в медицине в качестве лимфотропного препарата (трейзера), вводимого в ткань с последующей визуализацией лимфатических путей у больных раком, что определяет актуальность выбранной темы и ее практическую значимость.

Наночастицы гептасульфида рения (Re_2S_7) являются рентгеноаморфными и обладают неправильной формой, что позволяет использовать их в качестве объекта ультрафагоцитоза для $^{99\text{m}}\text{Tc}$ в форме TcO_2 . Существует два метода получения Re_2S_7 : а) путем осаждения из кислых растворов перренатов сероводородом; б) обменной реакцией перренатов с тиосульфатами в кислой среде. В отличие от известных на данный момент методов синтеза Re_2S_7 , разрабатываемый нами новый способ получения наночастиц Re_2S_7 осуществляется без использования токсичных реагентов и в слабокислой среде.

Целью работы является изучение условий синтеза наночастиц Re_2S_7 при УФ-облучении водных растворов, содержащих NaReO_4 и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Облучение растворов, содержащих NaReO_4 и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, приводит к появлению в электронном спектре поглощения максимумов при $\lambda_{\text{макс}} \sim 300$ нм, при $\lambda_{\text{макс}} \sim 415$ нм, при $\lambda_{\text{макс}} \sim 480$ нм и при $\lambda_{\text{макс}} \sim 610$ нм. Раствор при этом окрашивается в светло-коричневый цвет. Учитывая, что УФ-облучение водных растворов $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ излучением с $\lambda_{\text{макс}} = 229$ нм приводит к образованию элементарной серы, сульфита и сероводорода (H_2S), предположено, что образующийся при фотолизе H_2S способен реагировать с ионом ReO_4^- , последовательно замещая в нем атомы кислорода на атомы серы, с образованием тиоперренатов.

Было определено, что наибольший выход по всем ионам наблюдается при использовании раствора, содержащего 6×10^{-3} моль/л NaReO_4 и 0,4 моль/л $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. При использовании эксимерной лампы KrCl в фотолите спектрофотометрическим методом регистрируется наибольшая концентрация продуктов фотолиза.

Электронные микрофотографии и диаграммы распределения наночастиц Re_2S_7 показывают, что в начальный момент времени (от 1 до 5 мин) в растворе происходит формирование коллоидных частиц, имеющих шаровидную форму и размеры от 20 до 100 нм. Исследование полученного осадка методом рентгенофазового анализа показало, что осадок содержит значительное количество элементарной серы. Спектры рентгенофлуоресцентного анализа показывают, что осадок помимо серы содержит рений. Элементарную серу из продуктов твердофазного фотолиза удаляли толуолом при нагревании. Дифрактограмма продукта, отмытого от элементарной серы, позволяет сделать вывод, что в результате фотолиза водных растворов, содержащих тиосульфаты и перренаты, образуется Re_2S_7 .

С использованием УФ- и ИК-спектроскопии, а также рентгенофазового анализа показано, что продуктами фотолиза водных растворов, содержащих тиосульфаты и перренаты являются ионы ReO_3S^- , ReO_2S_2^- , ReOS_3^- , ReS_4^- , H^+ , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ и элементарная сера.

Таким образом, впервые показано, что при УФ-облучении водных растворов, содержащих тиосульфаты и перренаты происходит образование наночастиц гептасульфида рения.

КОНФОРМАЦИОННО ГИБКИЕ КАРБОКСИЛАТЫ РЗЭ И РАЗНОЛИГАНДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ИХ ОСНОВЕ – СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ В МОСДС

Студент 3 курса Кендин М.П.

Руководитель к.х.н. Цымбаренко Д.М.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

mr.kendin@mail.ru, tsymbarenko@gmail.com

Тонкие пленки РЗЭ-содержащих оксидов (РЗЭ–Sc, Y, La, Ce–Lu) находят широкое применение в качестве функциональных материалов. Разнолигандные комплексы конформационно гибких карбоксилатов РЗЭ с полиаминами являются удобными прекурсорами для химического нанесения пленок из раствора (МОСДС), однако соединения данного класса недостаточно подробно исследованы в литературе ввиду низкой кристалличности и высокой склонности к гидролизу. В настоящей работе мы представляем синтез, структуру и термическое поведение пропионатов (Prop) и изовалератов (Val) РЗЭ и их разнолигандных комплексов (РЛК) с моноэтаноломином (МЕА) и диэтилентриамином (ДЕТА), а также пленкообразующие свойства последних.

В рамках работы были синтезированы сольваты общего состава $L_n\text{Prop}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} \cdot m\text{HProp}$ ($L_n = \text{La, Pr, Nd, Sm–Lu, Y}$) и $L_n\text{Val}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($L_n = \text{La, Gd, Y, Lu}$); совокупностью методов РСА, РФА, ИК-спектроскопии и ТГА были охарактеризованы их состав и структура, а также изучено термическое поведение. Согласно данным рентгеновской дифракции, в исследуемых системах установлено существование структур следующих типов: γ -catena- $[\text{Ln}_2(\text{H}_2\text{O})_2\text{Prop}_6]$ ($L_n = \text{La}$), catena- $[\text{Ln}_2(\text{H}_2\text{O})_3\text{Prop}_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ($L_n = \text{Pr–Nd}$), $[\text{Ln}_2(\text{H}_2\text{O})_4\text{Prop}_6] \cdot 0,5\text{HProp}$ ($L_n = \text{Sm–Ho}$), (α, β) -catena- $[\text{Ln}_2(\text{H}_2\text{O})_2\text{Prop}_6]$ ($L_n = \text{Ho–Lu, Y}$; две модификации) и $[\text{Ln}_2(\text{H}_2\text{O})_4\text{Val}_6]$ ($L_n = \text{Gd}$).

Синтезированные сольваты использовались как исходные соединения для синтеза РЛК с МЕА и ДЕТА. Учитывая высокую гигроскопичность РЛК, все синтезы выполнялись в безводных условиях с использованием Шленк-аппаратуры. Методом РСА расшифрованы шесть новых кристаллических структур РЛК: catena- $[\text{La}_2(\text{ДЕТА})\text{Prop}_6] \cdot \text{CH}_3\text{CN}$ ($L_n = \text{La}$), $[\text{Ln}(\text{ДЕТА})_2\text{Prop}_3]$ ($L_n = \text{Pr–Tb}$), $[\text{Ln}_2(\text{ДЕТА})_2\text{Prop}_6] \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ ($L_n = \text{Y}$), $[\text{Ln}(\text{ДЕТА})_2\text{Prop}_2](\text{Prop}) \cdot \text{CH}_3\text{CN}$ ($L_n = \text{Dy}$), α - $[\text{Ln}(\text{ДЕТА})_2\text{Prop}_2](\text{Prop})$ ($L_n = \text{Ho–Er, Y}$) и β - $[\text{Ln}(\text{ДЕТА})_2\text{Prop}_2](\text{Prop})$ ($L_n = \text{Er–Lu}$). Выделен твердый РЛК расчетного состава $[\text{La}(\text{МЕА})\text{Val}_3]$. Показано, что синтезированные РЛК обладают высокой растворимостью в полярных растворителях, а также легко гидролизуются влагой воздуха с образованием гидрогелей, что делает их эффективными прекурсорами для нанесения тонких пленок методом МОСДС.

Растворы $L_n\text{Val}_3$ –ДЕТА– i PrOH использовались для нанесения тонких пленок Y_2O_3 и LaLuO_3 на поликристаллические (hastelloy) и монокристаллические ориентирующие (SrTiO_3 , $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{ZrO}_2$) подложки. Согласно данным АСМ, пленка $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Hastelloy}$ обладает низкой шероховатостью, что позволяет использовать ее в качестве планаризирующего слоя в тонкопленочных гетероструктурах. Осаждение LaLuO_3 на ориентирующие подложки с дальнейшим кристаллизационным отжигом при 1000 °С приводит к образованию ориентированных пленок ($\text{LaLuO}_3(001)/\text{SrTiO}_3(100)$, $\text{LaLuO}_3(110)/\text{Y}_2\text{O}_3:\text{ZrO}_2(111)$).

По результатам работы, синтезированные РЛК показывают высокую эффективность в нанесении тонких пленок оксидов РЗЭ. В литературе известно об устойчивости аналогичных комплексов 3d-металлов, что открывает перспективы использования полученных РЛК в нанесении пленок 3d–4f оксидов (LnMnO_3 и т.д.).

КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ РЕАКЦИОННЫМ СПЕКАНИЕМ

Студентка 2 курса Киселёва А.К.

Руководитель аспирант Орлов Н.К.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
anyatca@ya.ru*

Одним из требований, предъявляемых к биорезорбируемым костным имплантатам, является повышенная механическая прочность. В тоже время как соответствие другому требованию – резорбируемости, зачастую коррелирует с уменьшением прочностных характеристик, что связано с необходимостью создания уникальной архитектуры пористостью около 70 %. В связи с чем разработка материалов, обладающих необходимой скоростью резорбции в организме и достаточной прочностью, является актуальной задачей современного материаловедения [1]. Именно поэтому целью данной работы является получение резорбируемых остеокондуктивных имплантатов на основе фосфатов кальция и щелочных металлов (калия или натрия) с уровнем прочности не менее 1МПа при уровне пористости более 70 %.

Увеличение прочности предполагает оптимизацию условий получения керамического материала, что может быть достигнуто применением альтернативных методов спекания, например, метода реакционного спекания, который предполагает увеличение скорости диффузии ионов за счет создания разности химических потенциалов [2]. Всё это формирует необходимость в поиске и отработке твердофазных реакций получения смешанных фосфатов кальция калия или натрия.

Исходя из фазовых отношений в системах $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ (рис. 1) и $\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ (рис. 2) были проведены синтезы CaNaPO_4 и CaKPO_4 . Полученные образцы были исследованы методом рентгенофазового анализа, по результатам которого была определена необходимость дальнейшего изучения отношений в данных системах, а также уточнения возможности существования таких фаз как $\text{CaNa}_4(\text{PO}_4)_2$.

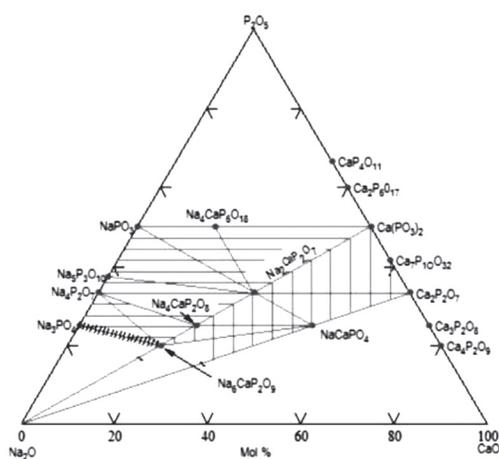


Рис. 1. Фазовая диаграмма $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$

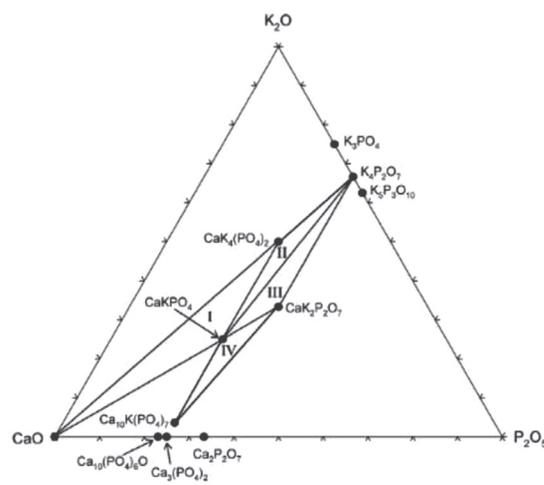


Рис. 2. Фазовая диаграмма $\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$

ЛИТЕРАТУРА

1. Эппле М. Биоматериалы и биоминерализация. Томск: Ветер, 2007.
2. П. В. Евдокимов, В. И. Путляев, В. К. Иванов и др. *Ж. неорг. химии*. 2014, 59(11), 1462–1471.

РАЗНОЛИГАНДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЕВРОПИЯ И ИТТЕРБИЯ С ПРОИЗВОДНЫМИ ФЕНАНТРОЛИНА: СИНТЕЗ, ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ В OLED

Студент 2 курса Козлов М.И.

Руководитель к.х.н. Уточникова В.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
makariy.kozlov@gmail.com

Координационные соединения (КС) лантанидов являются перспективными материалами для эмиссионных слоёв органических светоизлучающих диодов (OLED), поскольку обладают узкими эмиссионными полосами (до 10 нм), что гарантирует высокую чистоту света. В настоящее время среди различных КС лантанидов, обладающих электролюминесцентными свойствами, наиболее стабильными являются ароматические карбоксилаты. В нашей группе был предложен способ увеличения электрон-транспортных свойств КС лантанидов за счёт введения нейтральных лигандов, обладающих высокой подвижностью носителей заряда.

В ходе развития этого подхода в нашей работе в качестве нейтральных лигандов были выбраны производные 1,10-фенантролина: BPhen и PyPhen, способные sensibilizировать люминесценцию Eu^{3+} , а лиганды DPPZ и BDPZ – люминесценцию Yb^{3+} (Рис. 1). Для обеспечения растворимости КС в качестве анионного лиганда был выбран пентафторбензоат анион (pfb). Таким образом, объектами исследования стали разнолигандные комплексы $\text{Eu}(\text{pfb})_3(\text{BPhen})$, $\text{Eu}(\text{pfb})_3(\text{PyPhen})$, $\text{Yb}(\text{pfb})_3(\text{DPPZ})$ и $\text{Yb}(\text{pfb})_3(\text{BDPZ})$. Целью данной работы стало исследование возможности использования производных 1,10-фенантролина как лигандов, sensibilizирующих люминесценцию Eu^{3+} и Yb^{3+} и повышающих электрон-транспортные свойства комплексов.

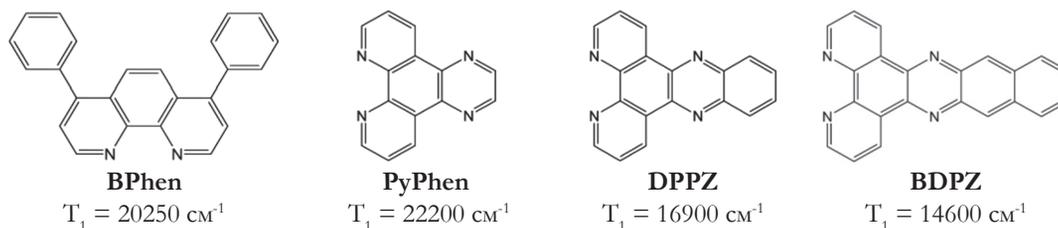


Рис. 1. Энергии триплетного уровня производных 1,10-фенантролина

Состав полученных комплексов $\text{Eu}(\text{pfb})_3(\text{Q})$ ($\text{Q} = \text{BPhen}, \text{PyPhen}$) и $\text{Yb}(\text{pfb})_3(\text{Q})$ ($\text{Q} = \text{DPPZ}$ и BDPZ) подтверждён данными рентгенофазового анализа, термического анализа и ^1H ЯМР спектроскопии. Комплексы $\text{Eu}(\text{pfb})_3(\text{Q})$ ($\text{Q} = \text{BPhen}, \text{PyPhen}$) обладают характерной для европия фотолюминесценцией в видимой области, в то время как комплексы $\text{Yb}(\text{pfb})_3(\text{Q})$ ($\text{Q} = \text{DPPZ}, \text{BDPZ}$) обладают характерной ионной люминесценцией иттербия в ИК диапазоне.

Полученные комплексы были протестированы в OLED в качестве эмиссионного слоя (EML), тонкие плёнки которого наносили из раствора методом спин-коатинга. Поскольку комплексы $\text{Eu}(\text{pfb})_3(\text{PyPhen})$ и $\text{Yb}(\text{pfb})_3(\text{BDPZ})$ были растворимы только в ДМФА и ДМСО, это привело к низкому качеству пленки и невозможности использования в OLED. В то время как хорошо растворимые в хлороформе $\text{Eu}(\text{pfb})_3(\text{BPhen})$ и $\text{Yb}(\text{pfb})_3(\text{DPPZ})$ были успешно протестированы в OLED с гетероструктурой ITO/PEDOT:PSS/poly-TPD/EML/TPBi/LiF/Al. В спектрах электролюминесценции полученных устройств зафиксированы полосы ионной люминесценции европия и иттербия, что свидетельствует о том, что комплексы обладают электрон-транспортными свойствами.

ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ CORE-SHELL ЧАСТИЦ НИКЕЛЬ-КРЕМНЕЗЕМ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ НОСИТЕЛЯ ДЛЯ КАТАЛИЗАТОРОВ

Кополева Е.А.¹, Лебедев М.Д.¹, Гончаренко А.А.²

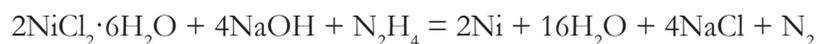
Руководитель к.х.н. Марфин Ю.С.¹

¹*Ивановский государственный химико-технологический университет*

²*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
lenkopoleva@yandex.ru*

Получение и разработка наноматериалов с заданными морфологическими параметрами и физико-химическими свойствами – одна из актуальных задач на сегодняшний день. Повышенный интерес к нанообъектам вызван наличием у них необычных физико-химических свойств, которые связаны с их размерами. У ферромагнетиков к этим свойствам прибавляются специфические, связанные с их магнетизмом. Данные материалы находят применение в биомедицине, магнитно-резонансной томографии, магнитоуправляемых жидкостях и катализе. Применение наночастиц никеля в качестве составной части катализатора может быть отражено на примере магнитоуправляемых композитных частиц, которые облегчают процесс отделения гетерогенного катализатора от продуктов реакции. В настоящем исследовании обсуждается методика получения композитных материалов типа core-shell, где в качестве магнитного ядра выступает никель, а в качестве оболочки кремнезём.

В работе был произведен синтез наночастиц никеля путем восстановления хлорида никеля гидразином в щелочной среде. Для инициации процесса нуклеации ядер использовали хлорид палладия. Получение частиц протекает в соответствии со следующей реакцией:



Первичные магнитные наночастицы, как правило, объединяются в крупные кластеры и, следовательно, теряют специфические свойства, связанные с морфологией частиц. Следовательно, важной характеристикой получаемых материалов является их устойчивость к агрегации. Для этих целей нами был использован цетилтриметиламмоний бромистый (СТАВ), который предотвращает агрегацию путем электростатического взаимодействия с поверхностью возникающих в процессе синтеза наночастиц. Взаимодействие между СТАВ и наночастицами никеля было подтверждено с помощью ИК-спектроскопии. Химическое состояние элементов на поверхности и в приповерхностном слое изучали методом РФЭС.

Следующим этапом стало получение core-shell частиц никель-кремнезём золь-гель методом. Покрытие полученных частиц матрицей кремнезема проводилось за счет ковалентной привязки меркаптопропилтриметоксисилана с поверхностью никеля. В ходе данного процесса образуются ковалентная связь Ni-S. Отличительной чертой предлагаемого метода является проведение всех стадий процесса в одном стакане (one-pot) и использование ПАВ – додецилдиметиламин-N-оксида, проявляющего мультифункциональное действие в данном синтезе. Преимущества используемого подхода к синтезу материалов заключены в простоте проведения процесса получения материалов необходимого состава. В дальнейшем в матрицу полученных материалов будут включены наночастицы палладия для использования в качестве гетерогенных катализаторов в процессе гидрирования нитросоединений.

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ НОВЫХ РАЗНОЛИГАНДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДИПИВАЛОИЛМЕТАНАТОВ РЗЭ С ДИЭТИЛЕНТРИАМИНОМ

Студентка 2 курса Николаева А.А.

Руководитель к.х.н. Цымбаренко Д.М.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

fkmt55@mail.ru

В настоящее время широкое распространение получили тонкоплёночные функциональные материалы на основе редкоземельных элементов (РЗЭ). Метод химического осаждения из газовой фазы (МОСVD) – один из наиболее универсальных и удобных методов получения таких плёнок, но требует разработки летучих соединений, в том числе РЗЭ. В качестве последних используют дипивалоилметанаты РЗЭ, несмотря на их ограниченную летучесть и недостаточное КЧ центрального иона (= 6–7 при характерных значениях 8–9). Поэтому поиск новых летучих координационно насыщенных соединений является актуальной задачей.

В данной работе в качестве летучих прекурсоров предлагается использовать разнолигандные комплексы (РЛК) на основе дипивалоилметанатов РЗЭ и диэтилен-триамина (deta). РЛК получали по двухстадийной методике: 1) синтез исходных веществ $[\text{Ln}(\text{thd})_3]_2$; 2) синтез комплексов $\text{Ln}(\text{thd})_3(\text{deta})$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}$) взаимодействием $[\text{Ln}(\text{thd})_3]_2$ с deta в этаноле. Продукты синтеза выделяли фильтрованием: 1) сразу после синтеза или 2) выпариванием при 50 °С до 10 % от исходного объёма, и исследовали с помощью ТГА, ИК-спектроскопии и СНН анализа, которые подтвердили идентичность состава соединений. По данным РФА соединения относятся к трём новым структурным типам: **I** – $\text{La}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\text{Nd}(\text{thd})_3(\text{deta})$; **II** – $\alpha\text{-Pr}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\text{Sm}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\alpha\text{-Gd}(\text{thd})_3(\text{deta})$; **III** – $\beta\text{-Pr}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\beta\text{-Gd}(\text{thd})_3(\text{deta})$. Для $\text{Ln} = \text{Pr}$ и Gd получены 2 полиморфа в зависимости от способа выделения.

Для каждого структурного типа выращены кристаллы ($\text{La}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\text{Sm}(\text{thd})_3(\text{deta})$ и $\beta\text{-Gd}(\text{thd})_3(\text{deta})$) и проведён РСА. В ромбической элементарной ячейке $\text{La}(\text{thd})_3(\text{deta})$ находится 4 изолированные моноядерные псевдосимметричные молекулы $\text{La}(\text{thd})_3(\text{deta})$, лежащие в частном положении *m*. В триклинной элементарной ячейке $\text{Sm}(\text{thd})_3(\text{deta})$ находятся 2 изолированные моноядерные молекулы $\text{Sm}(\text{thd})_3(\text{deta})$, а в триклинной элементарной ячейке $\beta\text{-Gd}(\text{thd})_3(\text{deta})$ – 6 изолированных молекул $\beta\text{-Gd}(\text{thd})_3(\text{deta})$. Во всех структурах Ln координирует три атома азота deta и шесть атомов кислорода хелатирующих thd^- , а его КЧ=9, при этом водородные связи в структурах полностью отсутствуют.

Комплексы $\text{La}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\text{Nd}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\alpha\text{-Pr}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\text{Sm}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\alpha\text{-Gd}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\beta\text{-Pr}(\text{thd})_3(\text{deta})$ были подвержены вакуумной сублимации при температурах 140–160 °С. По данным СНН, ИК разложения не происходит для всех, кроме $\alpha\text{-Gd}(\text{thd})_3(\text{deta})$. Продукты сублимации $\text{La}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\alpha\text{-Pr}(\text{thd})_3(\text{deta})$, $\beta\text{-Pr}(\text{thd})_3(\text{deta})$ соответствуют структурному типу **I**, продукт сублимации $\text{Nd}(\text{thd})_3(\text{deta})$ соответствует типу **II**, а продукт сублимации $\text{Sm}(\text{thd})_3(\text{deta})$ – смеси типов **I** и **III**.

ПОЛУЧЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛЕГИРОВАНИЕМ СТРУКТУРЫ $\text{NaBaY}(\text{VO}_3)_2$ ИОНАМИ Eu^{3+}

Студент 4 курса Оразов Ж.К.

Руководитель профессор Уралбеков Б.М.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Zhandos.001@mail.ru

Современные технологии стремятся к применению усовершенствованных люминофоров, которые в свою очередь повышают эффективность работы современного оборудования на основе люминесцентных материалов. С помощью легирования структур кристаллических решёток различных соединений редкоземельными элементами (РЗЭ) можно получить новейшие фосфоры с усиленными люминесцентными свойствами [1, 2]. Исследование люминофоров на основе боратов открывает возможности синтеза и исследования множества типов различных структур, образуемых за счет двойкой гибридизации бора.

Целью данной работы является синтез структуры $\text{NaBaY}(\text{VO}_3)_2$ легированной ионами Eu^{3+} методом высокотемпературного твердофазного синтеза, а также исследование его люминесцентных свойств.

В практической части получения структуры $\text{NaBaY}_{1-a}(\text{VO}_{3/2a})_2\text{Eu}^{3+}$ ($0,01 < a < 0,45$) был использован ряд реактивов марки «ч.д.а»: Na_2CO_3 , BaCO_3 , Y_2O_3 , H_3BO_3 , Eu_2O_3 . Опыт по синтезу проведен в две стадии, в ходе которых стехиометрические количества прекурсоров взвешивались в соотношений 1:2:2:(1-n):n, соответственно, и прокаливались до фазобразования.

В результате синтеза были получены соединения из ряда $\text{NaBaY}_{1-a}(\text{VO}_{3/2a})_2\text{Eu}^{3+}$ ($0,01 < a < 0,45$) при температуре 850 °С. Фазовый состав был идентифицированы методом рентгенофазового анализа. По результатам РФА были рассчитаны параметры кристаллической решетки, подтверждена изоструктурность с $\text{NaBaY}(\text{VO}_3)_2$ (R-3) [1], и уточнено местоположение легированных РЗЭ с использованием программы UnitCell. С использованием ИК-спектроскопии был проведен фактор-групповой анализ соединений. Люминесцентные свойства исследуемого соединения исследовали на спектрофлуориметре СМ-2203 и выявлена оптимальная концентрация легирующего агента Eu^{3+} . При значительном повышении концентрации, более 30 % молярной доли, замечается концентрационное гашение при определенных длинах волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Svetlyakova T., Kononova N., Kokh A., Urakaev F., Filatov S., Bubnova R., Kokh K. *Journal of Crystal Growth*. **2011**. 318(1). 954–957.
2. Becker P. *Advanced Materials*. **1998**. 10(13). 979–992.

СИНТЕЗ И ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ТЕРЕФТАЛАТОВ САМАРИЯ-ДИСПРОЗИЯ

Студентка 2 курса Орлова А.В.

Руководители Кожевникова В.Ю., Уточникова В.В.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
lea.rosa.17@mail.ru

С развитием науки и техники всё больше повышаются требования к материалам для термометрии. Так, например, при работе с микроскопическими объектами или проведении измерений в очень узком интервале температур контактные термометры не позволяют достичь необходимой точности, поэтому появляется необходимость в термометрах бесконтактных. В связи с этим бесконтактная термометрия, в том числе люминесцентная, сейчас является одним из наиболее перспективных и активно развивающихся направлений. Одним из способов повысить точность люминесцентного термометра является использование излучателей ИК-диапазона. Однако для классических ИК-излучателей, в связи с низким положением их резонансных уровней, существует ряд проблем, таких как сложность подбора эффективного сенсibilизатора. В свою очередь соединения самария и диспрозия, обладающие люминесценцией как в видимом, так и в инфракрасном диапазоне, такой проблемы лишены. Резонансные уровни Sm^{3+} и Dy^{3+} достаточно близки по энергии к триплетным уровням большинства органических лигандов, что облегчает подбор эффективного сенсibilизатора, а также открывает возможность повышения чувствительности термометра за счет включения лиганда в температурно-зависимые процессы. В качестве такого лиганда может выступать терефталат-ион, зарекомендовавший себя как эффективный сенсibilизатор люминесценции самария и диспрозия. Поэтому *целью нашей работы* стало создание люминесцентного термометра на основе терефталатов самария-диспрозия. Изучение системы $(\text{Sm}_x\text{Dy}_{1-x})_2(\text{tph})_3(\text{H}_2\text{O})_4$ показало принципиальную возможность создания люминесцентного термометра на основе соединений самария-диспрозия. Однако из-за концентрационного гашения интенсивность люминесценции полученных соединений оказалась невысокой, что могло помешать корректному определению термометрических характеристик. Введение оптически-нейтрального иона гадолиния привело к увеличению интенсивности за счёт увеличения расстояния между люминесцирующими ионами. При этом было показано, что наибольшая интенсивность люминесценции достигается при расстоянии между люминесцирующими ионами порядка 20–25 Å. Использование такого приёма позволило получить соединения состава $(\text{Sm}_x\text{Dy}_y\text{Gd}_{1-x-y})_2(\text{tph})_3(\text{H}_2\text{O})_4$, обладающие интенсивной люминесценцией и достичь максимальной чувствительности в $0.5\% \text{K}^{-1}$ в видимом диапазоне и $1.2\% \text{K}^{-1}$ в ИК для $(\text{Sm}_{0.2}\text{Dy}_{0.15}\text{Gd}_{0.65})_2(\text{tph})_3(\text{H}_2\text{O})_4$. Дальнейшее расширение сфер применения термометров приводит к необходимости получения термометрических материалов, пригодных для клеточных измерений. Примером таких соединений могут быть фториды РЗЭ, которые можно легко и воспроизводимо получать в форме наночастиц. Яркость люминесценции таким соединениям может обеспечить расположенный на поверхности лиганд. Уже были сделаны первые шаги к созданию термометра на основе $\text{tph}@\text{Sm}_x\text{Gd}_{1-x}\text{F}_3$. Было изучено концентрационное гашение в системе $\text{LnGd}_{1-x}\text{F}_3$ ($\text{Ln} = \text{Sm}, \text{Dy}$), что крайне важно, так как в неорганических соединениях оно проявляется ярче, чем в координационных. Также были получены триметаллические фториды с интенсивной люминесценцией обоих ионов и показано наличие температурно-зависимой люминесценции фторидов самария-диспрозия-гадолиния. Дальнейшая работа в этом направлении продолжается.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БРУКИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ Au и Ag

Студент 2 курса Ревенко А.О.

Руководители м.н.с. Козлов Д.А., к.х.н., м.н.с., Лебедев В.А.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
arevenko27@gmail.com

Традиционно материалам на основе диоксида титана уделяется большое внимание в гетерогенном фотокатализе. Будучи широкозонными полупроводниками все модификации TiO_2 поглощают электромагнитное излучение только ультрафиолетового диапазона, что соответствует лишь 5 % солнечного излучения [1]. Чтобы сместить область применимости в видимый диапазон, актуальной является модификация материалов на основе диоксида титана.

Из основных модификаций диоксида титана брукит до сих пор является наименее исследованной. Среди методов повышения фотокаталитической активности (ФКА) особо стоит выделить модификацию диоксида титана металлическими наночастицами. Вследствие формирования на контакте металл-полупроводник барьера Шоттки происходит разделение фотогенерированных носителей заряда, что приводит к увеличению ФКА [2].

На основании этого, основной целью нашей работы является синтез диоксида титана в модификации брукита, модифицированного наночастицами золота и серебра.

Образцы однофазного брукита получали гидротермальным методом из комплекса титана с молочной кислотой в растворе мочевины. Дальнейшая модификация брукита проводилась путем осаждения на его поверхность наночастиц металла из раствора. Данные композитные материалы охарактеризованы как с точки зрения фазового и элементного составов, так и с точки зрения их функциональных фотокаталитических свойств (определены значения ФКА в модельных реакциях разложения органических красителей).

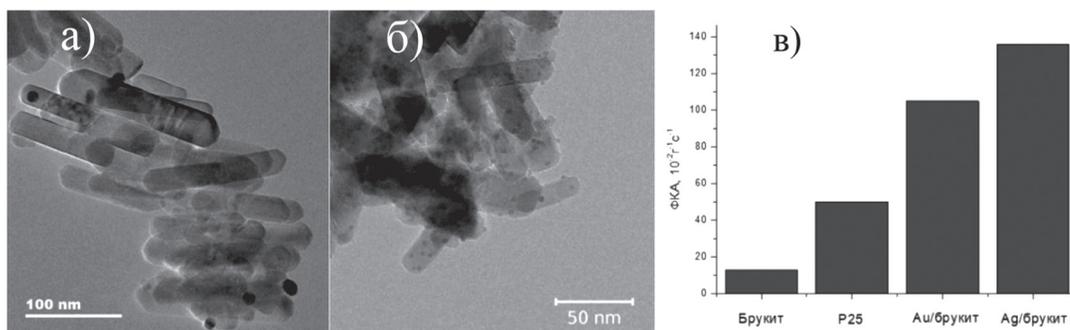


Рис. 1. ПЭМ микрофотографии а) Au/брукит; б) Ag/брукит; в) значения ФКА для композитов.

Результаты выполненной работы указывают на то, что максимальная ФКА композитов на основе брукита наблюдается при содержании наночастиц золота и серебра не более 5 мольных процентов, что указывает на увеличение ФКА вследствие взаимного влияния частиц брукита и модификаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Di Paola et al., *Catalysts*, **2013**, *3*, 36–73.
2. J. Low et al., *Applied Surface Science*, **2017**, *392*, 658–686.

СЭНДВИЧЕВЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ-КОМПОЗИТЫ $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SrFe}_{11}\text{AlO}_{19}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ С ЭФФЕКТОМ МАГНИТНОГО ОБМЕННОГО СВЯЗЫВАНИЯ

Студентка 4 курса Слепцова А.Е.

Руководитель к.х.н. Трусов Л.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

sleptsovaanastasia@gmail.com

В настоящее время из-за высокой стоимости редкоземельных металлов возросла необходимость в поиске новых дешевых магнитных материалов и в улучшении характеристик уже хорошо известных. Особое внимание привлекает разработка многофазных систем, магнитные фазы в которых связаны друг с другом посредством магнитного обменного взаимодействия. Магнитные обменно-связанные композиты должны превосходить исходные магнитные фазы по отдельности по количеству запасаемой ими магнитной энергии $(BH)_{\max}$.

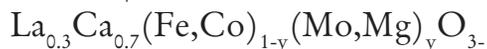
Таким образом, целью данной работы стало получить двухфазные магнитные нанокompозиты на основе магнитотвердых частиц гексаферрита стронция и фазы феррита кобальта, проявляющих эффект обменного связывания, и исследовать их магнитные свойства.

Для получения указанного материала на первой стадии был получен ансамбль частиц гексаферрита стронция ($\text{SrFe}_{11}\text{AlO}_{19}$). В качестве метода синтеза была использована отработанная процедура получения легированных алюминием наночастиц гексаферрита путем кристаллизации боратного стекла в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{SrO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3$ с последующим отмыванием частиц от немагнитной матрицы. Для покрытия частиц гексаферрита был использован метод роста на зародышах («seed-mediated growth method») в высококипящих растворителях.

Полученный материал представляет собой ансамбль композитных наночастиц, две магнитные фазы в которых структурированы по типу «сэндвича»: в качестве ядра (середины) выступает пластинчатая частица гексаферрита стронция, с двух главных сторон которой находятся слои феррита кобальта. По данным просвечивающей электронной микроскопии и электронной дифракции, рост феррита кобальта на гексаферрите стронция происходит эпитаксиально, таким образом, что ось [001] кристаллической структуры гексаферрита совпадает с осью [111] феррита кобальта. Средняя толщина слоя феррита кобальта в композитных частицах ≈ 10 нм, что не превышает толщину доменной стенки для $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ (около 12 нм). Следовательно, оболочка должна быть полностью вовлечена в магнитное обменное связывание с ядром. Согласно магнитным измерениям петли магнитных гистерезисов полученных композитов имеют только одну точку перегиба, причем в широком интервале температур (5–300 К). Это свидетельствует о том, что две магнитные фазы в полученных наносэндвичах обменно-связаны друг с другом. Одним из следствий эффекта обменного упругого взаимодействия («exchange-spring coupling») двух магнитных фаз является более высокое магнитное произведение полученного композита, по сравнению с исходными фазами по отдельности. Композит обладает на 20 % более высоким значением $(BH)_{\max}$ по сравнению с исходными наночастицами гексаферрита.

Другим следствием упругого обменного взаимодействия является однодоменное поведение композитных частиц, что подтверждается также микромагнитным моделированием. Кроме того, моделирование показывает, что при комнатной температуре композитные частицы проявляют одноосную магнитную анизотропию, которая переходит в трехосную при понижении температуры до 5 К.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СО-ЗАМЕЩЕННЫХ ПЕРОВСКИТОВ



Студент 2 курса Стребков Д.А.

Руководитель к.х.н. доцент Истомина С.Я.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

diman1670@mail.ru

В связи с неуклонно растущим мировым энергопотреблением при уменьшении количества ископаемых природных ресурсов перед учёными стоит задача поиска новых высокоэффективных путей преобразования энергии. Одним из перспективных направлений исследований в данной области являются топливные элементы (ТЭ). Твердоокисные топливные элементы (ТОТЭ) обладают рядом преимуществ перед другими видами ТЭ, а следующей ступенью их развития является симметричный ТОТЭ (СТОТЭ), где в качестве анода и катода используются идентичные по составу материалы. Нашей научной группой ранее были получены железосодержащие перовскиты $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{1-y}(\text{Mo},\text{Mg})_y\text{O}_{3-\delta}$, которые рассматриваются как перспективный материал для электродов в СТОТЭ [1], но для повышения их электронной проводимости и каталитической активности в катодной реакции представляет интерес их допирование другими катионами 3d-металлов, в частности кобальта.

Цель работы – синтез и изучение высокотемпературных свойств новых сложных оксидов $\text{La}_{0.3}\text{Ca}_{0.7}\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_y(\text{Mo},\text{Mg})_x\text{O}_{3-\delta}$ ($x = 0.4, 0.5, y = 0.05, 0.1$). Сложные оксиды были получены золь-гель методом с отжигом при 1173 К (12 часов) и финальном отжиге при 1373К (5 часов) на воздухе.

Исследования методом рентгенографии показало, что полученные оксиды кристаллизуются в структуре ромбически искажённого перовскита (структурный тип GdFeO_3). Локальный рентгеноспектральный анализ подтвердил катионный состав полученных фаз.

Отжиг перовскитов в токе $\text{Ar}/\text{H}_2(10\%)$ при 1173 К в течение 24 часов выявил их устойчивость. Дилатометрические измерения на воздухе и восстановительной атмосфере показали, что оксиды термомеханически совместимы с коммерческим электролитом ТОТЭ GDC.

Измерения высокотемпературной электропроводности фаз на воздухе и в восстановительной атмосфере показали, что введение небольшого количества кобальта не вносит существенного вклада в их электропроводность. Данные спектроскопии импеданса свидетельствуют о росте каталитической активности в катодной реакции восстановления кислорода в 2.5–3 раза при температуре 1173 К для некоторых Со-содержащих составов.

Таким образом, данные составы можно рекомендовать для использования в качестве электродных материалов СТОТЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. S.Ya. Istomin, A.V. Morozov, M.M. Abdullayev, M. Batuk, J. Hadermann, S.M. Kazakov, A.V. Sobolev, I.A. Presniakov, E.V. Antipov. *Solid State Chemistry*. 2018, 258, 1–10.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК MAPbI_3 ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ PbI_2 С РЕАКЦИОННЫМИ ПОЛИИОДИДНЫМИ РАСПЛАВАМИ СОСТАВА MAI-nI_2

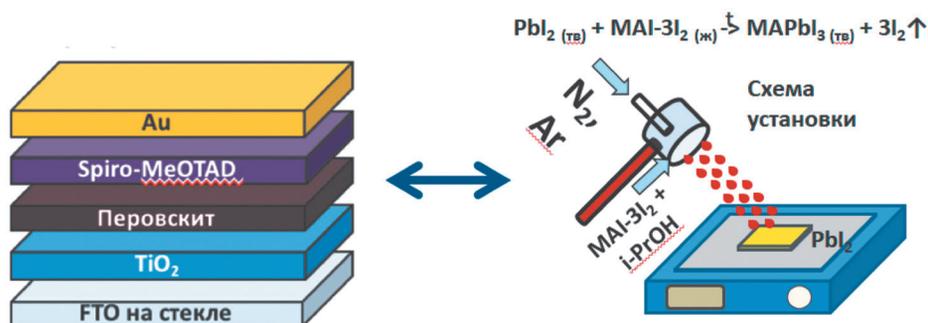
Студент 2 курса **Судаков А.А.**

Руководители Белич Н.А., Тарасов А.Б.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
sdkv978@gmail.com

Одним из наиболее развивающихся направлений в современной фотовольтаике являются перовскитные солнечные элементы на основе гибридных органо-неорганических галогенидов свинца. В настоящий момент рекордный КПД солнечных элементов данного типа превышает 23 % [1], при этом потенциальная стоимость их производства значительно ниже, чем у аналогов по эффективности. Ключевые проблемы, с которыми сталкивается данная область – масштабирование технологий нанесения функциональных слоев и повышение эксплуатационной стабильности солнечных батарей. Одним из новых масштабируемых способов синтеза плёнок гибридных галогенидов свинца является использование в качестве прекурсора реакционных полииодидных расплавов (РПР) на основе йодида метиламмония (например, расплав MAI-3I_2) [2]. Одними из возможных путей реализации данного подхода является конверсия PbI_2 расплавом MAI-3I_2 при удалении избытка йода из системы.

В данной работе был предложен следующий путь получения плёнок гибридного светопоглощающего слоя галогенида MAPbI_3 : аэрозольное распыление раствора MAI-3I_2 в изопропиловом спирте на пленку PbI_2 , полученную с помощью термического вакуумного напыления. Были подобраны условия получения однофазных сплошных плёнок MAPbI_3 со средним размером кристаллитов 597 ± 165 нм и средним временем жизни фотоиндуцированных носителей заряда порядка $17,41 \pm 4,89$ нс. На основе данного подхода были собраны тестовые солнечные элементы с архитектурой стекло/FTO/ TiO_2 /MAPI/Spiro-OMeTAD/Au.



ЛИТЕРАТУРА

1. Yang W.S. et al. *Science*. 2017, 356(6345), 1376–1379.
2. Petrov A.A. et al. *Mater. Horiz.* 2017, 4(4). 625–632.

СИНТЕЗ ВАНАДАТОВ АММОНИЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ В ПРИСУТСТВИИ ФОРМАМИДА

Студентка 4 курса Теплоногова М.А.

Руководитель к.х.н. Баранчиков А.Е.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

m.teplonogova@gmail.com

Одним из наиболее удобных методов получения оксо- и гидроксосоединений металлов является гидротермальный синтез. В частности, его можно применять для получения различных оксосоединений ванадия. Фазовый состав продуктов гидротермального синтеза зависит от условий его реализации (температура, продолжительность, состав реакционной смеси), что связано со сложностью фазовых равновесий между оксидными соединениями ванадия в водных средах и многостадийностью реакций фазообразования.

Целью *данной работы* является разработка нового селективного и экспрессного метода получения ванадатов(V) и ванадатов(IV,V) аммония, основанного на восстановлении V_2O_5 формамидом в гидротермальных условиях.

В качестве исходных соединений использовали V_2O_5 и водные растворы формамида при мольных соотношениях $HC(O)NH_2:V_2O_5$ от 1:1 до 150:1. Синтез осуществляли в гидротермальных условиях с использованием микроволнового нагрева при 180 либо 210 °С в течение 20 мин. Полученные образцы изучали с помощью рентгенофазового и термического анализа, а также растровой электронной микроскопии.

Гидротермально-микроволновая обработка реакционной смеси, содержащей малые мольные соотношения $HC(O)NH_2:V_2O_5$ (5:1 – 50:1 при 180 °С и 5:1–25:1 при 210 °С) позволяет получать однофазный гексаванадат(V) аммония $(NH_4)_2V_6O_{16}$. При использовании мольных соотношений $HC(O)NH_2:V_2O_5$ 100:1 и выше при 180 °С получен однофазный триванадат(III) аммония $(NH_4)_2V_3O_8$, а при мольных соотношениях $HC(O)NH_2:V_2O_5$, равных 50:1 и выше, при 210 °С образуется фаза предполагаемого состава $(NH_{4,0,22})V_2O_5$ (см. рисунок).

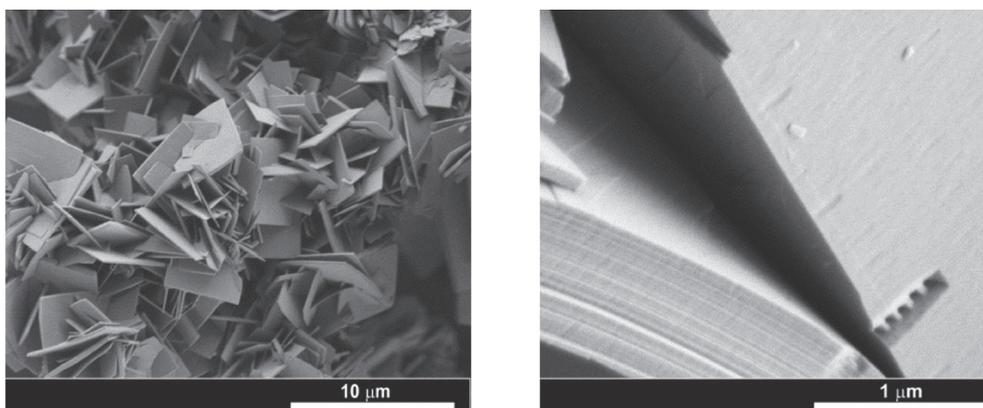


Рис. Микроструктура фазы, полученной гидротермальной обработкой суспензии с мольным соотношением $HC(O)NH_2:V_2O_5 = 100:1$ при 210 °С

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-03-01157.

СИНТЕЗ ФТОРИДНЫХ СТЕКОЛ, ЛЕГИРОВАННЫХ ТЕТРАФТОРИДОМ ЦЕРИЯ, ИЗУЧЕНИЕ ИХ ТЕРМИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Студент 2 курса Тонян И.Р.

Руководитель д.х.н. Бреховских М.Н.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

iton612@yandex.ru

Фторидные стекла – перспективные оптические материалы, так как они характеризуются гораздо более широкой областью пропускания в ИК-диапазоне (от 0,3 до 8 мкм), чем силикатные стекла [1]. Несмотря на большое количество стеклообразующих фторидных систем, значительная часть исследований проводится на стеклах системы ZrF_4 – BaF_2 – LaF_3 – AlF_3 – NaF (стекла получили название ZBLAN). Из-за склонности фторидов к пирогидроллизу в спектрах пропускания стекол присутствует полоса поглощения иона гидроксила. Цель работы – синтез и исследование физико-химических свойств фторидных стекол ZBLAN и HBLAN, легированных тетрафторидом церия.

Синтез тетрафторида церия проводили путем фторирования трифторида церия дифторидом ксенона в никелевом автоклаве высокого давления при ступенчатом нагревании. Контроль полноты прохождения синтеза проводили методом РФА.

Синтез образцов стёкол составов $58ZrF_4 \cdot 20BaF_2 \cdot 3AlF_3 \cdot 2LaF_3 \cdot 17NaF$ и $58HfF_4 \cdot 20BaF_2 \cdot 2LaF_3 \cdot 3AlF_3 \cdot 17NaF$ массой навески 5 г проводили в тиглях из стеклоуглерода, в кварцевом реакторе при 1000 °С, заполненном осушенным аргоном. Трифторид и тетрафторид церия в концентрации 1–4 мол. % вводились в шихту сверх 100 % от навески базового состава. Методом ДТА измерены характеристические температуры (стеклования, кристаллизации и плавления) и рассчитан критерий устойчивости ($\Delta t = t_x - t_y$) [2] синтезированных стекол, значения которого находятся в интервале 70–90 °С.

В ИК спектрах пропускания образцов фторцирконатных и фторгафнатных стекол, полученных из коммерческих фторидов, присутствует широкая ассиметричная полоса поглощения с максимумом при $\lambda = 3400$ – 3450 см⁻¹ (3,0–2,9 мкм), отвечающая валентным колебаниям ОН-группы. Легирование шихты тетрафторидом церия приводит к исчезновению полосы поглощения в области 2,9 мкм и появлению полосы поглощения иона Ce^{3+} при $\lambda_{\text{макс}} = 4,23$ и 4,59 мкм, обусловленные электронным переходом ${}^2F_{7/2} - {}^2F_{5/2}$ [3]. Показано, что CeF_4 играет роль внутреннего фторагента, выделяющего фтор при 800 °С.

Наличие люминесценции в стекле HBLAN вследствие излучательного перехода с уровня 5d на 4f указывает на более высокое положение зоны проводимости относительно Ce^{3+} у Hf^{4+} (более широкую запрещенную зону), чем у Zr^{4+} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Harrington J.A. *OSA Handbook*. 2001, 19, 211
2. Hruby A. *Czech. J. Phys.* 1972, B22, 1187.
3. H. Poignant. *Martinus Nijhoff Publishers*. 1987, 35.

ПОИСК ПОДХОДОВ ПО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКЕ ПЛЕНОК $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ПРИВОДЯЩЕЙ К УЛУЧШЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ

Студент 2 курса Финкельберг Я.М.

Руководитель аспирант Гришко А.Ю.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
yasha.finkelberg@gmail.com*

Среди различных путей получения перовскитных солнечных элементов одним из самых новых является использование реакционного полииодидного расплава (РПР) $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}-x\text{I}_2$, который при взаимодействии с металлическим свинцом образует гибридное органо-неорганическое соединение $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (МАРІ), обладающее перовскитоподобной структурой. Было обнаружено, что наличие РПР на поверхности МАРІ приводит к рекристаллизации последнего. Таким образом контролируемое образование РПР на поверхности МАРІ и его удаление позволяет оказывать существенное влияние на морфологию пленок светопоглощающего материала.

Целью настоящей работы является разработка подходов по низкотемпературной обработке пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ приводящей к улучшению функциональных свойств.

На данном этапе было показано, что рекристаллизация МАРІ, нанесенного на химически инертную подложку из стекла, под действием РПР, приводит к увеличению размера зерен МАРІ, при этом избыточное время контакта пленки перовскита с РПР приводит к нарушению сплошности пленки. Подбор условий (время выдерживания пленки МАРІ в контакте с РПР и кол-во последнего) позволяют добиться увеличения размера зерен без нарушения сплошности пленки, что является залогом хороших эксплуатационных свойств.

Для изучения функциональных свойств полученного рекристаллизацией МАРІ были применены методы время-разрешенной и стационарной люминесцентной спектроскопии, которые свидетельствуют о том, что при циклической обработке РПР пленки перовскита происходит полное восстановление интенсивности фотолюминесценции после удаления РПР с образца, что говорит о том, что дефектная структура материала не претерпевает существенных изменений.

Важным практическим результатом, полученным в настоящей работе, является демонстрация принципиальной возможности рекристаллизации пленок МАРІ, приводящей к увеличению размера зерен, которая протекает при комнатной температуре, следовательно, позволяет избежать нежелательной с технологической точки зрения стадии отжига, являющегося неотъемлемой частью широко известных методов получения пленок данного материала.

КОМПЛЕКСЫ ТЕРБИЯ И ЕВРОПИЯ С БЕНЗОКСАЗОЛ-2-КАРБОНОВОЙ И БЕНЗОТИАЗОЛ-2-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТАМИ

Студентка 2 курса Чикинёва Т.Ю.

Руководители Кошелев Д.С, к.х.н. Уточникова В.В.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Chikinevaty@gmail.com

Особенности люминесцентных свойств координационных соединений (КС) лантанидов обуславливают возможности их применения в различных областях: например, в биовизуализации, в качестве люминесцентных термометров или в качестве эмиссионных слоев в OLED (Organic Light-Emitting Diode). Одним из наиболее перспективных классов КС являются ароматические карбоксилаты лантанидов, обладающие высокой стабильностью, высокими значениями квантовых выходов и хорошим поглощением. Однако они являются практически нерастворимыми. Одним из способов увеличения растворимости является введение гетероатома в α -положение относительно карбоксильной группы, что также приводит к увеличению эффективности сенсбилизации и растворимости комплексов в растворе. В то же время увеличение степени сопряжения приводит к увеличению коэффициентов поглощения, а также понижению уровня энергии триплетного возбужденного состояния и растворимости. В настоящей работе предлагается изучить совместное влияние степени сопряжения и гетероатома на примере КС лантанидов с анионами бензоксазол-2-карбоновой (H(boz)) и бензотиазол-2-карбоновой (H(btz)) кислот (Рис. 1).

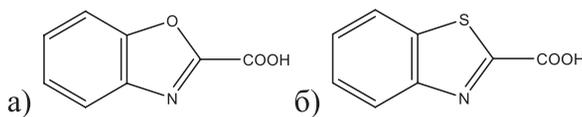
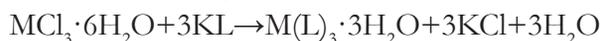
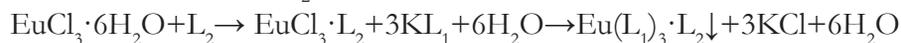


Рис. 1. Структурные формулы: а) H(boz) б) H(btz)

Синтез КС лантанидов с выбранными лигандами состава $M(L)_3 \cdot 3H_2O$ ($M = Eu, Tb$ и Gd) проводили по обменной реакции в ацетоне ($L=boz$) и в воде ($L=btz$):



Вследствие того, что полученные комплексы были рентгеноаморфны, их состав был установлен по совокупности методов термогравиметрического, элементного анализов, ИК и ЯМР спектроскопии. Было показано, что полученные КС растворимы в спиртах (до 15,9 г/л) и в воде (до 2,4 г/л). Энергия триплетного возбужденного состояния у выбранных кислот, рассчитанная из низкотемпературного спектра фосфоресценции гадолиния, составляет 20400 см^{-1} и почти совпадает с энергией триплетного возбужденного состояния Tb^{3+} . Для полученных КС были измерены абсолютные квантовые выходы, значения которых не превышали 7 %, поэтому, для улучшения люминесцентных характеристик, а также подвижности электронов в соединениях, были синтезированы разнолигандные комплексы состава $Eu(L_1)_3L_2$ ($L_1=boz$ (ацетон), btz (вода), $L_2=Phen$ и $VPhen$).



Состав разнолигандных КС также был установлен по совокупности методов анализа. Было показано, что полученные КС обладают достаточно яркой ионной люминесценцией европия, хотя значения квантовых выходов достигают всего 11 %. Изучение фотофизических свойств показало, что комплексы европия демонстрируют яркую ионную люминесценцию, что в сочетании с достаточной растворимостью и подвижностью носителей заряда, которая обеспечена наличием сопряженного гетероароматического лиганда, позволило успешно протестировать их в качестве материалов для эмиссионного слоя в OLED.

ИОННОЕ СШИВАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ОКСИДАМИ В КАЧЕСТВЕ СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН

Студент 3 курса Шайдуллин Р.Р.

Руководитель аспирант Голубенко Д.В.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
carbanod@mail.ru*

Целью данной работы является исследование возможности контролируемо изменять влагосодержание привитых мембран и их свойств за счет модификации неорганическими наночастицами (оксидами Zr, Ti и Si).

Актуальность выбранной темы заключается в том, что мембраны используются во многих сферах деятельности: в топливных элементах, электродиализе, для очистки сточных вод, в пищевой промышленности для опреснения, и часто возникает проблема регулирования проводящих свойств мембран для каждого отдельно взятого случая. Промышленные мембраны выпускают, как правило, с высокой проводимостью, но низкой селективностью к ионам, или с низкой проводимостью и высокой селективностью. Поэтому чтобы эффективно использовать мембрану необходимо модифицировать ее свойства, что позволяло бы регулировать проводимость и селективность для каждого отдельного случая.

Научная новизна полученных результатов состоит в том, что введение наночастиц оксидов Zr, Ti и Si рассматривается как метод управления транспортными свойствами ионообменных мембран, а не как отдельно взятый случай модификаций, а также произведено сравнение этого метода с классической ковалентной сшивкой дивинилбензолом. Практическая ценность проведенных исследований заключается в разработке относительно простого и доступного метода модификации мембран наночастицами уже готовых мембран, что в классическом варианте либо требует введения дополнительных функциональных групп и стадий синтеза, что сильно удорожает процесс изменения транспортных свойств мембран.

Было выявлено, легирующая добавка удерживает до половины функциональных групп сульфонированного полистирола (SP) внутри мембраны, образуя координационные связи между сульфогруппами мембраны и поверхностью диоксидов наночастиц. Образование таких связей ограничивает как степень набухания, так и размер пор, а влияние на физико-химические свойства мембран аналогично традиционному сшиванию.

Соотношение проводимости и селективности изменяется с той же эффективностью при сшивании «неорганическим» и традиционным сшиванием при больших начальных содержаниях SP: диффузионная проницаемость уменьшается от $3 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ $\text{см}^2 \text{с}^{-1}$, а проводимость от 28 до 14 мСм см^{-1} . Такое сшивание можно использовать для снижения степени набухания мембраны, например, из высокосульфированного полиэфирэфиркетона (sPEEK) или блок-сополимеров.

**НОМИНАЦИЯ I
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ**

**СЕКЦИЯ «ОРГАНИЧЕСКАЯ,
БИООРГАНИЧЕСКАЯ
И ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ»**

НОВЫЕ ТАНДЕМНЫЕ РЕАКЦИИ АЦИЛИРОВАНИЯ-ПЕРЕГРУППИРОВКИ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ КАК ПУТЬ К СИНТЕЗУ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ОКСИМОВ

Студентка 2 курса Антонова Ю.А.

Руководитель к.х.н. Таболин А.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН

julantonova24@gmail.com

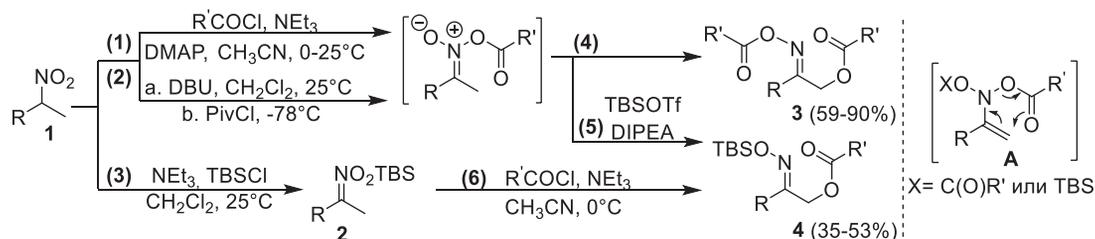
Гетероатомные [3,3]-сигматропные перегруппировки, движущей силой которых является разрыв слабых связей N–N/N–O с образованием более сильных связей C–N/C–O, являются одним из наиболее удобных способов модификации углеродного скелета молекулы [1]. Известно, что нитроалканы являются удобными предшественниками соединений, содержащих реакционноспособный оксиенаминовый фрагмент C=C–N–O [2]. Мы предположили, что в результате ацилирования нитроалканов могут быть получены *N*-ацилокси-*N*-оксиенамины, которые вследствие наличия гетероатомной 1,5-диеновой системы будут претерпевать [3,3]-сигматропную перегруппировку.

В результате проведенных исследований были разработаны новые методики синтеза различных производных α -ацилоксиоксимов путем [3,3]-сигматропной перегруппировки *in situ* сгенерированных *N*-ацилокси-*N*-оксиенаминов **A**. Особое внимание уделено получению бисацилированных гидроксидоксимов **3** (путь (1)+(4)). Установлены оптимальные условия реакции и важность использования CH₃CN и каталитических количеств DMAP.

Изучено влияние стерических факторов на региоселективность реакции для несимметрично замещенных субстратов. Обнаружено, что реакция региоселективна при наличии в молекуле нитросоединения **1** третичного β -углеродного атома. Исследована область применения реакции ацилирования нитроалканов и показано, что данная методика позволяет получать α -ацилоксиоксими, содержащие различные функциональные группы (карбоксильную, ацетальную, силокси) с хорошими выходами.

Предложено два подхода к синтезу силиловых эфиров α -ацилоксиоксимов **4** из нитросоединений **1** (путь (2)+(5)) и силилнитронатов **2** (путь (3)+(6)) и разработаны методики для их реализации. Установлено, что в молекуле *N*-ацилокси-*N*-силоксиенаминов (**A**, X=TBS) происходит селективная миграция карбоксильной группы.

Все полученные продукты охарактеризованы методами одномерной и в ряде случаев двумерной ЯМР спектроскопии, масс-спектрометрии высокого разрешения, а также рентгеноструктурным анализом.



ЛИТЕРАТУРА

1. S. Blechert. *Synthesis*, **1989**, 2, 71.
2. A.A. Tabolin; S.L. Ioffe. *Chem. Rev.* **2014**, *114*, 5426.

СТЕРЕОСЕЛЕКТИВНЫЙ СИНТЕЗ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ ТЕТРАГИДРОПИРАНОВ НА ОСНОВЕ КАСКАДНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ РЕАКЦИИ АНРИ/ПОЛУАЦЕТАЛИЗАЦИИ

Студентка 4 курса Ашаткина М.А.

Руководитель к.х.н. Резников А.Н.

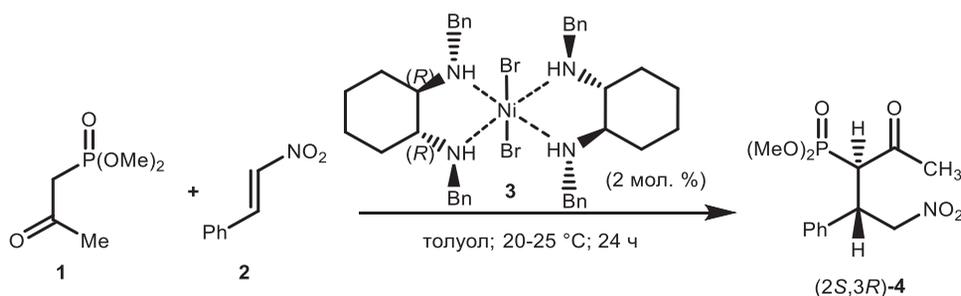
Самарский государственный технический университет

1998.mashka-ashatkina@mail.ru

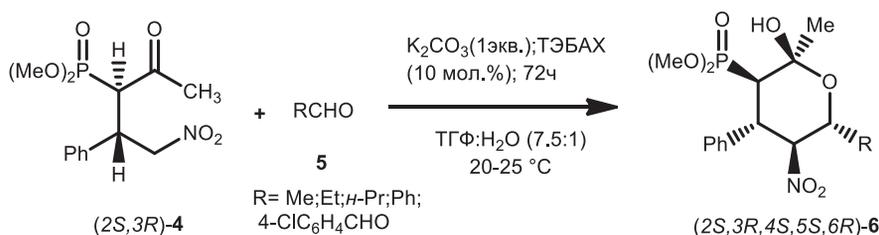
Фосфорилированные производные тетрагидропиранов представляют интерес в качестве потенциальных средств для лечения заболеваний, сопровождающихся нарушением метаболических процессов. В свою очередь, получение таких производных с несколькими хиральными центрами и за минимальное количество стадий возможно путем каскадных превращений.

Целью данной работы является разработка методов получения нерацемических фосфорилированных тетрагидропиранов на основе нитрооксофосфонатов путем каскадных реакций Анри/полуацетализации с участием альдегидов.

На первом этапе работы получен фосфанат (2*S*,3*R*)-**4** путем асимметрического присоединения β-кетофосфоната (**1**) к нитrostиrolу (**2**) в присутствии хирального комплекса Ni(II) (**3**):



Ключевой стадией синтеза является присоединение альдегидов (**5**) к нитрооксофосфанату (**4**). Конденсация в условиях реакции Анри с последующей циклизацией приводит к получению (2*S*,3*R*,4*S*,5*S*,6*R*)-тетрагидропиранов (**6**), абсолютная конфигурация которых определена методом РСА. Стереохимический результат определяется наличием существующих хиральных центров в исходном соединении (**4**).



Полученные научные результаты могут представлять интерес при создании новых фармацевтических препаратов, в частности, для лечения диабета II типа, а также антивирусных средств.

ОКСО/ИМИДНЫЙ ГЕТЕРОМЕТАТЕЗИС, КАТАЛИЗИРУЕМЫЙ НАНЕСЁННЫМ НА СИЛИКАГЕЛЬ ИМИДНЫМ КОМПЛЕКСОМ ТИТАНА

Студент 4 курса Бушков Н.С.

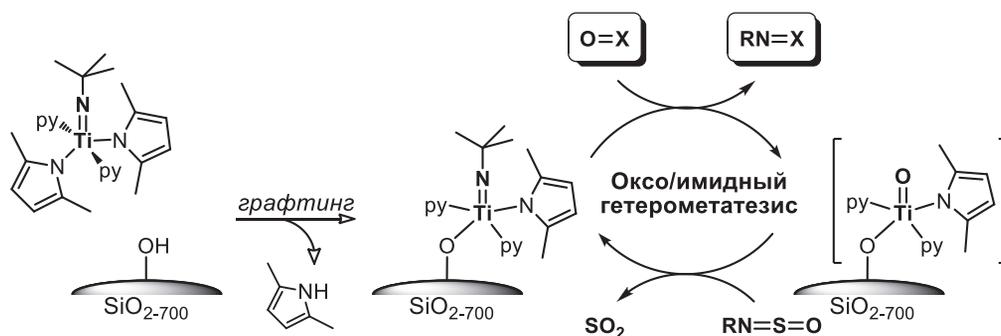
Руководитель к.х.н., с.н.с. Зарубин Д.Н.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Институт элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова РАН
nbushkov98@gmail.com.*

Метатезис кратных связей имеет широкое применение как в промышленности, так и в лабораторной практике органического синтеза. В то же время каталитические реакции *гетерометатезиса* субстратов с кратными связями углерод-гетероатом и гетероатом-гетероатом пока не получили столь широкого распространения, несмотря на большой синтетический потенциал. В частности, на основе многочисленных примеров стехиометрических реакций имидирования разнообразных оксо-соединений $\{X\}=O$ имидными комплексами переходных металлов $\{M\}=NR$ с образованием соответствующих имино-производных $\{X\}=NR$ (*оксо/имидный гетерометатезис*) каталитические процессы успешно реализованы пока лишь в единичных случаях.

Ранее в нашей лаборатории было показано, что легкодоступные *N*-сульфиниламины могут выступать в качестве источника имидной группы в каталитическом цикле оксо/имидного гетерометатезиса. Реакция катализируется оксо- и имидными комплексами ранних переходных металлов, однако использование наиболее реакционноспособных имидо-производных металлов 4-й группы затрудняется склонностью их оксо-производных к олигомеризации с образованием неактивных мостиковых $\{M(\mu-O)M\}$ -фрагментов. В нашей работе показано, что данная проблема может быть решена путём перехода к гетерогенному катализу с использованием методологии металлоорганической химии на поверхности (*Surface Organometallic Chemistry, SOMC*), подразумевающей ковалентное связывание комплекса металла с подложкой, что стабилизирует его мономерные каталитически активные формы.

В ходе работы было показано, что *графтинг* имидопирролидного комплекса титана $Ti(=NtBu)(Me_2Pyr)_2(py)_2$ ($Me_2Pyr = 2,5$ -диметилпирролил, $py =$ пиридин) на частично дегидроксилированный при $700\text{ }^\circ\text{C}$ силикагель марки Aerosil приводит к образованию монопривитого комплекса $(\equiv SiO)Ti(=NtBu)(Me_2Pyr)(py)_2$, строение которого было доказано методами анализа баланса масс, элементного анализа, ИК- и твердотельной ЯМР-спектроскопии. Полученный материал проявляет высокую активность в качестве катализатора оксо/имидного гетерометатезиса. В частности, он эффективно катализирует имидо-дезоксигенирование кетонов под действием *N*-сульфиниламинов, что позволяет легко получать кетимины, труднодоступные или недоступные классическим методом.



ХАЛЬКОГЕНИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЦИКЛОПЕНТАДИЕНИЛНИКЕЛЯ С ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМ КАРБЕНОМ

Студентка 2 курса Григорьева М.О.

Руководитель к.х.н. Шаповалов С.С.

Высший химический колледж РАН

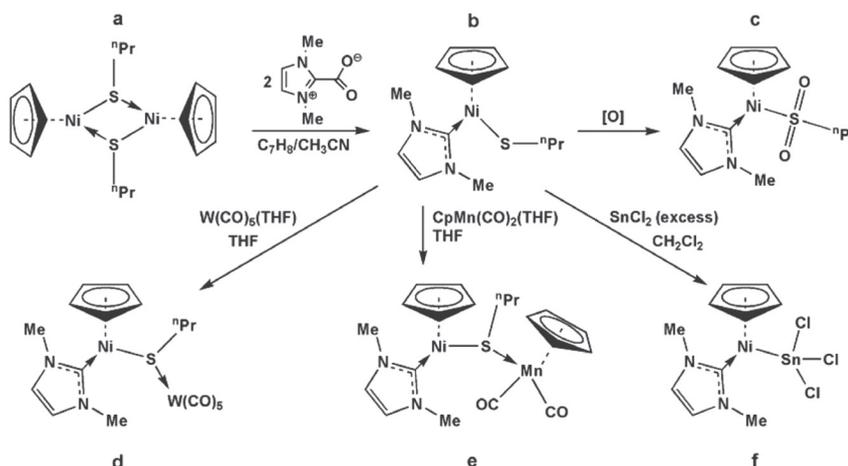
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

grimari2006@yandex.ru

Гетероциклические карбены являются сильными σ -донорами, и слабыми π -акцепторами, что позволяет их использовать в качестве лигандов в химии элементарноорганических соединений [1]. Удобным способом введения таких лигандов является реакция декарбоксилирования диметилимидазолий-2-карбоксилата в присутствии комплексов переходных металлов [2]. Мономерный комплекс $(C_5H_5)Ni(Me_2Im)S^{\text{nPr}}$ (**b**), который был получен в реакции димера $[(C_5H_5)Ni(m-S^{\text{nPr}})]_2$ (**a**) с карбоксилатом диметилимидазолия, быстро окисляется с образованием сульфонового комплекса $(C_5H_5)Ni(Me_2Im)S(O)_2^{\text{nPr}}$ (**c**).

Комплекс **b** реагирует с аддуктом $W(CO)_5$ (ТГФ) с образованием гетерометаллического соединения $(C_5H_5)Ni(Me_2Im)S^{\text{nPr}}W(CO)_5$ (**d**), длины связей Ni–S и W–S в котором по данным РСА составляют 2.1933(7) и 2.5797(7) Å, соответственно. Связь Ni–C с карбеновым лигандом изменилась незначительно по сравнению с сульфоновым комплексом **c** и составляет 1.882(3) Å. Сумма ковалентных радиусов W–S Ni–C составляет 2.86 и 1.97 Å [3]. Аналогичным образом в реакции с $(C_5H_5)Mn(CO)_2$ (ТГФ) образуется комплекс $(C_5H_5)Ni(Me_2Im)S^{\text{nPr}}[(C_5H_5)Mn(CO)_2]$ (**e**).

Другим подходом для создания гетерометаллических комплексов является формирование связи металл-олово. В реакции комплекса $(C_5H_5)Ni(Me_2Im)S^{\text{nPr}}$ с избытком $SnCl_2$ происходит неожиданное внедрение олова по связи металл-халькоген, и формируется гетерометаллический комплекс $(C_5H_5)Ni(Me_2Im)SnCl_3$ (**f**) с $SnCl_3$ -группой.



Таким образом, в ходе работы разработаны два подхода к синтезу гетерометаллических комплексов с НИС-карбеном: формирование мостиковой тиолатной группы и формирование $SnCl_3$ -группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. C. Garrison, W. J. Youngs. *Chem. Rev.*, **2005**, *105*, 3978.
2. A. M. Voutchkova, M. Feliz, E. Clot et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **2007**, *129*, 12834.
3. B. Cordero, V. Gomez, A. E. Platero-Prats et al. *Dalton Trans.*, **2008**, *21*, 2832.

N-АРИЛСУЛЬФОНИЛИМИНЫ ХЛОРАЛЯ И ДИХЛОРФЕНИЛАЦЕТАЛЬДЕГИДА КАК С-АМИДОАЛКИЛИРУЮЩИЕ АГЕНТЫ И АЗА-ДИЕНОФИЛЫ В РЕАКЦИИ С ЦИКЛОПЕНТАДИЕНОМ

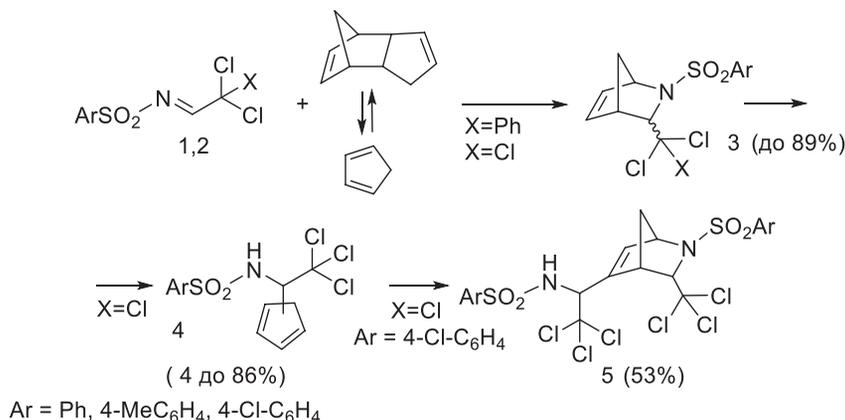
Студент 4 курса Катеринич М.Д.¹

Руководитель к.х.н. Чернышева Г.Н.²

¹Иркутский государственный институт,
maks.katerinich.1997@mail.ru

²Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского СО РАН

Ранее было показано, что арилсульфонилимины хлораля (1) в реакциях с циклопентадиеном выступают в роли гетеродиенофилов, образуя продукты [4+2] циклоприсоединения [1]. В настоящей работе нами впервые в реакцию циклоприсоединения с циклопентадиеном были вовлечены сульфонилимины фенилдихлорацетальдегида (2). Кроме того, установлено, что в зависимости от условий реакция сульфонилиминов (1) может не только приводить к циклоаддуктам (3), но и протекать с образованием ранее неизвестных амидоалкилированных производных циклопентадиена (4, 5), а также амидоалкилированных циклоаддуктов (6).



Сульфонилимины (1) и (2) были синтезированы реакцией *N,N*-дихлораренсульфонамидов с трихлорэтиленом или фенилацетиленом [1] соответственно. Для уменьшения трудоемкости процесса имины (1) в индивидуальном виде не выделялись, а вовлекались во взаимодействие с циклопентадиеном в избытке трихлорэтилена, в котором были получены. Для получения соединений (4,5) оптимальным является нагревание выше 80 °С, в то время как циклоаддукты (3) образуются в более мягких условиях при температуре не выше 50 °С.

Строение новых соединений (3–5) доказано совокупностью физико-химических методов. Синтезированные сульфонилиминовые производные циклопентадиена представляют интерес как перспективные реагенты на пути получения карбо- и гетероциклических производных сульфонилиминового ряда, в том числе биологически активных веществ, а также комплексов с металлами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левковская Г.Г., Дроздова Т.И., Розенцвейг И.Б., Мирскова А.Н. *Усп. хим.* **1999**, *68*, 638.

СИНТЕЗ, ХАРАКТЕРИСТИКА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕКСА-ХЛОР-ТРИ-ПИРАЗИНО-СУБПОРФИРАЗИНА БОРА ХЛОРИДА И ЕГО НЕСИММЕТРИЧНЫХ ЧАСТИЧНО ПЕРФТОРИРОВАННЫХ АНАЛОГОВ

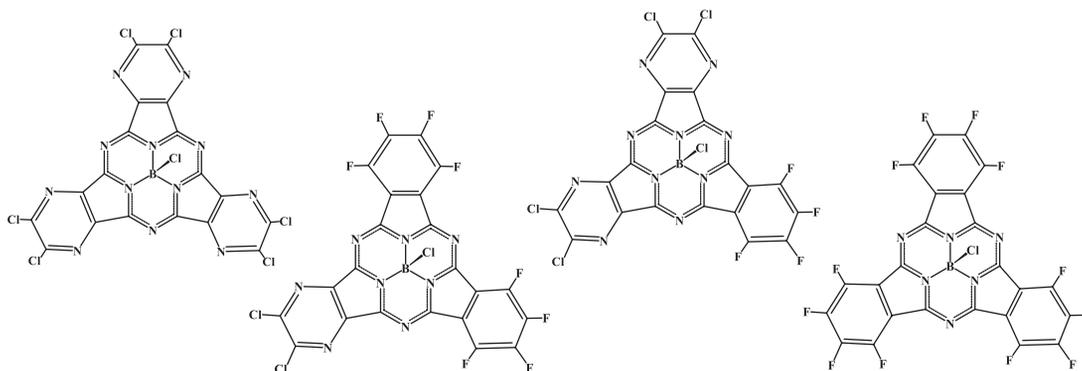
Студентка 2 курса Ковкова У.П.

Руководитель профессор Стужин П.А.

Ивановский государственный химико-технологический университет
kovkova.ulya@mail.ru

В настоящее время субфталоцианины активно изучаются, так как имеют большой потенциал благодаря своим уникальным спектральным и физико-химическим свойствам. Введение заместителей в молекулу субфталоцианинов приводит к существенным модификациям её свойств [1]. В отличие от субфталоцианина, используемого в качестве донорного слоя в устройствах органической электроники, его перфторированные аналоги проявляют электропроводность *n*-типа и являются акцепторами [2]. Однако не только галогенирование, но и азамещение в бензольных кольцах субфталоцианина можно использовать для усиления акцепторных свойств.

Целью нашей работы является синтез пергалогенированных порфиразинов в качестве перспективных акцепторных материалов для органической электроники. В нашей работе мы впервые одновременно сочетали два метода модификации субфталоцианинов – и галогенирование, и азамещение. При соконденсации тетрафторфталодинитрила и 5,6-дихлорпиразин-2,3-дикарбонитрила в присутствии хлорида бора в *p*-ксилоле, нами была получена серия пергалогенированных порфиразинов, содержащих дихлорпиразиновые и тетрафторбензольные фрагменты.



Строение полученных макроциклов было охарактеризовано с помощью MALDI-TOF масс-спектрометрии и ЯМР-спектроскопии (^{11}B , ^{13}C , ^{19}F). Изучены спектрально-люминесцентные характеристики и особенности электронного строения. Показано, что пергалогенированные аналоги субфталоцианинов с пиразиновыми фрагментами являются перспективными акцепторами для органической электроники.

Данная работа поддерживается Российским Научным Фондом (грант № 17-13-01522).

ЛИТЕРАТУРА

1. Claessens C.G. et al. *Chem. Rev.* **2014**, *114*, 2192.
2. Dearden C.A. et al. *Phys. Chem. Phys.* **2014**, *16*, 18926.

4-ФЕРРОЦЕНИЛФТАЛАЗИН-1(2Н)-ОН И 4-ЦИМАНТРЕНИЛФТАЛАЗИН-1(2Н)-ОН КАК НОВЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ЛИГАНДЫ

Студент 3 курса Колос А.В.

Руководитель к.х.н. Шаповалов С.С.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

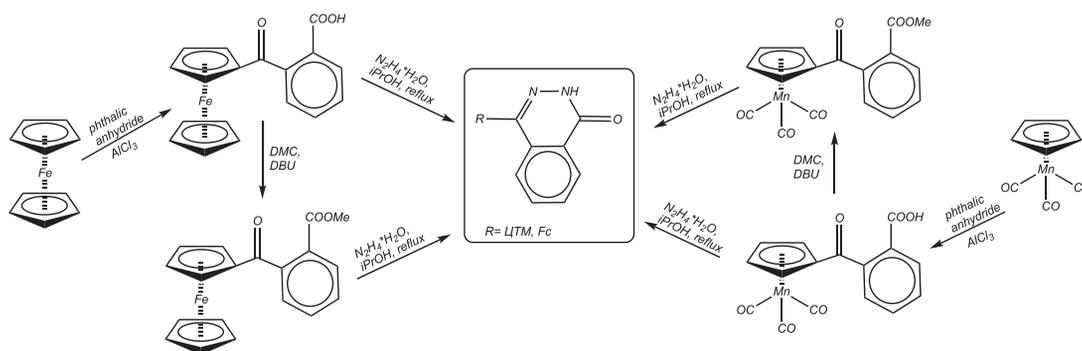
Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН

kolos.andreij@gmail.com

Целью работы является направленный синтез новых биологически активных соединений на основе фталазин-1(2Н)-она, модифицированных металлофрагментами такими, как ферроцен и ЦТМ. Производные фталазинона проявляют противораковое (препарат «Olaparib»), антидиабетическое (лекарство «orolrestab») действие.

Введение металлоорганического фрагмента в молекулу органического соединения часто приводит к неожиданной биологической активности. Ферроцен устойчив и не токсичен, он может быть легко функционализирован подобно ароматическим соединениям, поэтому является подходящим заместителем в медицинской химии. Эта липофильная и компактная молекула, незначительно изменяет фармакологические свойства молекул, поэтому он используется для введения Fe(II) в организм для лечения анемии [1]. Циклопентадиенилтрикарбонил марганец (ЦТМ) – имеет близкие с ферроценом, устойчивость и легкость функционализации. Производные ЦТМ используются в качестве металлоорганического ИК-биомаркера для концевой модификации коротких пептидов [2].

Для получения замещенных фталазинов были получены *o*-цимантренилкарбонил и *o*-ферроцилкарбонил бензойные кислоты, а также соответствующие им метиловые эфиры. Из металлосодержащих кислот и эфиров при действии гидрата гидразина были получены 4-ферроцилфталазин-1(2Н)-он и 4-цимантренилфталазин-1(2Н)-он с хорошим выходом. Также была оптимизирована методика получения производных фталазинона в условиях сольвотермального синтеза.



Структура 4-ферроцилфталазин-1(2Н)-она и 4-цимантренилфталазин-1(2Н)-она была подтверждена методом РСА.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Jaouen and N. Metzler-Nolte, *Topics in Organometallic Chem.* **2010**, *32*, 270.
2. Splith K., Neundorf I., Hu W., Harmel W. Peindy N'Dongo, Vasylyeva V., Merz K., Schatzschneider U. *Dalton Trans.* **2010**, *39*, 2536.

КАРБОНИЛЗАМЕЩЕННЫЕ 4*H*-ХРОМЕНЫ КАК АКЦЕПТОРЫ В АЗА-РЕАКЦИИ МИХАЭЛЯ: СИНТЕЗ N- И O-ГЕТЕРОЦИКЛОВ

Студент 4 курса Корженко К.С.

Руководитель д.х.н. Осянин В.А.

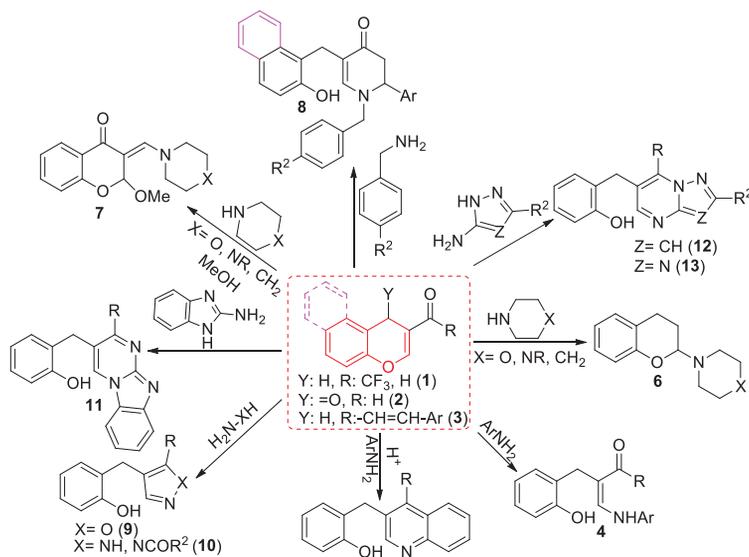
Самарский государственный технический университет

kirill.korzhencko@yandex.ru

Цель работы заключалась в исследовании химических свойств 3-ацил- и 3-формил-4*H*-хроменов и их конденсированных аналогов, в создании на основе карбонилзамещенных хроменов новых подходов к синтезу гетероциклических соединений с фармакофорными фрагментами.

При использовании полифункциональных субстратов реакция Михаэля может быть начальной стадией каскадного процесса, приводящего к значительному увеличению молекулярной сложности. Перспективными объектами для изучения процессов циклизации аддуктов Михаэля являются 4*H*-хромены, содержащие карбонильную группу в β-положении к атому кислорода пиранового цикла. Это связано как с большим разнообразием потенциально синтетически доступных структур, так и с широким спектром биологической активности.

Было показано, что в реакции с трифторацетилзамещенными 4*H*-хроменами **1** первичные ароматические амины выступают в роли доноров Михаэля, что приводит к образованию трифторметилированных β-аминовинилкетонов **4**; проведение реакции в уксусной кислоте приводит к хинолинам **5**. В реакции вторичных циклических аминов с 3-трифторацетил-4*H*-хроменами **1** и хромон-3-карбальдегидами **2** образуются, соответственно, 2-аминозамещенные хроманы **6** и (*E*)-3-(*R*₂N-метилден)-2-метоксихроман-4-оны **7**. Показано, что при взаимодействии хроменов **3**, содержащих систему кросс-сопряженных кратных связей, с бензиламинами образуются замещенные дигидропиридоны **8** как продукты аза-реакции Михаэля. Установлено, что аза-реакция Михаэля между карбонилзамещенными 4*H*-хроменами **1** и 1,2-*N,N*-, 1,2-*N,O*- и 1,3-*N,N*-бинуклеофилами сопровождается раскрытием пиранового цикла и гетероциклизацией. В результате разработан общий подход к получению 2-гидроксibenзилированных и (2-гидрокси-1-нафтил)метилированных производных изоксазола **9**, пиразола **10**, бензо[4,5]имидазо[1,2-*a*]пиримидина **11**, пиразоло[1,5-*a*]пиримидина **12** и [1,2,4]триазоло[1,5-*a*]пиримидина **13**.



НОВЫЕ АМФИФИЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ КАЛИКС[4]АРЕНОВ: СЕНСОРЫ НА БИМОЛЕКУЛЫ И МИЦЕЛЛЯРНЫЙ КАТАЛИЗ

Студент 4 курса Макаров Е.Г.

Руководители аспирант Фатыхова Г.А., к.х.н. Бурилов В.А.

Казанский федеральный университет

Химический институт имени А.М. Бутлерова

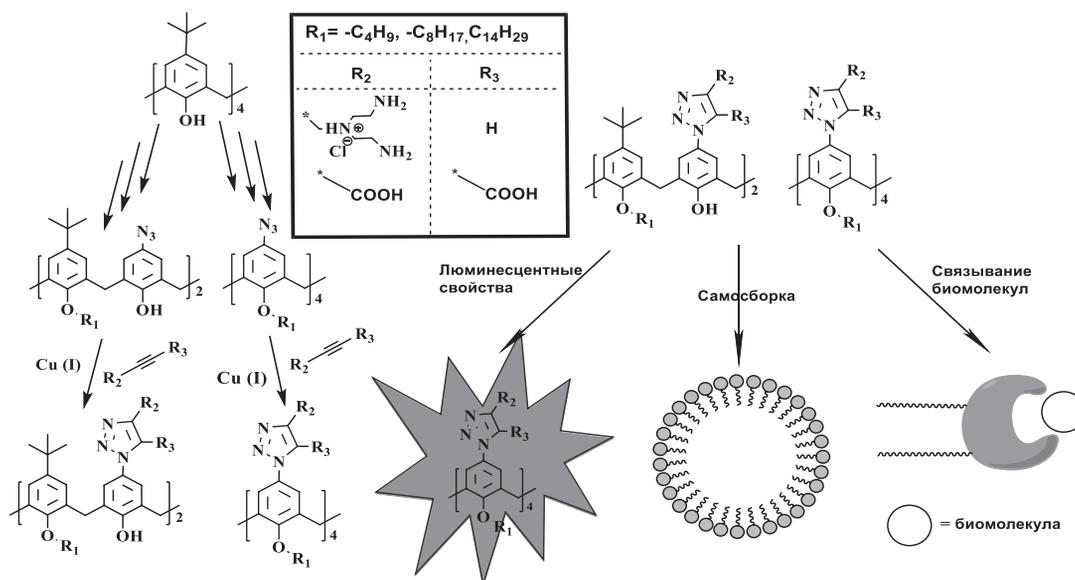
Egmkarov21@gmail.com

Каликс[4]арены представляют собой циклические макромолекулы, состоящие из четырех фенольных фрагментов, соединенных между собой метиленовыми группами. Они образуются при конденсации *para*-замещенного фенола с формальдегидом в присутствии основания. Благодаря способности образовывать комплексы типа «гость-хозяин», производные каликс[4]арена с успехом используются в различных областях науки: в качестве рецепторов, катализаторов, в биохимии, нефтедобыче, медицине, а также в качестве селективных экстрагентов и рецепторов. Наличие нескольких реакционных центров в молекуле позволяет тонко подстраивать структуру рецептора под заданный субстрат.

В результате данной работы была разработана методика для получения универсальной синтетической платформы на основе производных каликс[4]аренов, на основе которой можно с легкостью получать амфифильные соединения с различными функциональными полярными группами. Используя данную синтетическую стратегию, получен ряд водорастворимых производных каликс[4]аренов в конфигурации «конус».

Был обнаружен селективный отклик макроциклических соединений, содержащих полиаммонийные фрагменты на такие биомолекулы, как аденозиндифосфат (АДФ) и аденозинтрифосфат (АТФ). Изменение числа реакционных центров в сенсоре приводит к изменению селективности связывания по отношению к изучаемым молекулам.

Установлено, что амфифильные производные каликс[4]аренов, содержащие 4,5-карбокситриазолильные фрагменты на верхнем ободе могут использоваться в качестве мицеллярной среды в реакции кросс-сочетания Сузуки; эффективность катализа зависит от длины липофильного фрагмента.



ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВОДОРОДНЫЕ СВЯЗИ И ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ ГЕМИГЕКСАФИРАЗИНА И ТИАДИАЗОЛ-АННЕЛИРОВАННОГО ГЕМИГЕКСАФИРАЗИНА

Студенты 4 курса Мерлян А.П., Веретенников В.В.

Руководитель аспирант Отлетов А.А.

*Ивановский государственный химико-технологический университет
merant88@mail.ru*

В настоящей работе с помощью квантово-химических расчетов было изучено геометрическое и электронное строение макроциклических соединений гемигексафиазина (ГГФ) и тиадiazол-аннелированного гемигексафиазина (ТДАГГФ) (рис.1), а также их возможных таутомеров, образованных переносом протона внутри координационной полости. Все вычисления были выполнены с использованием теории функционала плотности (функционал B3LYP) и трехэкспонентного корреляционно-согласованного базисного набора pcseg-2.

Одной из основных задач данной работы являлось изучение природы внутримолекулярных водородных связей этих соединений и их влияния на структуру, и энергетику данных молекул.

Расчеты показали, что равновесные структуры шести NH-таутомеров каждого из макроциклов выше по энергии, чем основные соединения ГГФ и ТДАГГФ. Эти соединения имеют в своем составе 6 внутримолекулярных связей N_i...H. Если одна из них исчезнет вследствие миграции атома водорода, то энергия всей молекулы увеличится на 39,2 кДж/моль. Дальнейшая миграция других протонов ведет к еще большему увеличению энергии.

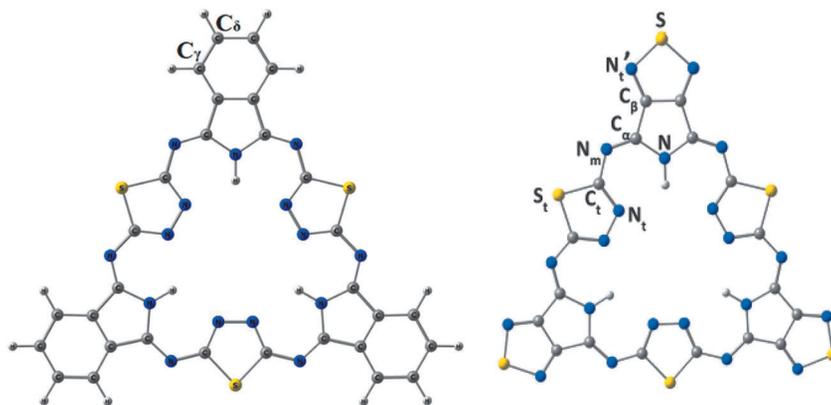


Рис. 1. Основные структуры гемигексафиазина и тиадiazол-аннелированного гемигексафиазина

Существование водородной связи было также подтверждено NBO анализом. Согласно ему, связь происходит из-за взаимодействия неподеленной парой N в тиадiazольных кольцах и разрыхляющей N-H орбиталью. Можно предположить, что D_{3h} структуры обладают наименьшей энергией среди всех других таутомеров именно благодаря большому числу внутримолекулярных водородных связей. Однако, как было показано при расчете энергии водородной связи с помощью NBO-анализа для ТДАГГФ, более короткие водородные связи в таутомерах (1,95 Å) по сравнению с длинными в основном соединении (2,20 Å) стабилизируют молекулу в большей степени.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-73-10198).

АЛЬДАЗИНЫ В РЕАКЦИИ КАСТАНЬОЛИ-КУШМАНА

Студент 4 курса Михеев А.А.

Руководитель к.х.н. Кантин Г.П.

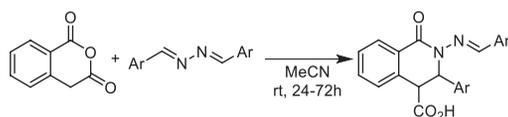
Санкт-Петербургский государственный университет
alexandrmikheyev96@yandex.ru

Целью данной работы являлось исследование взаимодействия альдазинов с гомоталевым ангидридом, а также дальнейшие превращения продуктов реакции Кастаньоли-Кушмана.

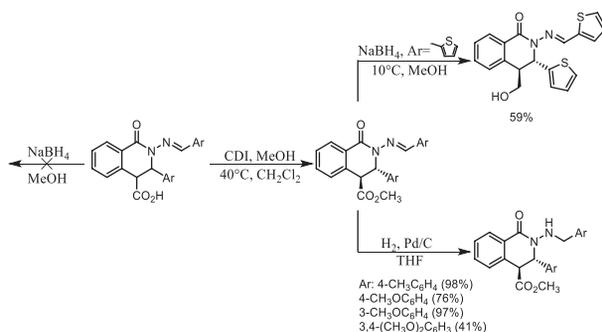
Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Разработать методику взаимодействия альдазинов и гомоталевого ангидрида, приводящую к получению производных 2-амино-1-оксо-1,2,3,4-тетрагидроизохинолин-4-карбоновой кислоты – аддуктов реакции Кастаньоли-Кушмана. Определить их пространственное строение.
- 2) Разработать методы восстановления продуктов реакции Кастаньоли-Кушмана.
- 3) Предложить эффективный путь синтеза N-аминолактамов с незамещённой аминогруппой исходя из продуктов взаимодействия альдазинов и гомоталевого ангидрида.

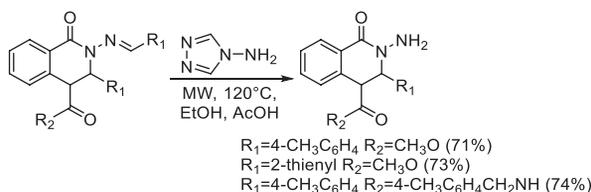
Объектом исследования в данной работе являлось взаимодействие альдазинов, продуктов реакции одного эквивалента гидразина и двух эквивалентов альдегида, с ангидридом гомоталевой кислоты. Было установлено образование продуктов реакции Кастаньоли-Кушмана.



Имеющаяся двойная связь C=N продукта не вступала в рассматриваемую реакцию. Таким образом, продукты «двойной» реакции Кастаньоли-Кушмана обнаружить не удалось. Также исследовались дальнейшие превращения полученных кислот.



Был описан новый удобный метод получения производных N-аминоизохинолина со свободной аминогруппой.



ЛИТЕРАТУРА

1. Mikheyev, A.; Kantin, G.; Krasavin, M. *Synthesis*, **2018**, *50*, 2076.

ИНВЕРТИРОВАННЫЕ ПОРФИРИНОИДЫ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ АНТИМИКРОБНОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Студент 4 курса Моршнев Ф.К.

Руководитель д.х.н., профессор Березин Д.Б.

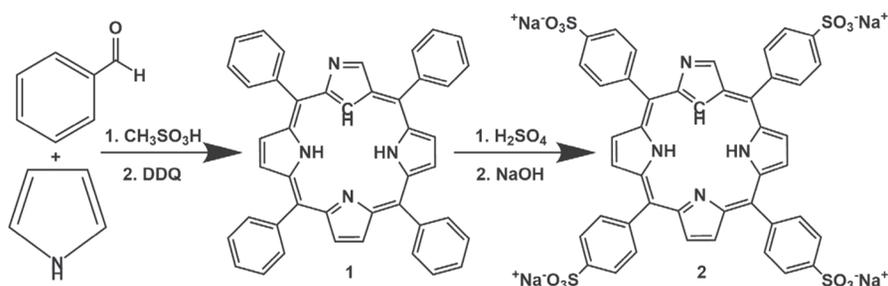
Ивановский государственный химико-технологический университет

morshnevphilipp@gmail.com

В последнее время возрастающая полирезистентность патогенных микроорганизмов к действию некоторых препаратов стала угрожать здоровью и жизни людей. В связи с этим, антибактериальная фотодинамическая терапия (ФДТ) становится альтернативным методом лечения многих заболеваний, кардинально отличающимся от антибиотикотерапии.

Целью нашей работы было получить потенциальный фотосенсибилизатор (ФС) и исследовать его свойства на соответствие требованиям, предъявляемым к современным препаратам для антимикробной ФДТ.

Нами синтезированы 2-аза,21-карба-тетра-*мезо*-фенилпорфин (соед. 1) и его водорастворимое тетросульфо-производное (соед. 2).



Согласно основному механизму ФДТ (тип II) фотосенсибилизатор должен обладать высоким квантовым выходом генерации синглетного кислорода, что в значительной степени зависит от баланса его гидрофильных и липофильных свойств, степени ассоциации в водных растворах и фотостойчивости.

Нами методом спектрометрического титрования было показано, что несмотря на достаточную степень диссоциации соед. 2 в водном растворе (следует из величин удельной электропроводности), сульфопроизводное в этих условиях подвержено ассоциации. Так, в системе этиловый спирт – вода макроцикл начинает подвергаться ассоциации при содержании воды в спирте 61 % $C_{\text{FC}} = 7.4 \cdot 10^{-6}$ моль/кг.

При помощи метода динамического светорассеяния было показано, что соед. 2 остаётся в ассоциированной форме как в водных, так и в спиртовых растворах. Для решения данной проблемы было подобрано биосовместимое поверхностно-активное вещество (ТВИН 80).

Микробиологическое тестирование на музейных штаммах показало, что в водном растворе ТВИН 80 соед. 2 не обладает собственным цитотоксическим действием и проявляет антимикробную активность в отношении грамположительных бактерий *Staphylococcus Aureus* посредством ФДТ (снижение КОЕ с 10^7 до 15 единиц).

Таким образом синтезированный сульфозамещённый порфириноид обладает поглощением в диапазоне длин волн, близких к ИК области спектра, и имеет характеристики, соответствующие требованиям, которые предъявляются к современным препаратам для антимикробной ФДТ, что позволяет рассматривать его в качестве потенциального фотосенсибилизатора.

ЛЕВОГЛЮКОЗЕНОН – ХИРАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК В СИНТЕЗЕ ПРАКТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Студент 4 курса Нугаманова И.Ю.¹

Руководитель к.х.н. Шарипов Б.Т.²

¹Башкирский государственный университет, Стерлитамакский филиал

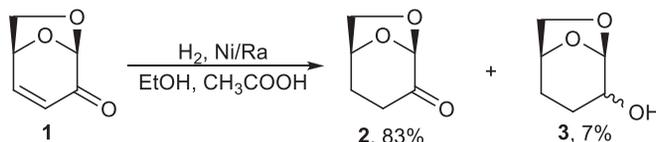
²Уфимский Институт химии УФИЦ РАН

sharipovbt@anrb.ru

γ -Лактоны **4** и **5**, безусловно, являются наиболее интересными промежуточными продуктами в синтезе биологически важных соединений, например противоопухолевых (Бурсеран, Гигантетроцин А), феромонов, ароматизаторов ((+)-*транс*-виски и коньяк лактоны), антибактериальных и противовирусные агентов, в том числе, препаратов для высокоактивной антиретровирусной терапии ВИЧ.

В этом плане левоглюкозенон **1** [1, 2], который легкодоступен путем пиролиза любых целлюлозосодержащих материалов, является привлекательным хиральным соединением для синтеза данных γ -бутанолидов.

Практическая ценность проведенных исследований заключается в разработке условий хемоселективного гидрирования на Ni/Ra двойной связи в левоглюкозеноне **1** ведущего к образованию цирена **2**, протекающего без значительного затрагивания карбонильной группы. Данный процесс позволяет исключить использование более дорого катализатора Pd/C. Следует отметить, что цирен **2** привлекает внимание синтетиков в качестве зеленого растворителя.



Нами разработан эффективный метод окисления по Байеру-Виллигеру цирена **2** и левоглюкозенона **1** с получением в одну стадию хиральных γ -бутанолидов **4** и **5**. Впервые для проведения реакции Байера-Виллигера при окислении 30 %- H_2O_2 в качестве катализатора предложен Amberlyst-15.

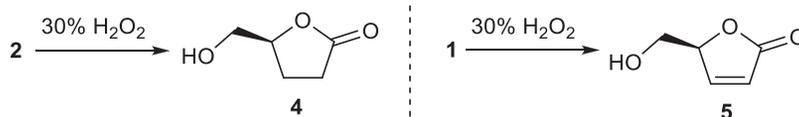


Таблица №1. Окисление по Байеру–Виллигеру*

Кетон	Катализатор (количество)	Раст-ль	Температура, °С	Время, ч	Выход, %
2	<i>p</i> -TsOH (1 моль)	<i>i</i> -PrOH	80	2	85
2	Амберлист-15 (1 моль)	H_2O	25	48	46
2	Амберлист-15 (2 моль)	H_2O	25	48	68
2	Амберлист-15 (2 моль)	H_2O	50	1	87
2	Амберлист-15 (2 моль)	H_2O	50	2	84**
1	Амберлист-15 (2 моль)	H_2O	50	1	76
1	Амберлист-15 (2 моль)	H_2O	50	2	70**

* Условия реакции: 10 ммоль кетона **1** или **2**, 50 ммоль H_2O_2 .

** Условия реакции: 10 ммоль кетона **1** или **2**, 10 ммоль H_2O_2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. A.M. Sarotti, M.M. Zanardi, R.A. Spanevello, A.G. Suárez. *Curr. Org. Synth.* **2012**, *9*, 439.
2. M.B. Comba, Y-h. Tsai, A.M. Sarotti, M. I. Mangione, A.G. Suárez, R. A. Spanevello. *Eur. J. Org. Chem.* **2018**, 590.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОРАКОВОЙ АКТИВНОСТИ СУЛЬФАНИЛАМИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ КЛАССА 1,2,4-ОКСАДИАЗОЛОВ

Студент 4 курса Преснухина С.И.

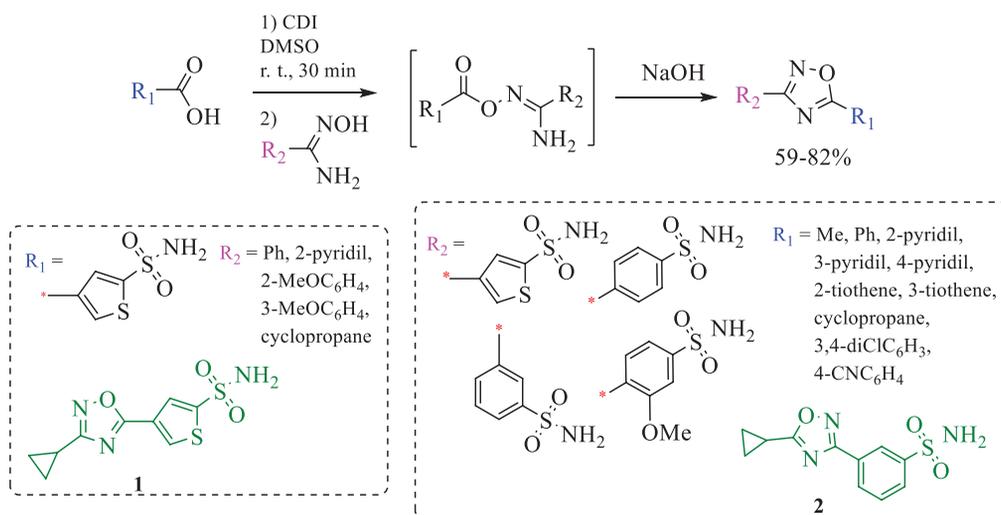
Руководитель Шетнев А.А.

Ярославский государственный педагогический университет

sonya.presnuxina.98@mail.ru

Ферменты класса карбоангидраз выполняют в организме человека функцию катализа реакции разложения угольной кислоты, за счёт которой происходит регуляция рН в клетках организма. Медикаментозное нарушение ферментативной активности карбоангидраз (*hCA*s), стимулирующее образование рН-зависимых раковых клеток в опухоли – одно из инновационных направлений лечения онкологических заболеваний [1].

Первичный сульфонамидный фрагмент является фармакофором большинства известных ингибиторов *hCA*s. В ходе поисках новых *hCA*s был осуществлен дизайн серии 1,2,4-оксадиазолов с арил-сульфонамидным фрагментом. Синтез целевых 1,2,4-оксадиазолов проводили взаимодействием амидоксимов с соответствующими кислотами с участием карбонилдимидазола (КДИ) в качестве активатора карбоксильной группы в суперосновной среде NaOH/DMCO по методу [2, 3].



Двадцать четыре соединения, полученных в ходе работы, были подвергнуты биологическому скринингу в отношении двух цитозольных (*hCA* I и *hCA* II) и двух мембранных (*hCA* IX и *hCA* XII) изоформ. Найденные селективные ингибиторы *hCA*s на основе 1,2,4-оксадиазол-арил-сульфонамидов проявили избирательную цитотоксичность в отношении раковых клеток в гипоксических условиях [4]. Из проведённых экспериментов наблюдается, что соединения (**1**, **2**) обладают наиболее интересными биологическими свойствами. Соединение **1**, показало избирательное угнетение роста клеток меланомы, соединение **2** проявило себя как селективный цитостатический агент для клеток рака поджелудочной железы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, РФФИ (грант № 18-33-01108\18).

ЛИТЕРАТУРА

1. T. Sharonova, V. Pankrat'eva, et al. *Tetrahedron Lett*, **2018**, *59*, 2824–2827.
2. S. Baykov, T. Sharonova, et al. *Tetrahedron Lett*, **2016**, *57*, 2898–2900.
3. M. Krasavin, A. Shetnev, et al. *Eur. J. Med. Chem*, **2019**.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ТРИС-ДИОКСИМАТОВ ЖЕЛЕЗА И КОБАЛЬТА(II) С КАРБОКСИ-СОДЕРЖАЩИМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Студент 4 курса Семенов А.В.

Руководитель доцент Брагина Н.А.

МИРЭА – Российский технологический университет

artzemmen@gmail.com

Клеточные комплексы металлов (клатрохелаты) с реакционноспособными или биологически релевантными группами являются перспективными молекулярными платформами для дизайна новых соединений, которые могут найти применение в таких областях, как электроника, катализ и создание фармацевтических препаратов [1].

Целью данной работы являлся синтез новых *трис*-диоксиматов железа и кобальта(II) с реакционноспособными карбокси-содержащими заместителями.

Клеточные комплексы железа(II) с карбокси-содержащими апикулярными заместителями были получены путём темплатной конденсации соответствующих *трис*-диоксиматов и карбоксифенилборных кислот на матрице ионе железа(II). (Схема 1)

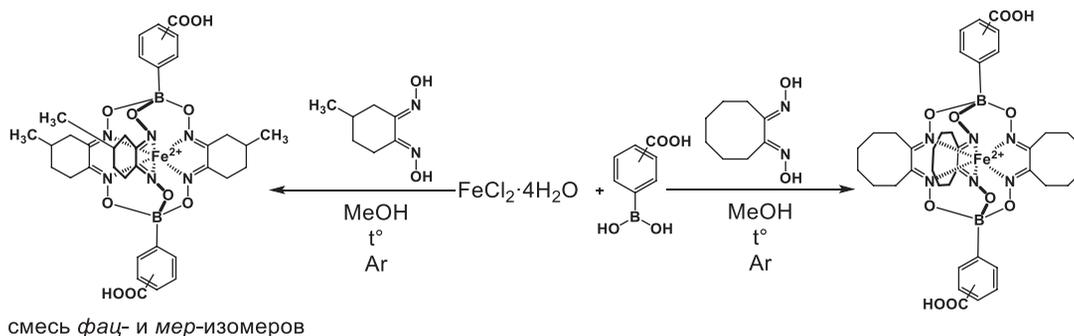


Схема 1

Комплекс кобальта(II) с карбоксифенил-содержащим рёберным заместителем был получен по схеме 2 путём нуклеофильного замещения единственного атома хлора в диоксиматном фрагменте исходного клатрохелата кобальта(II) *пара*-меркаптобензойной кислотой в присутствии основания.

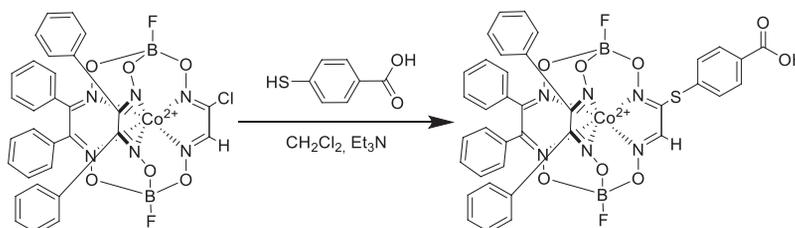


Схема 2

В ходе выполнения работы были получены и охарактеризованы *трис*-диоксиматы железа и кобальта(II) с реакционноспособными карбокси-содержащими группами, имеющие предпосылки стать перспективными материалами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Y.Z. Voloshin, I.G. Belaya, R. Krämer, Cage metal complexes, Springer, Heidelberg, 2017.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГАЗОФАЗНОЙ РЕАКЦИИ БЕНЗОЛСУЛЬФОНИЛХЛОРИДА С ГЛИЦИЛГЛИЦИНОМ

Студентка 4 курса Сулейманова Д.С.

Руководитель профессор Кочетова Л.Б.
Ивановский государственный университет
dianka.suleymanova.199737@mail.ru

Целью настоящей работы является квантово-химическое моделирование механизма реакции глицилглицина (Gly–Gly) с бензолсульфонилхлоридом (БСХ) в газовой фазе.

Знание механизмов сульфонилирования дипептидов необходимо для выбора оптимальных условий синтеза сульфоаминов на их основе, что может снизить финансовые и временные затраты на их производство. Для реакций аминосоединений разных классов с хлорангиридами сульфоновых кислот в литературе предлагаются два равновероятных и неразличимых косвенными кинетическими методами механизма – S_N2 и S_N1 [2]. Квантово-химическое моделирование позволяет напрямую установить механизм процесса.

Моделирование проводили путем построения потенциальных кривых наиболее вероятных направлений атаки (фронтального и аксиального) молекулы Gly–Gly на сульфонильный реакционный центр и поверхности потенциальной энергии (ППЭ) реакции методом RHF//6-31G(d) с помощью программного пакета Firefly 7.1g [1].

Установлено, что изучаемая реакция может протекать по единственному маршруту, который начинается аксиальной атакой нуклеофила (Gly–Gly) на реакционный центр, однако при сближении молекул реагентов угол атаки уменьшается, достигая 135° в единственном переходном состоянии реакции и 100° – в продукте. Изучаемый процесс протекает в одну стадию по бимолекулярному согласованному механизму нуклеофильного замещения S_N2 . Активированный комплекс реакции имеет структуру промежуточную между тригонально-бипирамидальной и тетрагонально-пирамидальной, так как реакция протекает по маршруту с изменяющимся углом атаки нуклеофила. Степень образования связи S–N в активированном комплексе больше степени разрыхления связи S–Cl, что свидетельствует об образовании «сжатого» переходного состояния, которое характерно для S_N2 -реакций.

Рассчитанная энергия активации процесса составила 199 кДж/моль, что существенно выше энергий активации, рассчитанных для газофазных реакций БСХ с глицином (126 кДж/моль) и Gly–Gly с бензоилхлоридом (121 кДж/моль) [3]. Этот факт согласуется с экспериментально полученными более высокими константами скорости реакций с участием глицина по сравнению с реакциями Gly–Gly и более высокой реакционной способностью бензоилхлорида в ацилировании аминосоединений по сравнению с БСХ [3]. Рассчитанное значение оказалось высоким вследствие того, моделирование проводилось в газовой фазе, учет сольватации реагентов и переходного состояния при моделировании должен позволить получить более низкую величину.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Granovsky, *Firefly version 7.1.G*. <http://classic.chem.msu.su/gran/firefly/index.html>
2. Л.В. Курицын, Т.П. Кустова, А.И. Садовников, Н.В. Калинина, М.В. Клюев, *Кинетика реакций ацильного переноса*. Иваново. 2006, 260 с.
3. Л.Б. Кочетова, *Дис... докт. хим. наук*. Иваново. 2017, 355 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА НУКЛЕОФИЛЬНОГО ЦИАНИРОВАНИЯ НИТРОНАТОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Студент 4 курса Ушаков П.Ю.

Руководитель д.х.н. Сухоруков А.Ю.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН

paul08orgchem@gmail.com

Алифатические нитросоединения АНС являются удобными полупродуктами в синтезе природных, биологически-активных и энергоемких соединений. Их пошаговое силилирование открывает путь к получению силил-нитронатов Si-1 и N,N-бис(силилокси)-енаминов Si-2, которые являются α -C- и β -C-нуклеофилами, соответственно. Однако, ввиду полифункциональности реакционного центра в молекулах Si-1 и Si-2, а именно наличия в структуре Si-1 фрагмента имина, а в структуре Si-2 – нитрозоацеталя, эти производные АНС могут выступать и в роли α - или β -C-электрофилов (иминиевых катионов и нитрозолакенов, соответственно, Схема 1). В частности, использование в вышеописанных процессах C-нуклеофилов позволило бы разработать новые методы образования углерод-углеродной связи на базе доступных нитросоединений и нитронатов. В этом контексте, разработка метода присоединения к нитронатам Алк-1 и N,N-бис(окси)-енаминам Алк-2 цианид-аниона, как простейшего C-нуклеофила, занимает особое положение, так как получаемые продукты могут служить важными полупродуктами в синтезе функционализированных диаминов и гетероциклических соединений.

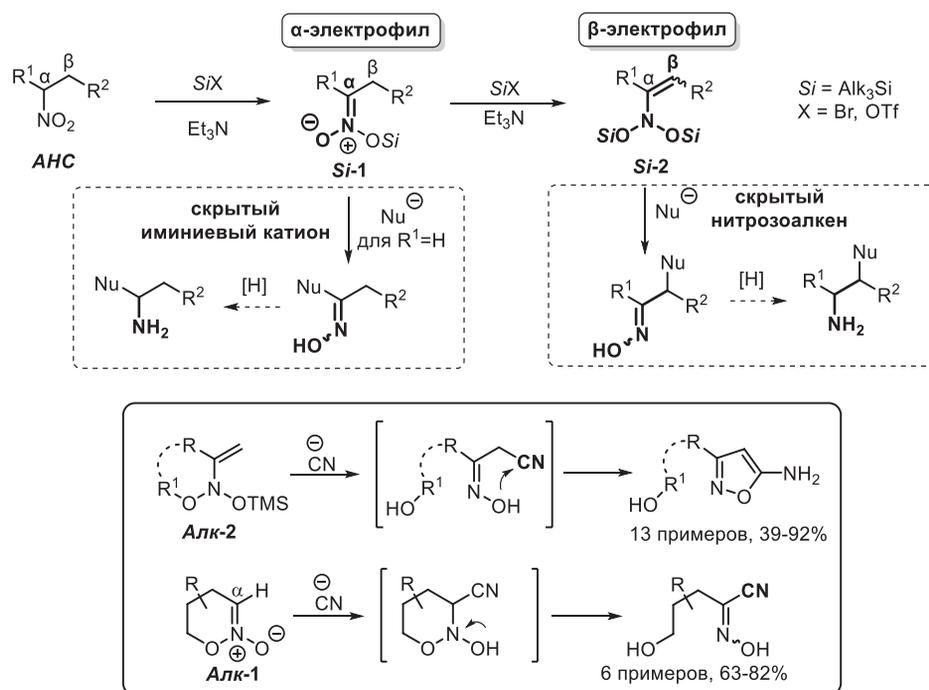


Схема 1. α,β -электрофильная активность АНС и их производных

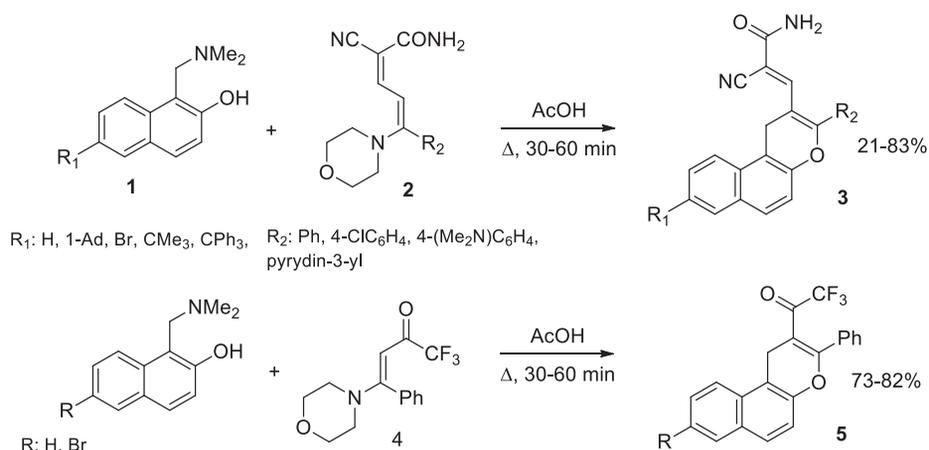
По результатам данного исследования разработана новая цианирующая система на основе цианида натрия и перхлората магния, которая позволяет проводить реакцию нуклеофильного цианирования нитронатов и бис(окси)енаминов с хорошими выходами. Получен ряд производных 5-аминоизоксазолов и 1-цианооксимов. Показана возможность применения данной системы на различных электрофилах.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПУШ-ПУЛЬНЫХ 1,3-БУТАДИЕНОВ С О-НАФТОМЕТИЛЕНХИНОНАМИ. СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОНОДЕФИЦИТНЫХ 3-АРИЛ-1*H*-БЕНЗО[*f*]ХРОМЕНОВ

Халабудин Д.А.

Руководитель ассистент Лукашенко А.В.
Самарский государственный технический университет
khalabudind@gmail.com

За последние десятилетия различные 4*H*-пираны нашли применение в биохимии и электронике. Например, для обнаружения ионов Mg^{2+} в живых тканях [1], как бактерицидные и фунгицидные средства [2], для сравнения сольватационной силы растворителей [3], а также в качестве красителей в светодиодах [4, 5].



При нагревании оснований Манниха **1** с 2-циано-5-морфолино-5-арилпента-2,4-диенамидами **2** были получены 3-(1*H*-бензо[*f*]хромен-2-ил)-2-цианоакриламиды **3** с различными выходами. В реакции тех же предшественников метиленхинонов с 1,1,1-трифтор-4-морфолин-4-фенилбутен-3-оном-2 приводит к образованию 2,2,2-трифторо-1-(3-фенил-1*H*-бензо[*f*]хромен-2-ил)этан-1-онов **5**, ранее не описанных в литературе. Механизм реакции включает в себя две стадии: [4+2]-циклоприсоединение между 1,2-нафтохинонметидами и пуш-пульными 1,3-бутадиенами, выступающими в роли диенофилов, и последующее элиминирование вторичного амина. Использование уксусной кислоты в качестве растворителя облегчает как стадию генерирования 1,2-нафтохинонметида из оснований Манниха, разрушая сильную внутримолекулярную водородную связь, так и стадию элиминирования морфолина от первоначально образующегося циклоаддукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hwan Myung Kim etc. *J. Org. Chem.* **2007**, *72*, 2088–2096.
2. Chetan T. Prabhakara etc. *J. Photochem. Photobiol., B.* **2015**, *148*, 322–332.
3. V.G. Pivovarenko, A. Wroblewska, J. Błazejowski, *J. Anal. Chim. Acta*, **2005**, *545*, 74–78.
4. X. H. Zhang etc. *J. Chem. Mater.* **2001**, *13*, 1565–1569.
5. Eun Jae Na, Kum Hee Lee, Hoon Han, Young Kwan Kim, Seung Soo Yoon, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **2013**, *13*, 554–557.

**НОМИНАЦИЯ I
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ**

**СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ
И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ НА РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ МЕТИЛЛИНОЛЕАТА В МИЦЕЛЛАХ

Студентка 4 курса Бабайлова А.С.

Руководитель д.ф.-м.н., профессор Соловьев М.Е.

Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова

babailova.nastasia@yandex.ru

Исследование механизма радикального окисления липидов вызывает большой интерес в связи с тем, что развитие этого процесса в организме может приводить к таким серьезными заболеваниями человека как атеросклероз, рак, нейродегенеративные расстройства [1]. В экспериментальной практике для понимания механизма радикального окисления липидов в качестве исследуемого соединения широко применяется метиллинолеат, окисление которого проводят в мицеллах в водной среде [2]. Окисление углеводорода в такой системе сопровождается рядом аномалий, не характерных для процесса окисления в гомогенном растворе [3].

Для выяснения причин аномалий в настоящей работе были проведено квантово-химическое исследование влияния сольватации на термодинамику процесса присоединения кислорода к алкильным радикалам метиллинолеата и его низкомолекулярной модели – октадиена, а также исследование динамики развития и обрыва цепи в липидной фазе.

В рамках данной работы были рассмотрены некоторые существующие методы, учитывающие эффект сольватации явным и неявным способом, среди которых наибольшее внимание уделено именно методам неявного описания сольватации, основанным на замене молекул растворителя континуальной моделью сплошной среды с заданной диэлектрической проницаемостью. В качестве такой модели для проведения расчетов была выбрана модель COSMO [4], хорошо зарекомендовавшая себя по соотношению «точность – требования к компьютерным ресурсам».

Расчет полных энергий и термодинамических функций молекулярных моделей исследуемых соединений производили методом функционала плотности с гибридным обменно-корреляционным функционалом Беке, Ли, Янга и Парра DFT B3LYP/6-311G(d,p).

В результате проведенных расчетов установлена роль сольватации гидропероксильных радикалов в их перераспределении между водной и углеводородной фазами в ходе реакции. Показано, что данные активные радикальные частицы, являющиеся инициаторами и носителями цепей окисления, при комплексобразовании начинают с большей вероятностью диффундировать в водную фазу. При этом их концентрация в углеводородной фазе, где сосредоточен окисляющийся субстрат, снижается, что приводит к снижению скорости окисления.

Полученные результаты будут полезными при подборе специальных типов антиоксидантов, обладающих различной растворимостью в водной и углеводородной фазах мицелл для обрыва цепей окисления по разным типам радикалов носителей — пероксильных в углеводородной фазе и гидропероксильных в водной фазе.

ЛИТЕРАТУРА

1. N. A. Porter, *J. Org. Chem.* **2013**, *78*, 3511.
2. V. Roginsky, T. Barsukova, *Chemistry and Physics of Lipids.* **2001**, *111*, 87.
3. И. В. Тихонов, Е. М. Плисс, Л. И. Бородин, В. Д. Сень. *Химическая физика.* **2017**, *36(6)*, 20.
4. A. Klamt, G. Schuurmann, *J. Chem. Soc., Perkin Trans.* **1993**, *2(105)*, 2999.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЛИТА НА МОРФОЛОГИЮ ПЕРОКСИДА ЛИТИЯ, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ В ХОДЕ РАЗРЯДА ЛИТИЙ-КИСЛОРОДНОГО АККУМУЛЯТОРА

Студент 2 курса Башкиров А.Д.

Руководитель аспирант Захарченко Т.К.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Adbash1999@gmail.com

В настоящее время активно ведётся поиск альтернативных источников питания для автомобилей. В частности, на данный момент большое внимание исследователей уделяется разработке литий-кислородных аккумуляторов (ЛКА), имеющих наибольшую теоретическую энергоёмкость (5400 Вт·ч/кг). Но, к сожалению, практическая удельная ёмкость ЛКА оказывается значительно меньше теоретической. Кроме того, наблюдается существенное уменьшение ёмкости при переходе к большим разрядным токам. Причиной такого процесса является осаждение продукта реакции – пероксида лития на поверхность катода и, как следствие, образование блокирующего слоя, препятствующего дальнейшему восстановлению кислорода [1]. Важную роль в процессе образования осадка играет электролит так, как он определяет стабильность промежуточных продуктов реакции восстановления кислорода [2]. Однако, какие именно его свойства оказываются наиболее значимыми пока неясно.

Целью данной работы является исследование зависимости морфологии Li_2O_2 , образующегося в ходе разряда модельной ЛКА с катодом из углеродного волокна, от различных параметров (плотности тока и состава электролита). В ходе работы были проведены гальваностатический разряд модельных ЛКА и исследование поверхности разряженных электродов и структуры продуктов разряда.

Для приготовления электролита использовали растворители, демонстрирующие стабильность к окислению промежуточными продуктами реакции восстановления кислорода и восстановлению металлическим литием. Была проанализирована морфология продукта, полученного при гальваностатическом разряде модельных ЛКА.

Показано, что частицы пероксида лития образуются только при использовании электролитов на основе диметилсульфооксида и сульфолана, а в электролитах на основе 1,2-диметооксиэтана, γ -бутиролактона и диметилового эфира тетраэтиленгликоля образуется плёнка. Зависимости разрядной ёмкости от донорного числа растворителя, как предполагалось ранее в литературе, не наблюдается. Результаты данной работы будут использованы для разработки обобщённой теории о влиянии физико-химических параметров растворителя на процесс осаждения твёрдых продуктов в ходе разряда ЛКА.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 18-33-01147)

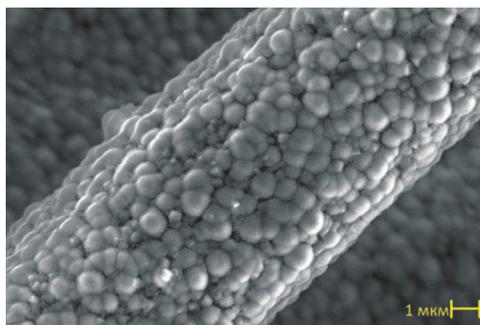


Рис. 1. Микрофотография электрода из углеродного волокна, полученного при разряде ЛКА на основе ДМСО при плотности тока 10 мкА/см^2

ЛИТЕРАТУРА

1. Johnson L. и др. *Nat. Chem.* **2014**, 6(12), 1091–1099.
2. Viswanathan V. и др. *J. Chem. Phys.* **2011**, 135, 21.

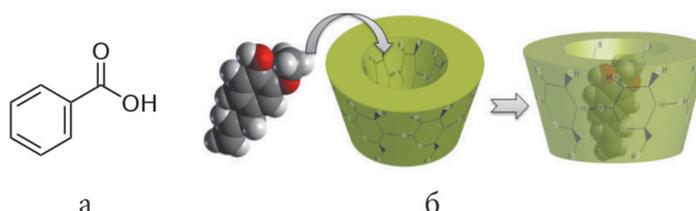
ТЕРМОДИНАМИКА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ С β -ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ В ВОДНО-ЭТАНОЛЬНОМ РАСТВОРИТЕЛЕ

Студентка 3 курса Берегова Д.А.

Руководитель д.х.н. Усачёва Т.Р.

Ивановский государственный химико-технологический университет
matchoaa@mail.ru

Известно, что растворимость многих лекарственных и биологически активных соединений, их биодоступность, а также устойчивость к гидролизу, термо- и окислительной деструкции повышается в присутствии циклодекстринов в результате образования комплексов включения типа «хозяин – гость» [1]. Инкапсулирование биологически активных молекул с помощью циклодекстринов улучшает регуляцию высвобождения фармакологически активного компонента из лекарственной формы. Циклодекстрины представляют собой циклические олигосахариды с гидрофильной внешней поверхностью и липофильной внутренней полостью, позволяющей образовывать комплексы-включения. В данной работе исследована реакция комплексообразования β -циклодекстрина (β CD) с бензойной кислотой (БК) (β CD) в растворителе вода-этанол переменного состава.



Структурная формула БК (а) и схема образования комплекса включения CD (б)

Методом изотермической калориметрии титрования при $T = 298.15$ К были определены тепловые эффекты смешения растворов β -циклодекстрина с БК. Из термохимических данных рассчитаны термодинамические параметры комплексообразования ($\lg K$, $\Delta_r H$, $\Delta_r G$, $T\Delta_r S$).

Взаимодействия β -CD с ВА изучены в растворителях H_2O -EtOH с содержанием $X(EtOH) = 0.00, 0.10, 0.20, \text{ и } 0.30$ мол.д. при $pH = 3.6$. Установлено, что при переходе от воды к водно-этанольным смесям устойчивость комплекса уменьшается от $\lg K 2.4$ до $\lg K 0.7$.

Для реакций образования $[QCT \text{ HP}\beta CD]$ и $[VA \beta\text{-CD}]$ наблюдается рост экзотермичности за счет уменьшения энтропийного вклада в изменение энергии Гиббса реакции с ростом содержания этанола в растворителе.

Ранее при образовании комплексов краун-эфиров с аминокислотами и пептидами было установлено увеличение устойчивости комплексов и экзотермичности реакций их образования при переходе от воды к водно-органическим смесям за счет десольватации реагентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Magnusdottir, M. Masson, T. Loftsson, J. Incl. Phenom. Macroc. Chem. 2002, 44, 213.

НОВЫЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ЗОНДЫ ГИДРОФОБНЫХ ОБЛАСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ БЕЛКОВ КРОВИ НА ОСНОВЕ ТЕТРАМЕТИЛЗАМЕЩЕННОГО BODIPY

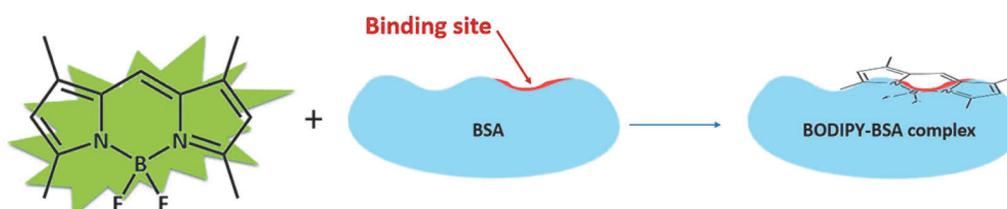
Студент 3 курса Бочаров П.С.

Руководитель м.н.с. Ксенофонтов А.А.

Ивановский государственный химико-технологический университет
bochpavl@gmail.com

Фолдинг и устойчивость белков в водном растворе определяются тонким балансом водородного связывания, электростатических и гидрофобных взаимодействий. Гидрофобные взаимодействия обеспечивают основную структурную стабильность белков и являются ключом к пониманию молекулярного распознавания биологических функций и многих заболеваний, связанных с неправильным формированием белков. Кроме того, точечные мутации и повреждения белков могут приводить к увеличению их гидрофобной поверхности. В связи с этим важной задачей является разработка зондов для определения гидрофобных областей белков. Одним из путей решения этой задачи может стать использование флуоресцентных зондов, чувствующих изменения своего окружения. Использование таких зондов в исследованиях белков позволит получить информацию о их строении и физико-химическом состоянии отдельных сайтов. В этой связи широкое применение для зондирования гидрофобных областей белков могут найти BODIPY. В последнее время бор(III)-дишпррометеновые красители (BODIPY) получили широкое применение благодаря своим уникальным спектрально-люминесцентным свойствам, а также высокой кинетической и термической стабильности. Большое внимание уделяется применению BODIPY в качестве маркеров биологических молекул, например, белков. Это связано с тем, что большинство соединений данного класса красителей гидрофобны и могут быть локализованы в гидрофобных полостях биологических молекул.

Целью данного исследования является изучение супрамолекулярного комплексообразования тетраметилзамещенного BODIPY с бычьим сывороточным альбумином (BSA) с использованием спектральных методов (спектрофотометрия, спектрофлуориметрия, спектроскопия кругового дихроизма) и молекулярного докинга энергетических характеристик взаимодействия люминофора с белком. Для большей биорелевантности исследования был также проведен молекулярный докинг с человеческим сывороточным альбумином (HSA). В работе показано, что комплекс BODIPY взаимодействует с белком на участке субдомена IIА молекулы BSA и HSA. Было обнаружено, что флуоресценция BODIPY существенно тушится в присутствии BSA. Как показали термодинамические параметры реакции комплексообразования BODIPY с BSA и молекулярный докинг, комплекс BODIPY–BSA образован за счет преобладающих специфических взаимодействий. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования красителей класса BODIPY в качестве зондов гидрофобных областей транспортных белков крови.



ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Студентка 4 курса Бочарова А.Б.

Руководитель доцент Фалина И.В.
Кубанский государственный университет
ab.bocharova@mail.ru

В настоящее время большое внимание уделяется созданию и усовершенствованию высокотехнологичных устройств прямого преобразования химической энергии в электрическую – топливных элементов. Ключевым компонентом водородно-воздушного топливного элемента является перфторированная сульфокатионитовая мембрана МФ-4СК. Для оптимизации ее характеристик, в том числе придания каталитических свойств, проводят ее модифицирование компонентами различной природы [1, 2]. Для эффективного катализа реакции восстановления кислорода, которая лимитирует эффективность работы топливного элемента, необходимо создание тройной точки протонный проводник – электронный проводник – платина. Целью данной работы было изучение транспортных и морфологических свойств перфторированной мембраны, поверхностно модифицированной полианилином и дисперсией платины.

Объектом исследования была перфторированная мембрана МФ-4СК (толщина 60 мкм) производства ОАО «Пластполимер». Поверхностное модифицирование мембраны полианилином осуществляли методом *in situ* окислительной полимеризации анилина в процессе встречной диффузии растворов окислителя $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ и мономера через мембрану. Для осаждения каталитического слоя платины на поверхности мембран в качестве окислителя использовали раствор H_2PtCl_6 , восстановителем был раствор NaBH_4 в NaOH . В обоих случаях время модифицирования варьировали от 0,5 до 1 часа. Для выявления влияния каждого модификатора на свойства мембраны на каждом этапе модифицирования были изучены диффузионные и проводящие характеристики мембраны [3], а также морфология платинового слоя на поверхности композита методом сканирующей электронной микроскопии.

В результате исследования обнаружено, что композиты, содержащие оба модификатора, обладают пониженной диффузионной проницаемостью по сравнению с образцами, модифицированными только платиной. Показано, что предварительное модифицирование перфторированной мембраны полианилином затрудняет зародышеобразование частиц платины. Исследованы морфологические особенности платиновой дисперсии методом сканирующей электронной микроскопии и обнаружено существенное увеличение содержания платины и размеров агломератов наночастиц при возрастании времени модифицирования, что указывает на диффузионные ограничения кинетики роста наночастиц платины. Полученные результаты открывают возможности для управления свойствами композитной мембраны путем контролируемого изменения ее морфологии в результате варьирования условий получения.

ЛИТЕРАТУРА

1. P.-C. Lee, et al. *J. Membr. Sci.*, **2008**, *322*, 441.
2. H.N. Yang, et al. *J. Membr. Sci.*, **2013**, *443*, 210.
3. N.P. Berezina, et al. *Adv. Colloid and Interface Sci.*, **2008**, *139*, 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АДсорбЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ ВОДОРОДА, СВЯЗАННЫХ ПОВЕРХНОСТЬЮ НАНЕСЕННЫХ ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ГИДРОКСИДА НАТРИЯ

Обучающиеся 11 класса Веренин М.А., Соломатников А.П.

Руководитель к.х.н. Шепелев М.В.

Лицей №67, г. Иваново

vicoount@inbox.ru

Исследования закономерностей адсорбции водорода на твердых телах свидетельствуют о том, что на поверхности переходных металлов всегда существуют несколько типов активных центров, на которых может адсорбироваться водород с образованием определенных адсорбционных состояний, или индивидуальных форм водорода, отличающихся адсорбционной способностью и энергией связи.

Цель настоящей работы – определение термодинамических характеристик адсорбционных состояний водорода, связанных поверхностью нанесенных палладиевых катализаторов из водного раствора гидроксида натрия, и выяснение роли исследуемого растворителя в процессах адсорбции водорода.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые для жидкофазных каталитических систем, в состав которых входят водные растворы гидроксида натрия и нанесенный на уголь палладиевый катализатор, получены новые данные о термодинамических характеристиках индивидуальных форм адсорбированного водорода.

В работе определены термодинамические характеристики адсорбционных состояний водорода – предельная адсорбция, адсорбционные коэффициенты, стандартные теплоты и изменения энтропий и энергий Гиббса адсорбции – на нанесенных палладиевых катализаторах из водного раствора гидроксида натрия на основании результатов адсорбционно–калориметрических исследований процесса адсорбции водорода на пористом никеле при температуре 303 К, экспериментально полученных ранее авторами [1]. Расчеты проведены в рамках модели поверхности с дискретной неоднородностью в приближении идеального адсорбционного слоя для трех форм адсорбированного водорода – одной молекулярной α -формы и двух атомарных γ - и β_2 -форм.

Результаты проведенных расчетов свидетельствуют о том, что влияние водных растворов гидроксида натрия на термодинамические характеристики процессов адсорбции водорода на поверхности нанесенных палладиевых катализаторов описывается перераспределением форм водорода. Поэтому основной причиной влияния состава рассматриваемого растворителя на закономерности адсорбции водорода является количественное перераспределение между индивидуальными формами адсорбата, вызванное смещением поверхностных равновесий, которое для водных растворов гидроксида натрия вызвано, главным образом, участием компонентов растворителя в химических реакциях, протекающих в поверхностном слое катализатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барбов А.В. *Изв. Вузов. Химия и хим. технология.* 2013, 56(2), 49.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ pH НА АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ, ПОЛУЧАЕМЫЙ ТЕТРАЗОЛЬНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТОКСИЧНОСТИ РАСТВОРОВ

Студентка 3 курса Веселова Е.В.

Руководитель к.б.н. Фокина А.И.
Вятский государственный университет
veselova.katya01@mail.ru

Для проведения экологического мониторинга развивается направление использования микрокристаллоскопических реакций образования кристаллов формазана (ТФФ) красного цвета в результате действия клеточной дегидрогеназы на 2,3,5-трифенилтеразолия хлорид (ТТХ), протекающих в микроорганизмах, аналитический эффект которых зависит от токсического действия окружающей среды на микроорганизмы. Целью работы было установить оптимальные значения pH для определения токсичности растворов, содержащих сульфат меди (II) и гербицида на основе флорасулама, тетразольно-топографическим методом с использованием почвенных цианобактерий *Nostoc paludosum* 18.

Объектами исследования были индивидуальные растворы сульфата меди (II) и флорасулама, а также растворы смеси веществ с концентрацией ионов меди (II) равной 1 мг/дм³ (ПДК в воде), флорасулама – 0,01 мг/дм³ (ПДК в воде). Интервал значений pH составил от 2 до 9 единиц. Кислотность в растворах контролировали с помощью pH-метра. Титр культуры ЦБ, необходимый для адекватной диагностики токсичности растворов флорасулама не известен, поэтому ЦБ *N. paludosum* вносили в раствор флорасулама с концентрацией равной 0,01 мг/дм³, создавая титр культуры 10⁶, 10⁷, 10⁸ кл/см³. Экспозиция составила 20 часов. Затем культуру отделяли от раствора центрифугированием и заливали на 3 часа 0,1 %-ным раствором ТТХ. Далее методом прямого счета под микроскопом определяли долю клеток с кристаллами ТФФ. Далее культуру ЦБ вносили в растворы (титр микроорганизмов в растворах составил 10⁷ кл/см³): соли меди с концентрацией Cu²⁺ равной 1 мг/дм³ и pH равными 2–9; флорасулама с концентрацией 0,01 мг/дм³ и pH равными 2–9; смеси соли меди и флорасулама с такими же концентрациями и pH как в монорастворах; растворы с pH от 2 до 9 без токсикантов. Далее действовали так, как в случае определения титра культуры.

Для описания степени токсичности исследуемых растворов вычислили отклонение (%) от контроля величин долей клеток культуры ЦБ, в которых образовались кристаллы формазана.

В растворах при pH, равных 2 и 3, клетки ЦБ погибали во всех случаях. Аналитический сигнал достоверно не изменяется при значениях pH в интервале от 4 до 9. Процент погибших клеток больше в монорастворе флорасулама, чем в монорастворе сульфата меди (II). Совместное присутствие в растворе соли меди (II) и флорасулама вызывает токсический эффект, превышающий по силе эффекты в монорастворах. На основании полученных данных рекомендуем определять токсичность растворов тетразольно-топографическим методом при значениях pH от 4 до 9.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ФОТОУПРАВЛЯЕМОГО БИСТАБИЛЬНОГО ПРОИЗВОДНОГО C₆₀-ФУЛЛЕРЕНА – ПЕРСПЕКТИВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Студент 4 курса Давлеткулова З.Н.¹

Руководители доцент Хузин А.А.², доцент Дехтярь Т.Ф.¹

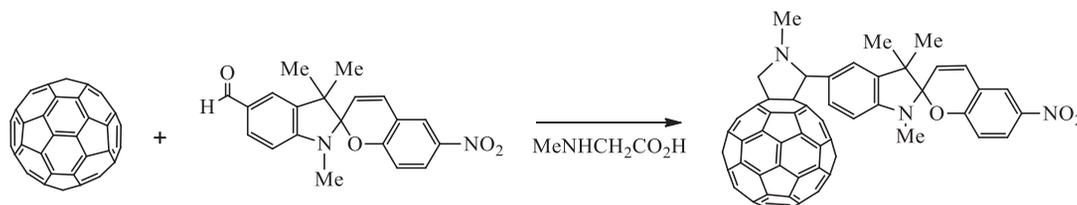
¹Башкирский государственный университет, Стерлитамакский филиал

²Институт нефтехимии и катализа РАН

zilya.davletkulova@yandex.ru

Существует большое число классов органических фотохромных соединений. Одним из наиболее хорошо изученных и не теряющих перспективность семейств органических фотохромов являются спиропираны. Выбор спиропиранов для функционализации молекулы C₆₀-фуллерепа обусловлен тем, что они характеризуются высокими квантовыми выходами прямой и обратной фотоиницируемой изомеризации, а также наивысшими, среди всех известных фотохромных систем, коэффициентами двухфотонного поглощения обеих изомерных форм [1].

Взаимодействие фуллерепа C₆₀ со спиропираном, в структуре которого содержатся альдегидная и нитрогруппы, в присутствии саркозина приводит к формированию соответствующего фуллеропирролидина с выходом ~ 60 %:



Как в толуоле, так и в хлороформе, светочувствительность гибридного соединения ниже, чем для исходного спиропирана. Наблюдается также существенное различие в фотодеградации этих соединений. Обнаружено, что пирролидинофуллерен более устойчив к необратимым фотопревращениям. Это можно объяснить перепоглощением активирующего излучения фуллереновым фрагментом, который располагается в области поглощения фотохромного фрагмента.

Влияние фуллеренового фрагмента в гибридном фотохромном соединении проявляется в снижении скорости спонтанного темнового обесцвечивания мероцианиновой формы как в толуоле, так и в хлороформе. Это может свидетельствовать о ковалентной связи молекулы спиропирана и фуллеренового фрагмента.

Таким образом, осуществлено ковалентное связывание фотохромного спиропирана с C₆₀-фуллереном с получением гибридной молекулы, характеризующейся фотохромизмом и более высокой устойчивостью к необратимым фотопревращениям, в отличие от исходного субстрата, что открывает перспективы применения такой гибридной молекулы в качестве активного слоя органических полевых транзисторов и фотопреобразователей солнечной энергии, элементов памяти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Minkin V.I. *Russ. Chem. Rev.* 2013, 82(1), 1.

СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В АЛЬДОЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПРОПИОНОВОГО АЛЬДЕГИДА

Студентка 4 курса Енгальчева М.И.

Руководитель д.х.н., профессор Флид В.Р.

МИРЭА – Российский технологический университет

Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова

m.engalycheva@yandex.ru

Реакции образования углерод-углеродных связей с получением ценных компонентов разветвленного строения в последнее время представляют всё больший интерес. Одним из процессов, позволяющих получить вещества с более высокой молекулярной массой из соответствующих простых гомологов, является альдольно-кетоновая конденсация альдегидов [1]. Существенно расширить набор возможных продуктов позволяет гидрирование кратных связей $C=C$ и $C=O$ в первичных продуктах альдольно-кетоновой конденсации. Продукты конденсации находят широкое применение в производстве фармацевтических препаратов, являясь важным промежуточным звеном в их синтезе и других областях промышленности. Особое внимание привлекает возможность их использования в качестве добавок к моторному топливу.

В качестве катализатора конденсации использовали палладий на нейтральном носителе. Процесс проводили в интервале температур 125–300 °С. Оптимальные условия проведения процесса установлены посредством изучения каталитической активности исследуемых катализаторов физико-химическими методами анализа, в частности представление о структуре и составе катализатора подробно дает рентгенофлуоресцентный анализ.

На исследуемом катализаторе реакция конденсации ПА протекает с селективностью 72–83 % с образованием 2-метил-2-пентенала, и степенью превращения ПА ~50 %. Интересные результаты получены и для совмещённого процесса с гидрированием первичных продуктов конденсации пропионового альдегида. В этом случае процесс протекает с селективностью 95 % по 2-метил-2-пентаналу при степени превращения ПА выше 60 %.

Разработка катализатора и гетерогенной системы позволяют получать продукты с высокими технологическими показателями. Также обнаружено, что последующее гидрирование позволяет направлять реакцию по определенному маршруту, при этом увеличивая селективность процесса. Существенное влияние присутствия водорода, а, следовательно, и процесса гидрирования на направление процессов конденсации ПА свидетельствует о сопряжённом характере этих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марцинкевич Е.М. и др. *Нефтехимия*. 2018, 58(6), 686.

ХИРАЛЬНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ СЕТЧАТЫХ СТРУКТУР ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

Студент 3 курса Жирнова Е.Д.

Руководитель к.х.н., доцент Гуськов В.Ю.
Башкирский государственный университет
zed61198@gmail.com

Получение оптически чистых веществ представляет собой одну из ключевых задач современной химии. Одним из основных способов осуществления этой задачи является хиральная хроматография. Целью работы была разработка новых хиральных неподвижных фаз на основе наноматериалов.

В работе методами газовой хроматографии и поляриметрии показана способность различных сорбентов, модифицированных гетероциклическими соединениями, к хиральному распознаванию. В качестве исходных сорбентов, применялись пористый полимерный сорбент Dowex Optipore V503, графитированная термическая сажа Carbolblack C и инертный носитель Inerton N. Аналитами в газохроматографических экспериментах были 2-хлорбутан, 2-бромбутан, 2-хлорпентан и 1,2-дихлорпропан, энантимеры ментола использовались в качестве аналита в методе поляриметрии. Модификаторами поверхности сорбентов были использованы циануровая кислота или урацил. Методика модифицирования способствовала формированию на поверхности сорбента слоя супрамолекулярной структуры, с преобладанием одного вида хиральных супрамолекулярных кластеров.

На графитированной термической саже Carbolblack C, модифицированной циануровой кислотой, для 2-бромбутана в диапазоне температур 105–130 °С максимальное разделение энантимеров достигнуто при температуре 120 °С, критерий разделения равен 5.0. Для 2-хлорбутана максимальный критерий разделения, равный 6.8 наблюдался при 75 °С. Максимальная степень разделения для 2-хлорпентана наблюдалась при 90 °С ($R = 7.6$), а для 1,2-дихлорпропана – при 85 °С ($R = 6.1$).

На инертном носителе Inerton N, модифицированном урацилом, для 2-бромбутана в исследуемом диапазоне температур 45–65 °С максимальное разделение энантимеров достигнуто при температуре 45 °С ($R = 1,33$). Аналогично, $R > 1$ для 2-хлорбутана наблюдалось только при 45 °С ($R = 1,01$). Максимальная степень разделения для 2-хлорпентана наблюдалась при 60 °С ($R = 1,09$).

Относительное уменьшение угла вращения плоскости поляризации плоскополяризованного света после адсорбции растворов L-ментола и D-ментола на пористом полимерном сорбенте, модифицированном 1 % урацила составляет соответственно 76 и 85 %, а аналогичные показатели для сорбента, модифицированного 1 % циануровой кислоты равны 64 и 85 %. Это означает, что адсорбция одного из энантимеров, а именно – D-ментола, происходит в большей степени, чем адсорбция другого, что свидетельствует об энантиоселективности супрамолекулярных структур как урацила, так и циануровой кислоты, нанесенных на поверхность пористого полимерного сорбента.

Предложенная в работе технология получения хиральных поверхностей может быть использована при создании неподвижных фаз для разделения энантимеров органических соединений методом хроматографии.

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ

Студент 3 курса Королёв А.И.

Руководитель к.х.н., н.с. Вохмянина Д.В.

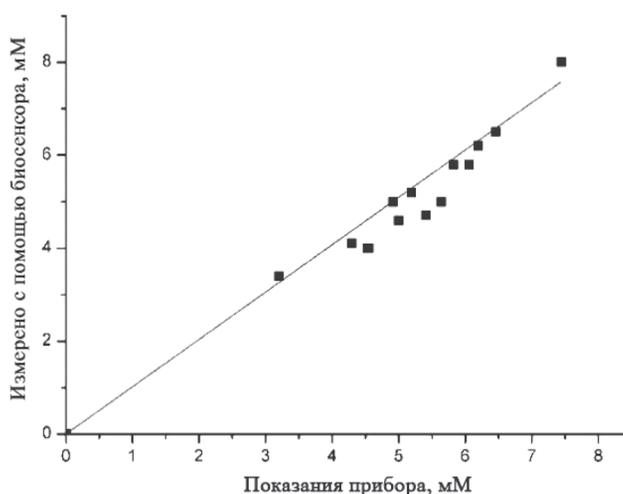
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
akorolev98@yandex.ru

Пациенты с диагнозом «сахарный диабет» нуждаются в постоянном контроле концентрации глюкозы в организме. Один из возможных подходов к неинвазивной диагностике основан на использовании экскреторных жидкостей, содержащих глюкозу в достаточной для измерения концентрации. Необходимым условием при этом является наличие корреляции концентрации глюкозы в исследуемой жидкости с ее концентрацией в крови. По нашим предположениям, этим условием может удовлетворять пот.

Биосенсоры, основанные на действии фермента глюкозооксидазы, часто используются для анализа крови. При их создании большое внимание уделяется методу иммобилизации фермента и выбору высокочувствительного и высокостабильного трансдьюсера.

В работе в качестве иммобилизующего реагента использовалась матрица на основе γ -аминопропилтриэтоксисилана [1], а в качестве трансдьюсера – берлинская лазурь – самый эффективный электрокатализатор восстановления пероксида водорода [2]. Стабилизация покрытия катализатора осуществлялась за счёт нанесения плёнки гексацианоферрата никеля поверх слоя трансдьюсера.

В результате разработан биосенсор на основе стабилизированной гексацианоферратом никеля берлинской лазури и иммобилизованной в мембрану поли(γ -аминопропилтриэтоксисилана) глюкозооксидазы, характеризующийся высокой чувствительностью и операционной стабильностью, и широким диапазоном определяемых содержаний. Правильность результатов определения концентрации глюкозы в крови подтверждали при помощи независимого метода сравнения (анализатор глюкозы Eco-Basic), коэффициент корреляции Пирсона двух методов составил 0.92 (данные представлены на рисунке).



Также показана корреляция между изменениями концентрации глюкозы в капиллярной крови и поте, что открывает перспективу использования пота в неинвазивной диагностике сахарного диабета. Коэффициент корреляции Пирсона для этих величин составил 0.96.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Karyakin. *Anal. Chem.* **1995**, *67*, 2419.
2. E. Yashina E. *Anal. Chem.* **2010**, *82*, 1601.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ *p*-*n*-ПРОПИЛОКСИКОРИЧНОЙ КИСЛОТЫ И НЕМЕЗОГЕНОВ ТИПА Ph–X–Ph

Студент 4 курса Лебедев И.С.

Руководитель профессор, д.х.н. Гиричева Н.И.

*Ивановский государственный университет, биолого-химический факультет
lebedevivan22091997@yandex.ru*

В настоящее время интерес многих научных групп прикован к созданию, исследованию и применению наноматериалов второго поколения, образующихся при самоорганизации наночастиц в результате специфических взаимодействий, таких как межмолекулярная водородная связь (ВС). Подобные материалы являются альтернативой твердым наноструктурированным материалам, поскольку для них возможны такие способы самоорганизации, которые не реализуются в твердых материалах. Межмолекулярная ВС может возникать в системах, состоящих из замещенных ароматических карбоновых кислот или системах на их основе.

В данной работе рассмотрены системы «мезоген – немезоген», в которых в качестве мезогена выступает *p*-*n*-пропилоксикоричная кислота (А), а в качестве немезогенов – соединения типа Ph–X–Ph: фенилбензоат (В), азобензол (С) и *N*-бензилиденанилин (D). В них два фенильных фрагмента соединены между собой функциональной группой – X (–COO–, –N=N–, –CH=N–), атомы которой могут выступать акцепторами протона, и, тем самым, образовывать H-комплексы с *p*-*n*-пропилоксикоричной кислотой типа А···X(Ph)₂ (прим. рис. 1).

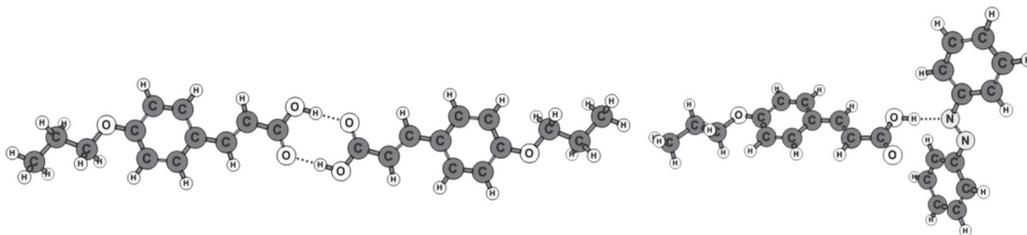


Рис. 1. Димер кислоты А···А (слева) и H-комплекс состава А···X.

Для определения структурной организации в рассматриваемых системах было использовано сочетание теоретических (квантово-химические расчеты) и экспериментальных (ИК спектроскопия) методов.

Квантово-химические расчёты (DFT B97D/6–311++G** программа Gaussian09) показали, что все потенциальные H-комплексы состава А···X(Ph)₂ не обладают электронной и геометрической анизотропией и имеют меньшую энергию межмолекулярного взаимодействия, чем циклический димер кислоты А···А. Рассчитанные величины энергии Гиббса реакций комплексообразования также свидетельствуют о малой вероятности образования H-комплексов типа А···X(Ph)₂.

На основании анализа результатов квантово-химических расчетов сделано предположение, что молекулы немезогенов Ph–X–Ph могут встраиваться между циклическими димерами кислоты А···А и способствовать уменьшению межмолекулярных взаимодействий в системе, которое, как правило, приводит к понижению температуры перехода в мезофазу.

Предполагаемая структурная организация систем А: Ph–X–Ph подтверждается экспериментальным ИК спектром.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ (грант 4.7121.2017/8.9).

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТОЙ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА

Студент 3 курса Мендеш П.С.

Руководитель к.х.н., доцент Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет
patrisia.mendesb@yandex.ru

Появление широкого круга энантиомерных препаратов и необходимость их контроля в процессе производства и медико-биологического применения требуют создания экспрессных, достаточно простых аналитических методов их идентификации на фоне оптически неактивных соединений [1, 2]. Целью данной работы является создание хирального вольтамперометрического сенсора на основе модифицированного циануровой кислотой (ЦК) пастового электрода из графитированной сажи (ГПЭ) для распознавания и вольтамперометрического определения энантиомеров тирозина. Предложенная платформа состоит из хиральных супрамолекул ЦК, образующихся при самоорганизации ее ахиральных молекул на поверхности частиц Carboblack С. ГПЭ получали смешиванием порошка Carboblack С, модифицированного ЦК, с парафиновым маслом. Такие сенсоры проявляют различную чувствительность к энантиомерам тирозина. Условия модифицирования Carboblack С циануровой кислотой были оптимизированы с помощью циклической вольтамперометрии (ЦВ), электрохимической импедансной спектроскопии (ЭИС), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и поляриметрии.

Методом дифференциально-импульсной вольтамперометрии (ДИВ) изучены электрохимические характеристики сенсора и условия регистрации вольтамперограмм. Показано, что оптимальными условиями для проведения электрохимического анализа тирозина на предложенном сенсоре являются скорость развертки потенциалов 20 мВ/с, время накопления 30 с, рН исследуемого раствора ~ 2 (универсальная буферная смесь Бриттона-Робинсона). Определено, что лимитирующей стадией электродных процессов является преимущественно диффузия. Оценены аналитические характеристики сенсора: линейный диапазон определяемых концентраций от 16 мкМ до 1.0 мМ, предел обнаружения 4×10^{-6} М. Показано, что из-за стерических различий между энантиомерами тирозина и нанополостями супрамолекул циануровой кислоты сенсор предпочтительно распознает D-тирозин. Предложенный сенсор успешно апробирован для распознавания и определения L- и D-энантиомеров тирозина в смеси, и является эффективной хиральной платформой для распознавания энантиомеров в биологических жидкостях. Ошибка определения L-тирозина в моче не превышает 4 %, а в плазме 6 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. R.A. Zilberg, A.V. Sidel'nikov, V.N. Maistrenko, Y.A. Yarkaeva, E.M. Khamitov, V.M. Kornilov, E.I. Maksutova. *Electroanalysis*. 2018. 30. 619.
2. A.V. Sidel'nikov, V.N. Maistrenko, R.A. Zil'berg, Y.A. Yarkaeva, E.M. Khamitov. *J. Anal. Chem.* 2017. 72. 575.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРССНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ С УЧАСТИЕМ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ МИКРОЭМУЛЬСИОННОЙ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОХ ХРОМАТОГРАФИИ

Студент 4 курса Москвичев Д.О.

Руководитель д.х.н., профессор Карцова А.А.
Санкт-Петербургский государственный университет
nordquet@mail.ru

Одной из важнейших задач медицинской диагностики является определение биохимических маркеров различных заболеваний и их метаболитов. Однако, метод капиллярного электрофореза, получивший широкое распространение для определения как нейтральных, так и ионных аналитов, для следового анализа биологически активных веществ имеет ряд ограничений. Основные проблемы: сложная матрица реальных объектов и низкие концентрации биологически-активных веществ. Необходимы поиски путей повышения селективности разделения аналитов и снижения пределов обнаружения с применением различных вариантов концентрирования. Перспективными в этом направлении являются методы мицеллярной и микроэмульсионной электрокинетической хроматографии (МЭКХ и МЭЭКХ), основанные на сочетании электрофоретического и хроматографического механизмов разделения. Представляет большой интерес выявление возможностей ионных жидкостей (ИЖ) различной природы в качестве модификаторов электрофоретической системы. Они могут выполнять роль мицелло- и микроэмульсионобразующего агента, а также «масла» в микроэмульсии типа «масло-в-воде».

В работе установлены аналитические возможности гидрофильных ИЖ на основе имидазола ($C_{12}MImCl$, $C_{16}MImCl$) как модификаторов и поверхностно-активных веществ для стабилизации микроэмульсии и гидрофобных ИЖ (C_6MImBF_4) в качестве «масла» в составе микроэмульсии при разделении стероидных гормонов в условиях МЭЭКХ. Определены факторы (концентрации ИЖ, природа и рН фонового электролита, соотношения компонентов микроэмульсии), влияющие на эффективность и селективность их разделения. Получены оценочные характеристики распределения аналитов между микроэмульсией и водной фазой методом мицеллярно-усиленной ультрафильтрации (*Micellar Enhanced Ultrafiltration (MEUF)*). Результаты сопоставлены с традиционно используемым катионным ПАВ – цетилтриметиламмоний бромидом. Выявлены возможности применения ИЖ для *on-line* концентрирования стероидов при их электрофоретическом определении методом МЭЭКХ. Предложена схема электрофоретического определения выбранных аналитов в биологических объектах (моча, сыворотка крови) с участием ионных жидкостей в МЭЭКХ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (16-03-00791-а и 17-03-01282-а).
Выражаем благодарность РОЦ по направлению химия Научного парка СПбГУ за предоставленное оборудование.*

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПОДЛОЖКИ И СПОСОБОВ ИММОБИЛИЗАЦИИ НА АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ РЕДЬКИ ЧЕРНОЙ

Студентка 4 курса Прошина И.В.

Руководитель доцент Вяткина О.В.

*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
irina.proshina.00@mail.ru*

Пероксидаза – фермент, который обладает высокой специфичностью по субстрату-окислителю, широким спектром биологической, в том числе антиоксидантной активностью. Однако нативная пероксидаза имеет ряд недостатков, а именно: высокую чувствительность к внешним факторам (температуре, кислотности среды), неустойчивость при хранении. Одним из способов повышения активности и устойчивости растительных пероксидаз является их иммобилизация на водонерастворимых подложках [1]. Поэтому целью работы является исследование влияния природы подложки и способов иммобилизации на каталитическую активность пероксидазы редьки черной.

В качестве подложки были использованы силикагель, осажденный при $pH=2$ и $pH=10$, а также желатин. Иммобилизацию проводили методом физической сорбции, методом включения в поры геля и золь-гель методом.

Актуальность выбранной темы заключается в использовании фермента, полученного из дешевого сырья – редьки черной, в возможности варьировать активность фермента, используя разные подложки и способы иммобилизации на них.

Результаты исследований: были установлены механизмы связывания фермента на разных подложках; определены кинетические параметры пероксидазного окисления субстратов в системах с иммобилизованной пероксидазой и активность ферментных препаратов; определены условия для устойчивости при хранении полученных ферментных препаратов. При иммобилизации на силикагелях разными способами механизм связывания фермента с носителем имеет физический характер, сорбция протекает обратимо, катализ с участием ферментного препарата происходит гомогенный. Иммобилизация пероксидазы на исследованных подложках увеличивает её активность в реакции окисления гидрохинона, по сравнению с нативной.

Практическая ценность проведенных исследований заключается в том, что иммобилизованный фермент обладает термостабильностью, которая обуславливает возможность его широкого применения в различных схемах водоочистки [2], перспективности использования препарата в качестве каталитически активного материала в различных видах аналитических тест-систем, в частности биосенсоров [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Веселова. *Прикл. биохим. и микробио.* **2009**, 45, 2.
2. M. Singh. *Biochem. and Biotechnol: Int. J. for Rapid Commun.* **2002**, 32, 2.
3. С. С. Каманин. *Изв. Тул. гос. универ. Ест. науки.* **2012**, 2.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИОНОСЕЛЕКТИВНЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ БИПИРИДИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗОЛОТА (I)

Студент 3 курса Руденко И.В.

Руководитель доцент Пешкова М.А.

Санкт-Петербургский государственный университет
rudenkoilya706@gmail.com

Оптоды – это оптические химические датчики, которые реагируют на активность аналита в растворе, изменяя свои оптические свойства. Они миниатюрны и просты в использовании, не требуют электропитания и проводного контакта с прибором. Их отклик определяется селективным комплексообразованием ионного аналита с активным компонентом (люминофором), происходящим внутри фазы оптода. Поиск новых, более селективных люминофоров, достаточно гидрофобных, чтобы не загрязнять измеряемые образцы, и совместимых с полимерной сенсорной фазой, представляет собой актуальную задачу [1, 2].

В нашей работе представлены результаты исследования новых комплексов Au (I) как перспективных люминофоров для полимерных пластифицированных оптодов. Комплексы были синтезированы в лаборатории кластерных соединений СПбГУ. Они сочетают в себе люминесцентный металлоорганический фрагмент и ионоселективную часть (фенилпиридиновые кольца, рис. 1а,б). Комплексы золота I и II были иммобилизованы в гидрофобной полимерной матрице из поли(винилхлорида), при этом удалось успешно преодолеть основную проблему использования таких соединений в сложной матрице: тушение люминесценции (рис. 1а).

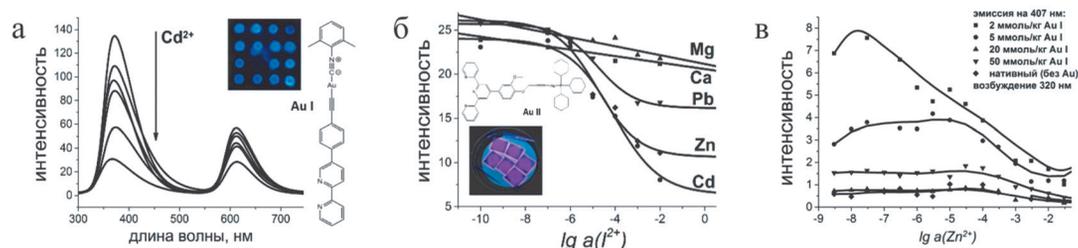


Рис. 1. Зависимость люминесценции оптодов на основе комплексов золота (I) от:

- длины волны и концентрации контактирующего раствора CdCl_2 ;
- от активности ионов различных металлов в контактирующем растворе;
- от содержания люминесцентного комплекса в фазе сенсора

Изучен отклик оптодов, содержащих комплексы золота, на активность ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} в растворе (рис. 1б). Наибольшая чувствительность наблюдалась к катионам Cd^{2+} и Zn^{2+} . Оказалось, что максимальная чувствительность к цинку достигается при минимальной концентрации нового люминофора (2 ммоль/кг), рис. 1в.

В результате работы была продемонстрирована работоспособность новых металлоорганических комплексов Au (I) для создания полимерных люминесцентных сенсоров, разработаны перспективные датчики для определения ионных форм цинка и кадмия в растворах, оптимизирован состав сенсоров для определения цинка в диапазоне 10^{-2} – 10^{-8} М.

ЛИТЕРАТУРА

- D. Wencel, T. Abel, C. McDonagh. *Anal. Chem.*, **2014**, *86*, 15.
- К.Н. Михельсон, М.А. Пешкова. *Успехи химии*, **2015**, *84*, 555.

ГИДРОФОБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ *d*- И *f*-ЭЛЕМЕНТОВ

Студент 3 курса Рябов Д.Д.

Руководитель д.х.н., доцент, и.о. профессора Голубина Е.Н.
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
ksourdes@gmail.com

Области применения функциональных наноматериалов многообразны. Среди основных направлений развития нанотехнологии можно отметить: инженерию, электронику, оптику, катализ, материаловедение и медицину. Возможность применения функциональных материалов обусловлена их уникальными свойствами, которые определяются, прежде всего, размерными эффектами.

В настоящем сообщении представлены результаты исследования смачивающей способности наноматериала, извлеченного из межфазного слоя системы водный раствор соли *d*- или *f*-элемента – раствор ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты (Д2ЭГФК) в органическом растворителе.

Синтез материала основан на протекании химической реакции между катионом металла и Д2ЭГФК. Образующийся ди-(2-этилгексил)фосфат металла не растворим ни в водной, ни в органической фазе и способен накапливаться в межфазной области. Извлечение наноматериала из межфазного слоя, проводили методом схожим с методом получения пленок Ленгмюра-Блоджетт. Извлеченный материал, адгезированный на поверхности пластинки, высушивания на воздухе и определяли краевой угол смачивания. Для этого на поверхность материала наносили каплю бидистиллата (одинакового объема) и с помощью катетометра измеряли диаметр (*d*) и высоту капли (*h*). Краевой угол смачивания (Θ) рассчитывали по уравнению

$$\cos \Theta = \frac{(d/2)^2 - h^2}{(d/2)^2 + h^2}$$

Материалы на основе *d*-элементов, адгезированный на стеклянную пластинку, проявляет гидрофильные свойства во всем исследованном диапазоне времен слегка гидрофобилизируясь во времени. В случае же материала на основе *f*-элементов удастся получить гидрофобные и супергидрофобные покрытия. Различие в смачивающей способности *d*- и *f*-элементов объясняется различным содержанием воды в составе материала и более низкой долей кристалличности. Это подтверждается данными рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии и атомно-силовой микроскопии.

При переходе от гексана к декану в ряду разбавителей Д2ЭГФК гидрофобность модифицированной поверхности увеличивается, однако уменьшается адгезионная способность материала и равномерность покрытия. Увеличение начальной концентрации металла в системе приводит к повышению гидрофобности материала, что обусловлено более высоким накоплением ди-(2-этилгексил)фосфата металла в межфазном слое. Избыточное по сравнению со стехиометрическим количество Д2ЭГФК в системе приводит к понижению накопления ди-(2-этилгексил)фосфата металла в межфазном слое, что приводит к повышению гидрофильности материала.

Проведены эксперименты по сохранению гидрофобных свойств покрытия. Алюминиевый провод, покрытый материалом, сохраняет свои гидрофобные свойства в период сильных морозов, но уменьшается в период сильных дождей.

Таким образом, материал межфазных образований обладает гидрофобными свойствами и позволяет, будучи нанесенным в виде тонкой пленки модифицировать поверхность, придавая ей водоотталкивающие свойства.

ПЕРКОЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЖИДКОСТНОЙ ИОННОЙ НАНОФИЛЬТРАЦИИ

Студент 3 курса Сизов Г.Н.

Руководители аспирант Берекчиян М. В; м.н.с., к.х.н. Петухов Д.И.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
sizov_george@mail.ru

Важной задачей химии и химической технологии является изучение диффузии ионов через различные нанопористые материалы. Наиболее общеупотребительным способом теоретического описания диффузии является модель линейной неравновесной термодинамики, частными случаями которой являются первый и второй закон Фика. Однако на данный момент нет возможности теоретически предсказать численные значения транспортных коэффициентов без использования эмпирических данных. Эффективная жидкостная фильтрация через пористый материал возможна только, если поры материала связывают различные стороны поверхности мембраны. Если поры расположены в материале неупорядоченно, то при уменьшении общего объема пор связность между отдельными частями, очевидно, теряется. Явления потери связности и прекращения диффузии могут быть изучены с помощью теории перколяций. Она дает возможность единообразно описывать все процессы диффузии вблизи критической точки. Основным результатом теории перколяций является степенной закон, описывающий зависимость транспортного коэффициента D (например, коэффициента диффузии или проводимости) от параметра, выражающего связность пор в пористой среде x вблизи точки потери связности x_c :

$$D \sim (x - x_c)^t \quad (1)$$

В данной работе предлагается перколяционная модель диффузии ионов через нанопористые мембраны. Новизна работы состоит в предположении, что связность нанопористого материала для отдельных сортов ионов определяется не только эффективным размером пор, но и структурой плотной части двойного электрического слоя (ДЭС). Упорядоченность расположения ионов в ДЭС приводит к увеличению значения потенциала в отдельных областях, вследствие чего возникают области раствора, в которых потенциал слишком велик, чтобы туда проникали свободные ионы. В результате движение ионов можно рассматривать как движение в «лабиринте» областей, ограниченных эквипотенциальными линиями. В качестве макроскопической величины, выражающей связность, предполагается выбрать мембранный потенциал. Целью данной работы является экспериментальное обнаружение явления потери связности мембраны из-за структуры ДЭС и экспериментальная проверка степенного закона между эффективным коэффициентом диффузии и мембранным потенциалом:

$$D_e \sim (\Delta\Phi - \Delta\Phi_c)^t \quad (2)$$

В качестве модельного объекта нанопористой среды были выбраны мембраны анодного оксида алюминия из-за высокой плотности заряда на их поверхности, а также из-за широких возможностей контроля параметров структуры и высокоупорядоченного расположения пор в объеме мембраны. Для изучения ионного транспорта использовали растворы RbBr и BaBr_2 (концентрации от 0,001 М до 0,1 М) при $3 \leq \text{pH} \leq 9$.

Установлено, что в условиях, когда плотная часть ДЭС по толщине сопоставима с диаметром пор жидкостная нанофильтрация описывается теорией перколяций:

1. Экспериментально наблюдалось критическое значение $\text{pH}=5$ для диффузии Ba^{2+} при котором структура ДЭС теряет связность. Для всех значений pH меньше 5 коэффициент диффузии пренебрежимо мал.
2. Эффективный коэффициент диффузии имеет степенную зависимость от мембранного потенциала и pH вблизи критических значений.

СТАНДАРТНЫЕ ЭНТАЛЬПИИ РАСТВОРЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЛИГАНДОВ

Студентка 4 курса Смирнова Д.К.

Руководитель профессор Лыткин А.И., к.х.н. Крутова О.Н.
Ивановский государственный химико-технологический университет
kdvkonkpd@yandex

Изучение природы взаимодействий в растворах биомолекул и их модельных соединений является актуальной задачей, так как особенности сольватации (гидратации) простых структурных элементов (аминокислот и олигопептидов) во многом определяют сольватацию и биологическую активность более сложных биосистем [1].

В настоящей работе определены энтальпии растворения ряда аминокислот и дипептидов в воде и в растворах КОН в широком интервале рН при 298,15 К прямым калориметрическим методом. Рассчитаны стандартные энтальпии образования биоллигандов и продуктов их диссоциации в водном растворе. Накопление экспериментальных данных по термодинамике модельных соединений позволит установить и выявить общие закономерности в их физико-химических свойствах, лежащих в основе теоретических методов расчета $\Delta_f H$ и $\Delta_c H$. Для расчета стандартных энтальпий образования аминокислот и дипептидов был выбран метод изодесмических реакций [2]. Все квантово-химические расчеты производились в программном пакете «PC Gamess v.12»

Эти исследования позволят решить проблему, связанную с трудностью определения термодинамических характеристик растворения и образования белковых систем и полимеров, связанные через аминокислотные остатки. Без знания термодинамических характеристик невозможно обсуждение деталей организации более сложных систем, механизма их образования и стабилизации их структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологически активные вещества в растворах. Структура термодинамика реакционная способность. Редактор Кутепов А. М. М.: Наука, 2001. С. 184.
2. Дорофеева О.В. Развитие и применение методов расчета термодинамических свойств газообразных соединений: дис. докт. хим. наук: 02.00.04 / – Москва, 2008. 318 с.

НЕИНВАЗИВНЫЙ МОНИТОР ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В ПОТЕ

Студент 3 курса Тихонов Д.В.

Руководитель аспирант Карпова Е.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
tihonov.dv98@gmail.com

Определение уровня глюкозы в крови непосредственно связано с повреждением кровеносных сосудов и кожных покровов, а также возможностью заражения. Этим недостатком лишены неинвазивные методы анализа. Среди наиболее многообещающих экскреторных жидкостей можно выделить пот. Однако определение концентраций глюкозы в поте подразумевает возможность измерения достаточно малых концентраций (от 10 мкМ), что требует увеличения отношения сигнал-шум. Для достижения этой цели измерения проводились в режиме генерации мощности (преимущества которого были недавно показаны нашей научной группой [1]), т.к. он позволяет увеличить соотношение сигнал-шум в 5–10 раз.

В качестве датчика был подготовлен высокоэффективный биосенсор для определения концентрации глюкозы на основе берлинской лазури [2], наиболее высокоэффективного электрокатализатора восстановления пероксида водорода, со следующими характеристиками: диапазон определяемых концентраций от $5 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ М, коэффициент чувствительности: $0.041 \pm 0.004 \text{ А} \cdot \text{М}^{-1} \cdot \text{см}^2$.

В настоящей работе создана система непрерывного мониторинга глюкозы в поте, состоящая из коллектора пота, биосенсора и подключенного к нему амперметра (Рис.1). Аналитические характеристики разработанного монитора глюкозы: линейный диапазон определяемых концентраций 5 мкМ – 1 мМ, предел обнаружения $c_{\min} = 4,95 \text{ мкМ}$, чувствительность $S = 24 \pm 2 \text{ мА} \cdot \text{М}^{-1} \cdot \text{см}^2$ ($n = 3$, $P = 0,95$), сенсор стабилен в течение более 2 часов.



Рис. 1. Неинвазивный монитор

ЛИТЕРАТУРА

1. Komkova M.A., Karyakina E.E., Karyakin A.A. *Analytical Chemistry*. 2017, 89(12), 6290.
2. Karyakin A.A. *Current opinion in electrochemistry*. 2017, 5(1), 92.

АКТИВИРОВАННЫЕ УГЛИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ШЛАКОМ, В СОРБЦИОННОМ КОНЦЕНТРИРОВАНИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ТОКСИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Студент 3 курса Турарова Г.Б.

Руководители профессор Амерханова Ш.К., доцент Шляпов Р.М.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

amerkhanovashk@gmail.com

Активированные углеродные волокнистые материалы, отходы энергетической отрасли (золошлаки), первые из них составляют особую группу углеродных волокнистых материалов, вторые являются вторичным сырьем и характеризуются развитой пористостью, удельной поверхностью, сочетанием в одном материале высоких фильтрующих и сорбционных свойств. Поэтому высокую актуальность приобретают вопросы получения и изучения активных углей, в том числе, и из лесохимических отходов, а также использование вторичного сырья (отходов энергетической отрасли) в решении экологических задач [1]. В связи с этим целью работы является получение и исследование активированного угля из древесины хвойных пород отходов (сосна (*lat. Pinus sylvestris*)) для последующего применения в процессе сорбционного концентрирования хлор-, азот- и кислородсодержащих органических соединений, и ионов тяжелых металлов.

В качестве исходного сырья использовали измельченную массу ($d = 0,5-2$ мм), полученную на основе сухих остатков (шишек) хвойной древесины, влажность которого составляла 8 %, содержание летучих веществ 12,2 %. Модификацию сырья проводили путем пропитки ортофосфорной кислотой с последующей термической обработкой в области температур 300–600 °С. Для изучения структуры и свойств карбонизированного материала были использованы ИК-Фурье-спектроскопия, дериватография, рентгенофлуоресцентная спектроскопия, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия.

Исследованы структурные особенности продуктов, полученных в процессе карбонизации отходов хвойной древесины, модифицированной H_3PO_4 в присутствии добавки из металлургического шлака, после водной обработки. Показано, что в результате образуется пористый материал с сорбционной емкостью по йоду 90,17 %. Также выявлено, что полученные активные угли могут применяться при очистке вод от ионов Fe(III), Co(II), Ni(II) и органических токсикантов, таких как фенол, хлороформ, пиридин и анилин.

Результаты настоящего исследования демонстрируют перспективную возможность переработки отходов лесохимических производств совместно с техногенными энергетическими отходами и создание на их основе новых материалов, а именно высокоэффективного устойчивого, экологически дружелюбного сорбента, который может быть использован в обезвреживании производственных сточных вод от токсикантов неорганической и органической природы. Это может быть потенциальным инновационным решением вопроса техногенной (экологической) безопасности промышленных и урбанизированных центров, и создаст предпосылки для формирования зеленой экономики в развивающихся странах.

ЛИТЕРАТУРА

1. K.K. Singh, U. Singh, A. Yadav. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2011, 3(1), 338.

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ АПАТИТОВАЯ РУДА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АДсорбЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Студент 3 курса Турлыбай Г.Е.

Руководители профессор Амерханова Ш.К., доцент Шляпов Р.М.

Евразийский национальный университет Л.Н. Гумилева

amerkhanovashk@gmail.com

В настоящее время очистка промышленных сточных вод является актуальной экологической проблемой. Естественные и искусственные водоемы интенсивно загрязняются сбросами различных отраслей промышленности, остро ощущается недостаток чистой воды во многих крупных городах мира, т. к. промышленные стоки загрязняют не только поверхностные, но и подземные воды. К числу наиболее опасных загрязнителей окружающей среды относятся ионы тяжелых металлов (ТМ). Поэтому актуальность работы не вызывает сомнений.

Цель работы – оценка эффективности применения отечественной апатитовой руды в адсорбционной очистке на примере модельных и реальных сточных вод. В качестве сорбента был выбран рудный минерал – природная апатитовая руда с относительной влажностью 7 % и выходом летучих веществ 14 %, размер частиц 0,074 мм. Проведен рентгено-флуоресцентный и ИК-спектроскопический анализ руды. Показано, что в образце преобладают кремнезем, оксид кальция и фосфорный апатит, в форме фосфат- и силикат-ионов, которые могут служить потенциальными ионообменниками по отношению к ионам тяжелых металлов.

В связи с этим на основе апатитовой руды с добавлением тальковой руды в присутствии ПВС создан полимерный композит. Проведены исследования сорбционных характеристик образцов руды и композита (массой 1 г) на модельных растворах солей тяжелых металлов содержащих ионы Fe(III), Co(II), Ni(II) в статическом режиме, при варьировании pH среды (4–8), концентрации загрязнителя (20 до 100 мг/л.), температуры (298–318 К). Установлено, что величина сорбции ионов железа (III) обратно-пропорциональна показателю кислотности среды, в случае ионов Co (II) имеет место максимум при pH = 8, для ионов Ni (II) наблюдается минимум сорбционной способности в слабощелочной среде. Зависимости сорбционной способности руды от концентрации ионов металлов подчиняются уравнению Фрейндлиха, в частности для ионов Co(II) при T = 298 К, pH = 4, $K_{\text{сорб}} = 226,77$, для ионов Ni(II) в аналогичных условиях, $K_{\text{сорб}} = 162,06$, что обусловлено особенностями поведения гидратированных ионов металлов в растворах [1]. Далее проведена экспериментальная работа по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью сорбента. В качестве объектов очистки были использованы образцы сточной воды гальванического производства. Выявлено, что содержание токсичных компонентов в образце вод после контакта с адсорбентом на основе апатитовой руды в течение 2 часов при температуре 298 К и соотношении T:Ж = 1:10 снизилось в несколько раз. Показано, что полимер-минеральные композиты, созданные на основе апатитовой руды и ПВС, могут служить эффективными сорбентами для удаления тяжелых металлов из сточных вод. Подобранные экспериментальные условия адсорбционной очистки позволяют экологически дружелюбно и экономически эффективно достичь высокой степени очистки сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.В. Маслова, Л.Г. Герасимова, А.И. Николаев, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016, 4, 356.

МЕЗОМОРФНЫЕ СВОЙСТВА ВОДОРОДОСВЯЗАННЫХ КОМПЛЕКСОВ 4-*n*-АЛКИЛОКСИКОРИЧНЫХ КИСЛОТ С 4,4'-БИПИРИДИНОМ И 1,2-*бис*(4-ПИРИДИЛ)ЭТАНОМ

Студент 4 курса Филиппов И.А.

Руководители профессор Сырбу С.А., Федоров М.С.

Ивановский государственный университет

flippovivanim@yandex.ru

В данной работе приводятся результаты исследования мезоморфных свойств бинарных систем «4-*n*-алкилоксикоричная кислота – производное пиридина» состава 2:1 соответственно, их способности к самосборке в водородосвязанные комплексы, установление закономерностей влияния строения на мезоморфные свойства. Экспериментальные методы, использованные в работе: инфракрасная спектроскопия (ИКС), дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), поляризационная термомикроскопия (ПТМ).

Впервые получены экспериментальные данные о мезоморфных свойствах и процессах самосборки в системах на основе 4-*n*-алкилоксикоричных кислот (*n*-АОКК, где *n* = 2,3,7,8) с 4,4'-бипиридилом (БП) и 1,2-*бис*(4-пиридил)этаном (БПЭ) состава 2:1. (рис. 1).

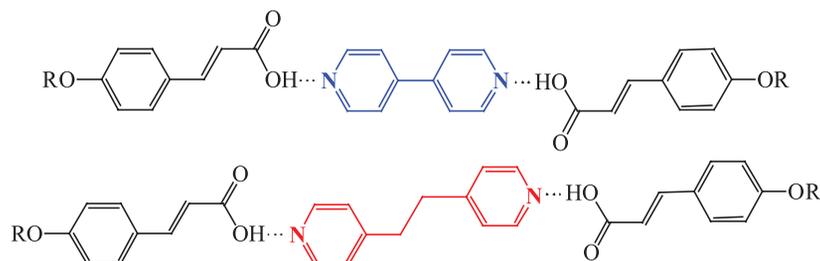


Рис. 1. Структурные формулы Н-комплексов, образующихся в исследуемых системах

Совместный анализ вида ДСК кривых и текстур в поляризационном микроскопе позволил выявить у всех исследуемых комплексов наличие мезофазы. Температурные интервалы существования мезофаз комплексов с молярным соотношением компонентов 2:1 следующие: **2-АОКК : БП** 156.0–183.0 °С; **2-АОКК : БПЭ** 163.4–171.4 °С; **3-АОКК : БП** 154.2–169.9 °С; **3-АОКК : БПЭ** 154.7–159.9 °С; **7-АОКК : БПЭ** 132.8–163.1 °С; **8-АОКК : БПЭ** 120.3–158.9 °С.

Совместный анализ полученных результатов с литературными данными [1] показал, что в системах *n*-АОКК и БП с увеличением числа атомов углерода в алкильном радикале сокращается температурный интервал существования нематической мезофазы. Полученная нами система на основе 2-АОКК обладает наиболее термостабильной и широкой нематической мезофазой. С ростом числа атомов углерода в алкильной цепи (*n*) термостабильность мезофазы в системах с БП уменьшается. Установлено, что наличие мостиковой группы $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$, делающей молекулу 1,2-*бис*(4-пиридил)этана менее структурно жесткой по сравнению с молекулой 4,4'-бипиридила, является причиной уменьшения температурного интервала существования нематической фазы и расширения температуры существования смектической фазы, образуемой его молекулярными комплексами, по сравнению с молекулярными комплексами 4,4'-бипиридила.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yoon-Sok Kang et al. *Liquid Crystals*. 2001, 28(5), 709.

ПОВЕРХНОСТНО МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФТОРИДЫ ТЕРБИЯ-ЕВРОПИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ТЕРМОМЕТРА

Студентка 3 курса Целых Л.О.

Руководители асп. Кожевникова В.Ю., к.х.н., с.н.с. Уточникова В.В.
 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
 lyuba.tselib@mail.ru

Люминесцентные термометры дают возможность бесконтактного измерения температуры в тканях живых организмов, поэтому их разработка является важной задачей в развитии биомедицинских исследований. Важное значение люминесцентная биовизуализация и термометрия имеют в развитии методов диагностики и терапии раковых заболеваний, где необходимы материалы с зависимостью регистрируемого сигнала от температуры в физиологическом диапазоне (35–45 °С). Благодаря таким свойствам, как узкие эмиссионные полосы, большой стоксов сдвиг, длительные времена жизни, постоянство полос люминесценции и высокая фотостабильность, материалы на основе лантанидов привлекают к себе большое внимание в этой области. При этом уже существующие органические или гибридные материалы обладают низкой чувствительностью или трудно детектируемым сигналом.

Соотношение полос люминесценции гетерометаллических соединений, содержащих ионы тербия и европия, зависят от температуры [1], а наночастицы фторидов лантанидов имеют подходящую морфологию и обладают узким распределением по размеру и не являются токсичными, что обеспечивает равномерное распределение в цитоплазме клеток. Благодаря поверхностному модифицированию фторидов можно увеличить яркость люминесценции ионов лантанидов за счёт большого поглощения. В качестве основы для создания клеточного термометра были выбраны биметаллические фториды тербия-европия, поверхностно модифицированные органическим лигандом (L@Tb_xEu_{1-x}F₃, L = bz⁻ – бензоат- и tph²⁻ – терефталат-анион, x = 0.0005, 0.001, 0.004 и 0.01).

Немодифицированные и модифицированные фториды обладают узкими полосами люминесценции как иона Tb³⁺, так и Eu³⁺, однако при доле европия 0.01 эти соединения проявляют интенсивную люминесценцию преимущественно европия, а при уменьшении доли до 0.001 интенсивности люминесценции тербия и европия становятся сопоставимым, что позволяет использовать отношение интенсивностей двух металлов (LIR, 1), как параметр для расчета чувствительности (S, 2).

$$LIR = \frac{I(Tb)}{I(Eu)} \quad (1)$$

$$S = \frac{1}{LIR} \cdot \left| \frac{\partial LIR}{\partial T} \right| \quad (2)$$

Поверхностное модифицирование лигандом не влияет на соотношение полос люминесценции, лиганд не участвует в процессах, зависящих от температуры, так как его доля на поверхности частиц очень мала. Однако поверхностное модифицирование терефталат-анионом позволяет увеличить квантовый выход люминесценции в 10 раз.

Наибольшей чувствительностью обладает tph@Tb_{0.999}Eu_{0.001}F₃ и имеет линейно зависимую от температуры чувствительность как в области низких температур (77–293 К), так и в физиологическом диапазоне (305–330 К), что позволяет использовать такую систему в качестве термометра для живых клеток. Максимальное значение температурной чувствительности составляет 0.50 %·K⁻¹, а при температуре 313 К (40 °С) чувствительность составляет 0.35 %·K⁻¹. Кроме того, tph@Tb_{0.999}Eu_{0.001}F₃ демонстрирует яркую ионную люминесценцию как тербия, так и европия внутри клеток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Y. Cui, R. Song et al. *Adv. Mater.* **2015**, *27*, 1420.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ОКСОФОСФОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДИПИРРИНОВ МЕТОДАМИ КВАНТОВОЙ ХИМИИ

Студент 3 курса Шагурин А.Ю.

Руководители к.х.н. Марфин Ю.С., м.н.с. Усольцев С.Д.

Ивановский государственный химико-технологический университет

Shagurin.A.Y@gmail.com

Люминесцентные красители имеют большое значение в современной науке и технологии. В частности, они используются в клеточной биологии и медицине, для специфичной визуализации биологических мишеней и органелл, визуализации локальных параметров субстрата, генерации синглетного кислорода и т.д.

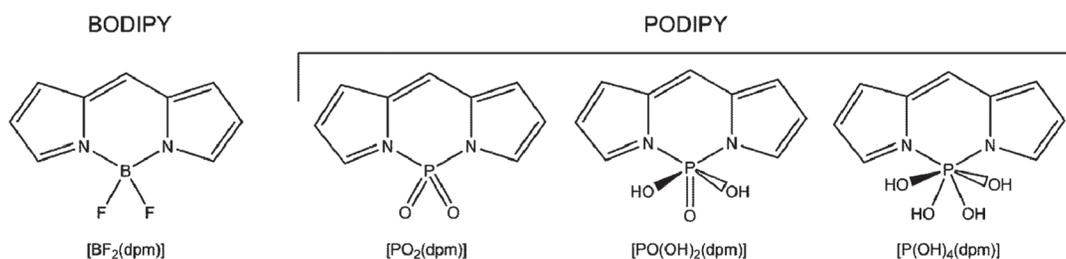
Недавно полученные оксофосфорные комплексы дипиррина (PODIPY) являются новым перспективным классом координационных соединений олигопирролов. PODIPY обладают узкими пиками поглощения и испускания, высоким квантовым выходом флуоресценции и коэффициентом молярной экстинкции. Кроме того, простота синтетической модификации дипиррольного лиганда позволяет направленно получать структуры со специфическим откликом на микро- и макроскопические параметры среды. От своего ближайшего аналога, бор-фторидного комплекса дипирролиметена, PODIPY отличается повышенной растворимостью в полярных средах с сохранением практически полезных спектрально-люминесцентных характеристик. Всё это делает новые комплексы фосфора очень привлекательными флуорофорами для молекулярной сенсорики в биологических системах.

Важной особенностью гетеролигандных оксокомплексов фосфора с полидентатными гетероциклическими лигандами является тенденция к изменению координационного окружения центрального атома при вариации параметров среды. Хотя данный факт хорошо изучен для фталоцианинов, корролазинов и других тетрадентатных комплексов фосфора, попытки изучения координационного окружения в молекуле PODIPY до сих пор не предпринимались.

В данной работе методами квантовой химии (в приближении HF, DFT, TD-DFT и MP2) были изучены геометрические и энергетические свойства PODIPY с различным координационным окружением фосфора. Все результаты были верифицированы по отношению к данным, полученным для хорошо изученной незамещённой структуры бор-фторидного комплекса дипирролиметена. Особое внимание уделено различным подходам к моделированию спектроскопических характеристик при изучении ряда близких по структуре соединений.

Изучение молекулярных свойств показало близость борфторидных и тетра/гекса координированных оксофосфорных дипирринов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 17-73-10408). Авторы выражают благодарность МСЦ РАН за предоставление вычислительных ресурсов.



**НОМИНАЦИЯ II
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ
ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**



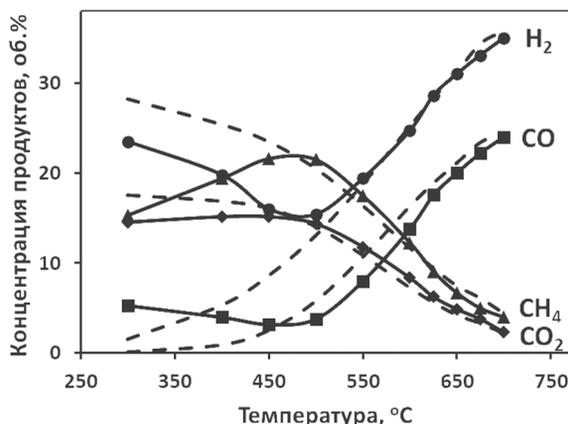
**СЕКЦИЯ «ОБЩАЯ
ХИМИЧЕСКАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ, ОСНОВНОЙ
И НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ
СИНТЕЗ»**

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ Pt-, Ru- И Rh-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ, НАНЕСЕННЫХ НА $\text{Ce}_{0.75}\text{Zr}_{0.25}\text{O}_2$, В РЕАКЦИИ ПАРЦИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА В СИНТЕЗ-ГАЗ

Студент 5 курса Ахметов Н.О.

Руководитель профессор Собынин В.А.
Новосибирский государственный университет
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН
akhmetov_n_o@catalysis.ru

В настоящее время энергоустановки на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) рассматриваются как альтернативные и экологически чистые источники электрической энергии. Топливом для таких устройств является синтез-газ, который может быть получен при помощи каталитической конверсии диметилового эфира (ДМЭ). ДМЭ является синтетическим весьма перспективным топливом. Он коррозионно инертен и нетоксичен, легко хранится и транспортируется [1]. Получение синтез-газа парциальным окислением (ПО) ДМЭ имеет ряд преимуществ по сравнению с паровой конверсией – оно обеспечивает водонезависимость и возможность быстрого запуска энергоустановок на основе ТОТЭ.



Целью данной работы является исследование свойств нанесенных на $\text{Ce}_{0.75}\text{Zr}_{0.25}\text{O}_2$ (CZ) Pt-, Ru- и Rh-содержащих катализаторов в реакции ПО ДМЭ в синтез-газ. Реакцию изучали в проточном реакторе в интервале температур 300–650 °C при атмосферном давлении и составе реакционной смеси ДМЭ:O₂:N₂ = 30:15:55 (об. %). Показано, что наиболее эффективно реакция ПО ДМЭ в синтез-газ протекает на Pt/CZ.

Температурная зависимость концентраций продуктов при протекании ПО ДМЭ на Pt/CZ. Состав смеси (об.%): ДМЭ:O₂:N₂ = 30:15:55. P = 1 атм. Скорость потока: 10000 ч⁻¹

Видно (рисунок), что на этом катализаторе концентрации продуктов реакции (точки и сплошные линии) достигают своих равновесных значений (пунктирные линии) при T ~ 500 °C. Конверсия ДМЭ и O₂ при этом составляла ~100 %. На основании полученных данных обсуждается возможность разработки компактного реактора получения синтез-газа из ДМЭ для питания энергоустановок на основе ТОТЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. T. Ogawa, N. Inoue, T. Shikada, Y. Ohno, *Natural. Gas. Chem.* **2003**, *12*, 219–227.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО СИНТЕЗА АЛЛИЛНОРБОРНЕНА

Студент 6 курса Безденежных В.А.

Руководитель д.х.н, профессор Флид В.Р.
МИРЭА – Российский технологический университет
bezden.va@gmail.com

Соединения на основе норборнадиена (НБД) применяются в полимерной промышленности для получения различных материалов, в частности, полинорборненов с уникальными свойствами и синтетических каучуков СКЭПТ (синтетический каучук этилен-пропиленовый тройной) [1, 2]. Чрезвычайно привлекательным для синтеза новых соединений из норборнена (НБН) и НБД-производных является использование металлокомплексных катализаторов. Принципы и методы металлокомплексного катализа применительно к НБН, НБД и их производным, детальное изучение механизмов реакций, позволяют направленно воздействовать на строение и состав регио- и стереоизомеров и увеличивают ассортимент соединений этого уникального класса, позволяют сделать их производство технологичным и экономически оправданным [3–5].

Целью работы является разработка новых селективных палладиевых каталитических систем с азотсодержащими лигандами, а также осуществление их скрининга для селективного получения аллилнорборнена – перспективного мономера для производства каучуков СКЭПТ, потенциально позволяющего широко варьировать технические свойства полимерных материалов.

В ходе исследования разработаны новые палладиевые системы с азотсодержащими лигандами. Показано, что эти системы проявляют высокую каталитическую активность при комнатной температуре и в присутствии кислорода. Осуществлен скрининг полученных катализаторов в реакции аллирования НБД. Подобраны условия для осуществления высокоселективных (близких к 100 %) синтезов. Этот факт чрезвычайно важен для практического использования аллилнорборнена в качестве мономера, так как не требуется его дополнительная очистка и разделение с близкими по составу побочными продуктами. Полученные катализаторы могут быть легко регенерированы, при этом они длительное время сохраняют каталитическую активность.

ЛИТЕРАТУРА

1. F. Aida, H. Sone, R. Ogawa, T. Hamaoka, I. Shimizu. *Chem. Lett.* **2015**, *44*, 715.
2. B. Wang, K. Mireles, M. Rock, Yu. Li, V.K. Thakur, D. Gao, M.R. Kessler. *Macromol. Chem. Phys.* **2016**, *217*, 871.
3. V.R. Flid, S.A. Durakov, T.A. Morozova. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2016**, *11*, 2639.
4. M.S. Yoon, M. Santra, K.H. Ahn. *Tetrahedron Lett.* **2015**, *56*, 5573.
5. V.R. Flid, S.A. Durakov. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2018**, *3*, 469.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА СОРБЦИЮ ИОНОВ Fe(II)

Студент 2 курса магистратуры Дзюбина А.А.

Руководитель профессор Никифорова Т.Е.

Ивановский государственный химико-технологический университет

kent4_95@mail.ru

В настоящее время особый интерес вызывает возможность использования возобновляемого сырья в производстве материалов и продуктов, предназначенных для решения проблем, связанных с техногенным загрязнением водных сред ионами различных тяжелых металлов.

В последние годы большое значение уделяется использованию целлюлозных материалов в качестве сорбентов ионов тяжелых металлов. Данные материалы имеют более низкую стоимость, доступны и просты по способам утилизации, обладают достаточно высокими сорбционными характеристиками и являются экологически безопасными.

Целью данной работы является модифицирование хлопкового волокна для получения целлюлозосодержащего сорбента, обладающего высокими сорбционными характеристиками для эффективной очистки водных сред от ионов тяжелых металлов.

Был разработан способ получения сорбента на основе хлопкового волокна путем его окисления метаперйодатом натрия и последующего модифицирования полученной диальдегидцеллюлозы аминокислотой глицин. Получение диальдегидцеллюлозы (ДАЦ) подробно описано в работах [1, 2]. Обработка ДАЦ глицином была выполнена при следующих условиях: температура 40–45 °С, рН 7–10, время 45–60 мин, при непрерывном перемешивании.

Для установления времени достижения сорбционного равновесия были сняты кинетические кривые сорбции ионов металла из водного раствора сульфата железа нативной и модифицированной целлюлозой (ДАЦ-глицин). Обнаружено, что время достижения сорбционного равновесия в гетерогенной системе «водный раствор FeSO₄ – модифицированный сорбент» сократилось и составило 15 минут. При этом степень извлечения ионов тяжелых металлов для ДАЦ-глицин возросла по сравнению с исходным образцом с 42,5 % до 65 %. Для определения предельной сорбционной емкости (A_{∞}) диальдегидцеллюлозы, модифицированной глицином, в гетерогенной системе водный раствор – сорбент была получена изотерма сорбции ионов Fe(II) из водного раствора FeSO₄ при 293 К. При сравнении значений A_{∞} для нативной и модифицированной целлюлоз, которые составили 0,5 моль/кг и 1,25 моль/кг соответственно, можно сделать вывод о том, что модификация ДАЦ глицином привела к заметным изменениям целлюлозы и появлению в ее структуре новых сорбционно активных СОО- групп. Для подтверждения произошедших изменений приведены ИК- спектры, которые показали, что в результате модифицирования происходит увеличение содержания карбоксильных групп в структуре волокон.

Таким образом, модифицированный сорбент обладает хорошими равновесно-кинетическими характеристиками и может быть использован для очистки воды от ионов тяжелых металлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т.Е. Никифорова, В.А. Козлов. *ЖОХ*, **2011**, 81(10), 1683–1689.
2. Т.Е. Никифорова, В.А. Козлов. *Физикохимия поверхности и защита материалов*, **2012**, 48(6), 527–534.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ПРОЦЕССАХ РЕГЕНЕРАЦИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ

Студент 2 курса магистратуры Единов А.Ю.

Студент 1 курса магистратуры Сангмамадов М.А.

Руководитель д.х.н. Тарасов А.В.

*Ярославский государственный технический университет
edinov1995@mail.ru*

На промышленных установках депарафинизации масла и обезмасливания парафинов широко применяют растворитель, состоящий из метилэтилкетона (МЭК) и толуола. В связи с достаточно высокой растворимостью воды в МЭК, циркулирующей в системе установки, растворитель может содержать значительное ее количество. Использование влажных кетон-толуольных растворителей снижает технико-экономическую эффективность процесса депарафинизации и обезмасливания, уменьшает производительность установки и отборы депарафинированных масел. Предприятия отрасли активно ищут наиболее эффективные технологии осушки растворителя, правда эта информация публикуется крайне редко и часто является коммерческой тайной. Современные расчетные программные пакеты (Aspen HYSIS, KBC Petro-SIM и др.) для расчетов и моделирования технологических процессов (включая регенерацию растворителя в процессе депарафинизации масел и обезмасливания парафинов) являются коммерческими и для студенческих работ недоступны. Целью работы является решение задачи моделирования фазового равновесия жидкость – жидкость, путем создания удобного в использовании программного продукта для расчетов процессов разделения в многокомпонентной системе МЭК – толуол – вода. При моделировании и расчете процесса регенерации растворителя депарафинизации необходимы данные о фазовом равновесии жидкость – жидкость. При отсутствии экспериментальных данных о фазовом равновесии используют расчетные методы, например, групповые модели растворов (UNIFAC). UNIFAC легко реализуем в среде MS Excel и для этого метода имеется доступная и открытая информация о параметрах межгруппового взаимодействия в Дортмундском банке данных [1].

В работе показано, что имеющиеся в литературе параметры межгруппового взаимодействия для расчета коэффициентов активности компонентов в жидкой фазе по методу UNIFAC не могут адекватно описать имеющиеся экспериментальные данные, и, следовательно, не могут быть использованы для расчетов расслаивания и осушки растворителя в процессах депарафинизации масел и обезмасливания парафинов. Среднеквадратичное отклонение расчетных и экспериментальных составов превышало 3 %. Для получения адекватного качества описания указанных процессов были подобраны новые параметры межгруппового взаимодействия, при использовании которых среднеквадратичное отклонение расчетных и экспериментальных мольных долей компонентов водной и органической фаз снизилось до 0,5 %. Показано, что разработанный программный продукт с использованием найденных в данной работе параметров межгруппового взаимодействия для расчета коэффициентов активности компонентов в жидкой фазе по методу UNIFAC адекватно описывает процессы равновесия жидкость – жидкость в трехкомпонентной системе МЭК – толуол – вода и может быть использован в расчетах оборудования для осушки растворителя в процессах депарафинизации масел и обезмасливания парафинов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dortmund Data Bank [Электронный ресурс]//:-Режим доступа: <http://www.ddbst.com/ddb.html>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ХЛОРОФОРМА ОТ БЛИЗКОКИПЯЩИХ ПРИМЕСЕЙ

Студент 2 курса магистратуры Жиленкова Н.Ю.

Руководитель к.т.н., доцент Фролкова А.В.
 МИРЭА – Российский технологический университет
natalyzhil@gmail.com

Одним из способов получения хлороформа является хлорирование метана. Однако, в результате химического превращения кроме целевого образуется ряд побочных продуктов, таких как четыреххлористый углерод, 1,1-дихлорэтан (1,1-ДХЭ), цис-дихлорэтилен (цис-ДХЭ). Трудность выделения хлороформа из реакционной смеси заключается в близости температур кипения компонентов. В настоящее время применяется химический метод очистки (олеумная), требующий использования большого количества серной кислоты, что негативно сказывается состоянии окружающей среды. Таким образом, разработка альтернативных методов отделения целевого продукта от примесей является актуальной проблемой. Целью данной работы является разработка энергоэффективной технологической схемы очистки хлороформа от близкокипящих компонентов (1,1-ДХЭ и цис-ДХЭ) посредством экстрактивной ректификации. В качестве разделяющего агента предложен формилморфолин (ФМ). Исследования проводились с применением метода математического моделирования в программном комплексе AspenTech. Адекватность моделирования проверялась путем сопоставления экспериментальных и расчетных данных о равновесии жидкость-пар в бинарных составляющих исходной тройной системы. Кроме того, в настоящей работе воспроизведены результаты экспериментального исследования процесса экстрактивной ректификации, представленные в работе [1]. Относительные ошибки описания свойств и результатов разделения не превысили 5 %. В результате проведенного анализа диаграмм изоповерхностей относительной летучести трех пар компонентов производной четырехкомпонентной системы (исходная система + разделяющий агент) сделан прогноз о возможности разделения смеси различного исходного состава экстрактивной ректификацией. Добавление ФМ увеличивает летучесть 1,1-ДХЭ и цис-ДХЭ по отношению к хлороформу, что делает возможным выделение данных компонентов в дистилляте колонны экстрактивной ректификации. Целевой продукт (хлороформ) отделяется в дистилляте колонны регенерации разделяющего агента. В результате вычислительного эксперимента по расчету процесса ректификации (состав исходной смеси ХЛФ – 90; цис-ДХЭ – 5; 1,1-ДХЭ – 5 % мол.) определены статические параметры работы колонн, отвечающие минимальным энергозатратам (таблица). Соотношение количеств ФМ и исходной смеси составило 2:1. Чистота целевого продукта (хлороформа) отвечает ГОСТ 20015-88.

Таблица. Параметры работы колонн комплекса экстрактивной ректификации с ФМ

Колонна	Число теор. тарелок	Тарелка питания ФМ (исх. см.)	Флегмовое число	Состав дист., % мол.	Состав куба, % мол.
1	35	2 (9)	3	7.6; 50.0; 42.0; 0.4	30.7; 0.0; 0.3; 68.9
2	20	18	1.5	99.2; 0.0; 0.8; 0.0	0.5; 0.0; 0.0; 99.5

Примечание: компоненты указаны в след. последовательности: хлороформ, 1,1-дихлорэтан, цис-дихлорэтилен, ФМ.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ № 19-19-00620.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хитров Н.В. М: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МАТРИЧНОЙ КОНВЕРСИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В СИНТЕЗ-ГАЗ

Студент 6 курса Зимин Я.С.

Руководитель профессор, д.х.н. Арутюнов В.С.
 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
 iaroslaw.zimin@gmail.com

Существующие газохимические технологии получения жидких нефтехимических продуктов включают энергоёмкую стадию получения синтез-газа, на которую приходится до 70 % затрат на получение конечных продуктов. В настоящее время разрабатывается некаталитический процесс матричной конверсии природного газа в синтез-газ, обладающий высокой производительностью (на два порядка выше, чем у паровой конверсии природного газа). Схема матричного конвертора представлена на рисунке.

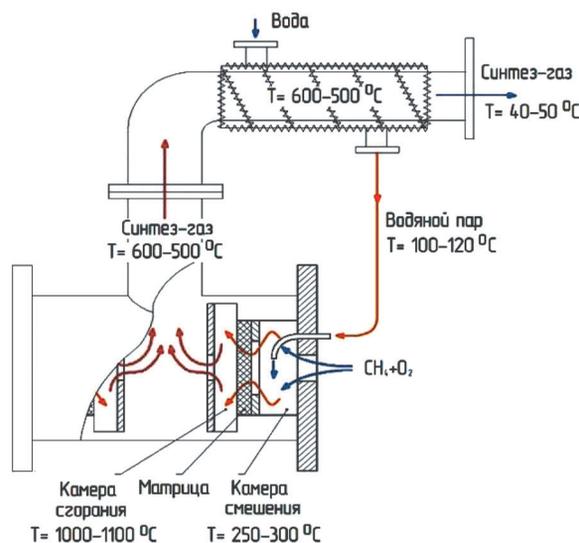


Рисунок. Схема матричного конвертора метана в синтез-газ

В ходе конверсии фронт пламени локализуется на поверхности матрицы, при этом происходит интенсивная рекуперация тепла от продуктового газа к исходному через тело матрицы. Это позволяет окислять богатые топливом смеси. Процесс окисления метана протекает в сверхadiaбатическом режиме. Было показано, что при матричной конверсии природного газа в синтез-газ в качестве окислителя можно использовать воздух, кислород, и обогащенный кислородом воздух. При окислении метана кислородом достигнуты следующие показатели: концентрация CO – до 32 %_{об}, H_2 – до 56 %_{об}, соотношение H_2/CO не превышало 1,8. Кинетическое моделирование процессов в матричном блоке позволило выделить три характерные области. Область быстрых реакций – это окисление метана и части образовавшегося водорода, вторая – реакция парового сдвига и третья – паровая конверсия ацетилена и метана.

Экспериментальные исследования влияния водяного пара на процесс матричной конверсии метана показали, что добавка водяного пара стабилизирует температуру окисления, однако оказывает слабое влияние на выход целевых продуктов. Также наблюдалось снижение температуры внутри камеры сгорания, что, вероятно, и привело к снижению выхода ацетилена (концентрация C_2H_2 в сингазе снизилась с 2,4 %_{об} до 1,3 %_{об}).

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ИЗ НЕФТЕЗАВОДСКИХ ГАЗОВ МЕТОДОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО КРЕКИНГА

Студент 5 курса Комаров И.К.

Руководитель профессор д.х.н. Арутюнов В.С.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Vkmz.1994@yandex.ru

Нефтехимическая промышленность в настоящее время характеризуется низкой глубиной переработки нефти (менее 80 %), в том числе, из-за неэффективного сжигания огромного объема нефтезаводских газов (НЗГ). Нефтезаводские газы состоят из широкого набора газов (водород, метан, непредельные углеводороды $C_2 - C_4$, оксид углерода, диоксид углерода, кислород, азот), которые в большом количестве образуются при переработке нефтяного сырья на нефтеперерабатывающих заводах.

Одним из перспективных способов переработки компонентов НЗГ могут стать новые процессы на основе селективного окислительного крекинга (оксикрекинга) компонентов нефтезаводского газа с образованием этилена, СО и водорода с их последующим вовлечением в реакции каталитического гидроформилирования или карбонилирования [1, 2] с получением ценных нефтехимических продуктов.

Оксикрекинг легких алканов протекает в газовой фазе, без использования катализатора при давлении 1–10 атм. и позволяет получать газовые смеси, содержащие этилен, СО и водород в соотношениях, пригодных для их дальнейших совместных каталитических превращений. Это открывает большие перспективы использования оксикрекинга для производства ценных нефтехимических продуктов, в том числе и без стадии предварительного выделения C_2H_4 , СО и H_2 из смеси реакционных продуктов.

Стоит отметить, что в результате такого процесса, помимо продуктов карбонилирования, можно получить также и очищенный от тяжелых компонентов сухой топливный газ с более высоким метановым индексом.

В ходе проведения экспериментов было показано, что основными продуктами оксикрекинга легких алканов являются этилен и СО. Определен характер влияния параметров процесса на их соотношение. В то время, как температура и время реакции определяют глубину протекания процесса, начальное соотношение углеводород/кислород позволяет в широком диапазоне значений варьировать соотношение получаемых этилена и СО. Показана принципиальная возможность получения этилена и СО в соотношениях, пригодных для их дальнейшего совместного карбонилирования с получением широкого спектра продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00858

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко В.И., Макарян И.А., Фокин И.Г. и др. *Нефтепереработка и нефтехимия*. 2013, 8, 21–26.
2. Арутюнов В.С., Савченко В.И., Седов И.В. и др. *Успехи химии*. 2017, 86(1), 47–74.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТНОГО МАССОПЕРЕНОСА В ПРОЦЕССАХ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ

Студент 6 курса Кононов А.В.

Руководитель доцент Мареев С.А.
Кубанский государственный университет
www.kononov@bk.ru

Разделение одноименно заряженных ионов находит всё больше практических применений: выделение питательных веществ [1], разделение минеральных и органических ионов [2], разделение карбонат- и гидрокарбонат-ионов в гидрометаллургии, рекуперация кислот из сточных вод, обессоливание морской воды [3, 4] и т.д. Сдерживающим фактором внедрения процесса электродиализа в данную область является недостаточное понимание механизмов конкурентного переноса и влияния на них структуры и химического состава ионообменных мембран, а также условий процесса разделения.

Целью данной работы является теоретическое исследование конкурентного переноса ионов через ионообменную мембрану в процессе электродиализа. Объект исследования – коммерческая гомогенная мембрана CMX (Astom, Япония).

В работе рассматривается трехслойная система, состоящая из ионообменной мембраны и двух прилегающих диффузионных слоев. Перенос ионов в системе описывается уравнениями Нернста-Планка, Пуассона и материального баланса с учетом упрощений, предложенных в работе [5]. Рассматриваемый раствор тернарного электролита содержит ионы магния, натрия и хлора, наиболее часто встречающиеся практически во всех промышленных стоках.

Результатом работы стала гальваностатическая модель, позволяющая производить расчет концентрационных профилей, хронопотенциометрических кривых, чисел переноса и вольтамперных характеристик мембранных систем. Основные параметры мембраны взяты из экспериментальных данных и справочников.

Показано, что достигается одна предельная плотность тока, которая может быть рассчитана по уравнению, предложенному Лебедевым и соавт. [6], при условии, что сумма чисел переноса всех противоионов в мембране равна единице. Установлено, что имеет место явление обратной диффузии ионов Na^+ , что подтверждается уменьшением их концентрации в камере концентрирования.

Расширение области пространственного заряда увеличивает сопротивление системы. Показано, что максимум на хронопотенциометрических кривых обусловлен изменением сопротивления этой области во времени вследствие роста чисел переноса коионов в мембране.

Автор выражает благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований за поддержку исследования (грант № 18-08-00397).

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Liu et al. *Chem. Eng. J.*, **2017**, *322*, 224–233.
2. В. В. Котов и др. *Lambert Acad. Pub*, **2014**, 1–96.
3. W. Zhang et al. *Desal.*, **2017**, *411*, 28–37.
4. A. H. Galama. *J. Mem. Sci.*, **2014**, *452*, 219–228.
5. C. Larchet et al. *Adv. Colloid Interface Sci.*, **2008**, *139(1–2)*, 45–61.
6. К. А. Лебедев и др. *Электрохимия*, **1986**, *22(5)*, 638–643.

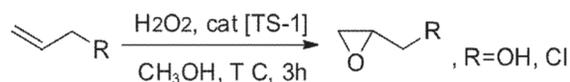
КИНЕТИКА И МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ТИТАНСОДЕРЖАЩЕМ СИЛИКАЛИТЕ МАРКИ TS-1.

Студент 2 курса магистратуры Левитин В.В.

Руководитель к.х.н. Пастухова Ж.Ю.

Научный консультант д.х.н., профессор Брук Л.Г.
МИРЭА – Российский технологический университет
slava-lev1995@yandex.ru

Наиболее эффективным и предпочтительным с экологической и технологической точки зрения является способ получения оксидов олефинов эпексидированием алкенов пероксидом водорода, при использовании в качестве катализатора титансодержащего цеолита марки TS-1, как наиболее эффективного и перспективного катализатора [1].



Детальный механизм и кинетика процесса эпексидирования олефинов на катализаторе TS-1 до конца не изучен, несмотря на то что уже существуют производства на основе данного способа. Целью данной работы было установление механизма и кинетики процесса эпексидирования алкенов на примере аллилового спирта и аллилового хлорида, использованных в качестве субстратов.

Механизм процесса эпексидирования изучали при 20–40 °С, используя процедуру выдвижения и дискриминации гипотез. Гипотезы формулировали на основании литературных данных и данных предварительного эксперимента. На первом этапе дискриминацию гипотетических механизмов проводили на основании результатов кинетического эксперимента с изменением концентраций реагентов и основного продукта.

Наиболее вероятным признан механизм, включающий адсорбцию пероксида водорода и субстрата (аллилового спирта или аллилового хлорида) на соседних центрах катализатора и их взаимодействие между собой с образованием адсорбированного продукта (глицидола или эпихлоргидрина).

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Harvey et al. *Applied Catalysis A: General*. 2015, 489, 241–246.

**НОМИНАЦИЯ II
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ
ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**



**СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ»**

СЕЛЕКТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ Ln^{3+} ПО КАТИОННЫМ И АНИОННЫМ ПОЗИЦИЯМ В ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Ln/Ni КОМПЛЕКСАХ С РАЗЛИЧНЫМИ АМИНОКИСЛОТАМИ

Студентка 5 курса Билялова А.А.

Руководитель к.х.н., доц. Долженко В.Д.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

e-mail bilyalova555@yandex.ru

Смешанные 4f-4f' лантанидные комплексы могут проявлять интересные магнитные и люминесцентные свойства, однако получение такого рода соединений является сложной химической задачей, так как Ln^{3+} проявляют близкие химические свойства и образуемые ими соединения представляют собой статистические смеси. Существующие на данный момент подходы к решению этой проблемы предполагают использование сложных и дорогостоящих органических лигандов, а получаемые целевые соединения обладают низкой устойчивостью.

Целью настоящей работы является разработка подходов к направленному синтезу комплексов с селективным распределением ионов РЗЭ по неэквивалентным позициям. Проведенный нами анализ данных литературы позволил выявить класс соединений, в который возможно распределение ионов $\text{Ln}(\text{III})$ по размеру – гетерометаллические 3d-4f комплексы, самоорганизующиеся из простых «строительных блоков»: ионов трехвалентных лантанидов и солей d-металлов с аминокислотами.

Ранее в нашей лаборатории на примере комплекса $[\text{La}\{\text{Ni}(\text{ala})_2\}_6]^{3+}[\text{Gd}(\text{NO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})]^{3-}$ (ala = L-аланин) показана возможность полного разделения РЗЭ по катионным и анионным позициям в рамках одного соединения, причем это разделение сохраняется и в растворе, и в твердой фазе. Поэтому далее комплексы с различными РЗЭ в анионе $[\text{La}\{\text{Ni}(\text{ala})_2\}_6][\text{Ln}'(\text{NO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})]$ ($\text{Ln}' = \text{Nd} - \text{Lu}, \text{Y}$) были синтезированы и изучены с помощью РФА, РСА, и ICP MS, также для них были исследованы температурные зависимости магнитной восприимчивости. Согласно ICP-MS, мольное соотношение La/Ln' равно 1/1 и сохраняется в пределах погрешности до эрбия, а для Tm, Yb и Lu доля лантана растет, т.е. La входит не только в состав катиона, но и в состав аниона.

Также нами установлена граница устойчивости комплексного катиона $[\text{Ln}\{\text{Ni}(\text{ala})_2\}_6]^{3+}$ в ряду РЗЭ ($\text{Ln} = \text{La}-\text{Nd}$). Замена аланина на пролин позволяет расширить этот ряд, как показано для катиона $[\text{Ln}\{\text{Ni}(\text{pro})_2\}_6]^{3+}$, $\text{Ln} = \text{La}-\text{Gd}$ (pro = L-пролин). Исходя из этого нами выдвинута гипотеза о том, что для смещения границы устойчивости исследуемых комплексных катионов по ряду РЗЭ, необходимо варьировать размер полости жесткого фрагмента $\{\text{M}'(\text{AA})_2\}_6$ путем замены аминокислоты или изменения природы 3d-металла. В свою очередь, этот факт позволит получать комплексные катионы только с конкретными ионами лантанидов. Реализация данной стратегии дает возможность применения рассматриваемых систем для разделения РЗЭ.

На примере комплексов с L-серином, нами была показана возможность селективного извлечения определенных РЗЭ из раствора. В частности, в смеси, содержащей ионы La, Ce, Pr, Nd, Eu, Tb, согласно данным ICP MS при образовании катион-анионных комплексов в твердой фазе оказались ионы La, Ce, Pr, Nd, а в растворе остались ионы Eu и Tb.

СИНТЕЗ МЕЗОПОРИСТОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ СО СТРУКТУРОЙ МСМ-41 ИЗ СИЛИКАТА НАТРИЯ

Студентка 5 курса Вышегородцева Е.В.

Руководитель к.х.н. Мамонтов Г.В.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
vyshegorodtseva_elena@mail.ru*

Мезопористый диоксид кремния с упорядоченной пористой структурой типа МСМ-41 привлекает особое внимание исследователей благодаря его высокой удельной поверхности (более 1000 м²/г) при объеме пор около 1 см³/г. МСМ-41 может быть использован в качестве сорбента, носителя для катализаторов, основы для других функциональных наноматериалов [1]. МСМ-41 получают с помощью темплатного синтеза, который подразумевает использование мицелл цетилтри-метиламмоний бромид (ЦТАБ) в качестве темплата [2]. Согласно литературным данным, синтез МСМ-41 из алкоксидов наиболее распространен, что обусловлено возможностью получения материала без примесных ионов. Однако, использование недорого силиката натрия (жидкое стекло) в качестве предшественника оксида кремния может сделать синтез МСМ-41 менее затратным.

Целью работы является разработка методики синтеза МСМ-41 из силиката натрия, выявление влияния соотношения ЦТАБ/Si, как основного параметра, определяющего процесс самосборки материала, на его текстурные характеристики.

В работе проведено сравнение синтеза МСМ-41 из тетраэтоксигоросилана (ТЕОС) и силиката натрия (SiO₂/Na₂O = 3). Влияние соотношения ЦТАБ/Si исследовалось для образцов, синтезируемых из силиката натрия. Полученные образцы исследовали методом низкотемпературной сорбции азота на анализаторе удельной поверхности и пористости «3Flex» и методом МУРР.

Было показано, что образцы, полученные из силиката натрия и ТЭОС, при схожем соотношении ЦТАБ/Si = 0,125, характеризуются высокими значениями удельной поверхности. Для МСМ-41 из силиката натрия величина удельной поверхности составила 1229 м²/г, что выше, чем для МСМ-41 из ТЭОС (S_{ya} = 932 м²/г). Также, образцы из силиката натрия характеризовались узким распределением пор по размерам, что указывает на более упорядоченную структуру.

Для серии образцов, синтезированных из силиката натрия с разным соотношением ЦТАБ/Si от 0,025 до 0,4, значения удельной поверхности имеют диапазон от 1100–1400 м²/г при объеме пор 0,8–0,95 см³/г. Образцы, синтезированные с соотношением ЦТАБ/Si = 0,5 и 0,75, характеризуются самой упорядоченной структурой в синтезированной серии образцов, что подтверждается данными низкотемпературной сорбции азота (низкие значения ширины на полувысоте распределения пор по размерам) и МУРР (высокая интенсивность рефлексов, указывающих на присутствие дальнего порядка в структуре).

Таким образом, показана возможность синтеза МСМ-41 из силиката натрия при малых количествах ЦТАБ с высокими значениями удельной поверхности и объема пор. Подобрано оптимальное соотношение ЦТАБ/Si для получения мезопористой структуры МСМ-41 с наиболее высокой степенью упорядоченности.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.S. Beck, J.C. Vartuli, W.J. Roth, M.E. Leonowicz, *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, *114*, 10834.
2. L.T. Gibson, *Chem. Soc. Rev.* **2014**, *43*, 5163.

СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК АНТИМОНИДА МАРГАНЦА КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО МАТЕРИАЛА МАГНИТНЫХ СЕНСОРОВ

Студент 1 курса магистратуры Джалолиддинзода М.

Руководитель профессор Маренкин С.Ф.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
tuhammad.9095@mail.ru

Антимонид марганца MnSb является ферромагнетиком с высокой температурой Кюри [1]. Он обладает значительной областью гомогенности, в интервале которой температура магнитоструктурного превращения $\alpha - \beta$ MnSb меняется от 90 до 314 °С [2].

Антимонид марганца в виде тонких пленок является перспективным материалом магниточувствительных сенсоров. Обычно пленки антимонида марганца получают методом молекулярно-лучевой эпитаксии [3]. Этот метод сложен и пленки получают толщиной более 10–15 нм. Из-за малого содержания антимонида марганца, они обладают низкой чувствительностью к магнитному полю. В настоящей работе была разработана методика получения пленки толщиной ~300–400 нм на подложках из ситалла и монокристаллического кремния. Процесс получения осуществляли, путем последовательного напыление металлов Mn и Sb в условиях высокого вакуума. Химическое взаимодействие с образованием MnSb происходило при температурах значительно ниже, чем температура перитектического разложения антимонида марганца 840 °С. На рис. 1 представлена дифракционная картина синтезированной пленки антимонида марганца MnSb.

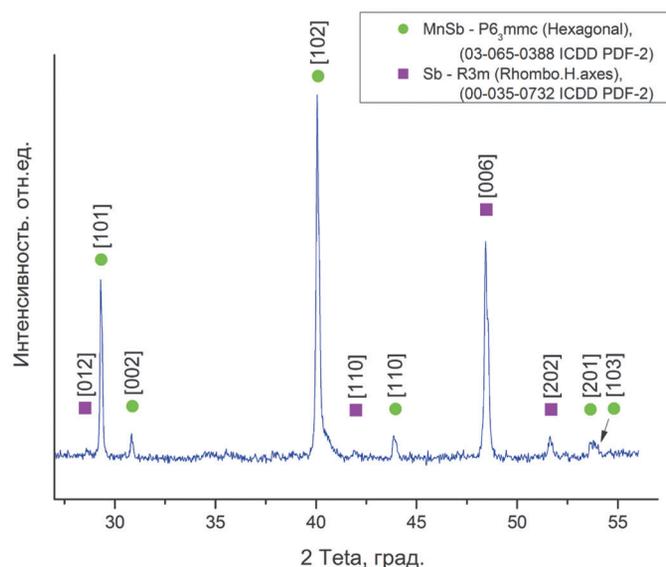


Рис. 1. Дифрактограмма пленки антимонида марганца после отжига

ЛИТЕРАТУРА

1. A. E. Taylor, T. Berlijn, S. E. Hahn, A. F. May, T. J. *Phys. Rev. B.* – V. **2015**, 1–11.
2. Marenkin S.F., Kochura A.V., Izotov A.D., Vasil'ev M.G. *Rus. J. Inorg. Chem.* **2018**, 63(14), 1753–1763.
3. Burrows C.W., Dobbie A., Myronov M., Hase T.P.A., Wilkins S.B., Walker M., Mudd J.J., Maskery I., Lees M.R., McConville C.F., Leadley D.R., Bell G.R. *Cryst. Growth Des.* **2013**, 13, 4923–4929.

ОКТАДЕЦИЛАМИН В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНОАКТИВНОГО КОМПОНЕНТА МЕМБРАНЫ КАДМИЙСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА

Студентка 2 курса Курбанова С.М.

Руководитель к.х.н. доцент Татаева С.Д.
 Дагестанский государственный университет
 sofya07kurbanova@mail.ru

Кадмий относится к тяжелым токсичным металлам, который способен к миграции и кумулированию в живых организмах. Так как предельно допустимые концентрации кадмия ниже предела обнаружения многих методов, возникает необходимость концентрирования. Целью исследования явилось использование октадециламина в качестве электродноактивного компонента мембраны кадмийселективного электрода, оптимизация состава мембраны и определение электродных характеристик.

В работе рассматривается возможность апробации ионоселективного электрода на основе октадециламина для определения ионов кадмия. В соответствии с полученными данными экспериментальной крутизны выбрана мембрана состава (масс., %): ПВХ (33.01), о-НФОЭ (65.01), ОДА (0.98). Интервал линейности электрода с оптимизированным составом мембраны наблюдали в пределах концентрации $1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-5}$ М, с откликом 20 с. Тангенс угла наклона электродной функции Cd-СЭ составляет -59.8 мВ/рС. Оптимальная концентрация октадециламина (ОДА) в мембране равна 50 мМ. Для подтверждения факта образования ионного ассоциата получены спектры чистых компонентов и мембран с разными соотношениями ионов кадмия и ОДА. Изучены диаграммы зависимостей мольной доли октадециламина от рН и равновесные формы анионного комплекса кадмия с йодид-ионами, которые позволили выбрать формы ОДА и йодкадмата. Изучено влияние таких пластификаторов, как о-НФОЭ, ДБФ, ДОС, ДОФ, ТБФ. Анализ результатов показал, что в присутствии более полярного о-НФОЭ мембрана становится более эластичной, результаты более воспроизводимы, а природа пластификатора существенно не влияет на интервал линейности при определении концентрации ионов Cd (II). Изучено влияние кислотности среды на отклик Cd-СЭ. В интервале рН 5–7 потенциал Cd-СЭ остается стабильным с дрейфом не более 2 мВ. Методом бионных потенциалов определены коэффициенты селективности некоторых d-элементов и анионов. Для повышения селективности мембраны к ионам кадмия в анализируемый раствор вводили 0,1 М NaF для связывания ионов Zn (II), Hg (II), Pb (II), Fe (III), Cr (III) в более прочные фторидные комплексы (табл.).

Таблица. Потенциометрические коэффициенты селективности Cd-СЭ относительно некоторых катионов и анионов

Катион	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Pb ²⁺	Hg ²⁺	Zn ²⁺
K ^{пот,1*}	0,031	0,021	0,034	0,096	0,085
K ^{пот,2*}	0,003	0,002	0,003	0,008	0,006
Анион	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
K ^{пот,2}	0,003	0,004	0,009	0,001	0,002

* K^{пот,1*}- до маскирования представленных катионов; K^{пот,2*}- после маскирования.

Электрод с мембраной на основе октадециламина отличается от электродов, близких по технической сущности и промышленного ХС – Cd – 001 по воспроизводимости, селективности и экономичности.

Таким образом кадмийселективный электрод на основе ОДА по диапазону кислотности, тангенсу угла наклона и отклику не уступает вышеописанным электродам, но выгодно отличается по экономичности.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЯМОГО УПРАВЛЯЕМОГО СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ Ti МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОТОКОВОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Студент 1 курса магистратуры Марков А.Н.

Руководитель к.х.н. Воротынцева А.В.

*Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева
markov.art.nik@gmail.com*

Наночастицы титана находят применение во многих областях промышленности, в том числе в изготовлении аэрокосмических материалов, биосовместимых композитов и микродатчиков. Для получения наночастиц титана используются различные методы, однако получение наночастиц высокой чистоты с узким распределением по размерам в них отсутствует. В связи с этим встает вопрос о создании нового метода получения наночастиц титана с размером менее 100 нм высокой степенью чистоты, однородностью и селективностью. В работе предлагается использовать для синтеза наночастиц титана метод электромагнитной потоковой левитации. Электромагнитная левитация (ЭМЛ) представляет собой бесконтактный высокотемпературный метод, который имеет широкое применение в отношении исследования как теплофизических, так и термохимических свойств различных систем. Магнитное поле высокой частоты генерирует индуцированный ток внутри расплава, который создает как силу Лоренца, обеспечивающую обратный эффект силе тяжести, так и эффект Джоулева нагрева, который позволяет перевести левитирующий образец в расплав.

В ходе работы получены наночастицы титана с использованием потоковой левитации. Для конденсации частиц и сбора их в диспергаторе использовались инертные газы Ar и He. Размер частиц и морфология частиц были охарактеризованы с использованием DLS (Динамическое Рассеяние Света) и SEM (Электронная сканирующая растровая микроскопия) анализа. Чистота синтезированных наночастиц была подтверждена с использованием методов XRD (рентгеноструктурный анализ), XRF (Рентгенофлуоресцентный анализ). Кроме того, было исследовано влияние различных параметров процесса, таких как расход газа-носителя, приложенная мощность, температура образца, на получение наночастиц.

В работе были получены высокочистые наночастицы металлического титана 99.99 % сферической формы с узким распределением частиц по размерам. Средний размер частиц полученных порошков находился в диапазоне ~ 20–50 нм. Использование гелия в качестве газа-носителя приводит к меньшим размерам частиц и более узкому распределению по размерам по сравнению с аргонном при постоянной температуре и постоянному расходу газа. Увеличение скорости потока газа-носителя и температуры образца приводит к уменьшению размера частиц. Таким образом в работе показана потенциальная перспективность использования метода потоковой левитации для синтеза наночастиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-73-20275) и РФФИ (грант № 18-33-00914).

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ РОДАМИНА Б В ПРИСУТСТВИИ ДИОКСИДА ТИТАНА, ДОПИРОВАННОГО ОКТАЭДРИЧЕСКИМИ КЛАСТЕРНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ МОЛИБДЕНА, ВОЛЬФРАМА И РЕНИЯ

Студент 5 курса Марчук М.В.

Руководитель Шестопапов М.А.

Новосибирский государственный университет

Институт неорганической химии имени А.В. Николаева СО РАН

vegnermargarita@gmail.com

В современном мире наиболее обсуждаемой проблемой является загрязнение окружающей среды отходами производств и, в частности, загрязнение сточных вод различными органическими и неорганическими веществами. Среди опасных примесей наибольшая доля приходится на органические красители. Данные соединения обладают канцерогенными свойствами, а также устойчивостью к физическим и химическим воздействиям. В связи с этим, одним из наиболее перспективных методов устранения органических примесей из сточных вод является их фотокаталитическое разложение под действием света. Именно поэтому разработка экологически безопасных и эффективных фотокатализаторов остается актуальной задачей.

Относительно недавно в литературе было показано, что октаэдрические кластерные комплексы могут проявлять фотокаталитическую активность. Данные комплексы представляют собой октаэдр из атомов металла Mo, W или Re, вписанных в куб из атомов X (Cl, Br, I для Mo и W; S, Se для Re). Кроме того, к каждому атому металла координирован один апикальный лиганд L, который может быть как органической, так и неорганической природы. Основной проблемой кластерных комплексов молибдена и вольфрама является их слабая гидролитическая устойчивость, которую можно устранить путем включения этих комплексов в матрицу. В данной работе в качестве матрицы выбран диоксид титана в кристаллической модификации анатаз. Широко известно, что анатаз также обладает фотокаталитическими свойствами, однако из-за его низкого поглощения в видимой области спектра, эффективность фотокатализа при его облучении солнечным светом невысока. Путем комбинации кластерных комплексов, обладающих высоким поглощением в видимой области спектра и фотокаталитической активностью, и анатаза, также являющимся фотокатализатором, нами ожидалось проявление синергетического эффекта.

В качестве исходных кластерных комплексов были выбраны водорастворимые комплексы $[\{M_6I_8\}(DMSO)_6](NO_3)_4$, где $M = Mo, W$, и $K_4[\{Re_6Q_8\}(OH)_6]$, где $Q = S, Se$. Все материалы получали путем пропитки матрицы TiO_2 водными растворами вышеуказанных кластерных комплексов в массовых соотношениях анатаз-комплекс 1:1 и 1:0,1. В качестве модельного красителя был выбран родамин Б, который проявляет высокую фотостабильность и хорошо растворим в воде. Наибольшую фотокаталитическую активность показали материалы, пропитанные кластерными комплексами $[\{Mo_6I_8\}(DMSO)_6](NO_3)_4$ и $[\{W_6I_8\}(DMSO)_6](NO_3)_4$ в соотношении 1:0,1, в присутствии которых наблюдалось полное разложение красителя ~ через 45 минут облучения. Сравнение материалов с чистым TiO_2 показало значительное повышение эффективности после допирования анатаза кластерными комплексами, что подтверждает наличие предполагаемого синергетического эффекта. Соответственно, полученные данные подтверждают эффективность предложенных материалов в роли эффективных фотокатализаторов для очистки воды от органических примесей.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-33-00209 и № 17-03-00140.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУЛЛЕРЕНСОДЕРЖАЩЕЙ САЖИ МЕТОДОМ ДУГОВОГО СИНТЕЗА

Студент 4 курса Осмиев Р.М.

Руководитель профессор Арчакова Р.Д.
Ингушский государственный университет
osmievr97@mail.ru

Фуллерены, а также их производные, являются перспективными нанообъектами для создания новых материалов с уникальными свойствами и находят широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и других областях [1]. В Инжиниринговом центре ИнГУ введена в эксплуатацию экспериментальная полупромышленная установка дугового синтеза фуллеренсодержащей сажи (ФФС) Дуга-4 для производства наноуглеродных структур по технологии получения, основанной на управляемой трансформации углеродного пара в газоплазменной струе сильноточного дугового разряда. Было организовано производство фуллеренсодержащей сажи и выделение из нее чистых фуллеренов C_{60} , C_{70} и выше и их смеси с последующим анализом.

С целью подбора технологического режима для получения фуллеренсодержащей сажи с оптимальным содержанием фуллеренов C_{60} и выше были отработаны две серии экспериментов по 8 и 7 опытов в каждой, в которых варьировались скорость продувки газа, начальное давление гелия и сила тока. Причем, во второй серии была отключена продувка газа, а давление (40кПа) и межэлектродное расстояние (5мм) брались одинаковыми во всех 7 опытах.

Экстракция смеси фуллеренов C_{60} и C_{70} – α была осуществлена толуолом на аппарате Сокслета. Определение содержания их, как и соотношения C_{60} к C_{70} – β [2] определяли на Спектрофотометре Specord 210. Измерение проводили при длинах волн $\lambda_1 = 473$ нм и $\lambda_2 = 360$ нм. Полученные данные приведены в таблице ниже.

Таблица. Режим получения ФФС и содержание фуллеренов в саже

Серия №1	1	2	3	4	5	6	7	8
Начальное давление гелия, кПа	20	50	20	50	20	50	20	50
Ток, А	300	300	300	400	400	400	400	300
Скорость продувки газа, л/час	5	5	3	3	3	5	5	3
Содержание α	2,96	2,09	1,74	2,58	1,65	2,74	1,99	1,78
Соотношение β	1,76	2,34	1,87	2,08	1,90	2,19	2,29	1,90
Серия №2	1	2	3	4	5	6	7	
Ток, А	280	300	320	340	360	380	400	
Содержание α	2,65	3,68	4,85	4,48	4,38	2,40	1,35	
Соотношение β	4,21	3,96	4,15	4,30	4,26	4,29	4,86	

Данные таблицы позволяют определить режим, обеспечивающий получение продукта необходимого качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фуллерены: учебное пособие / Л.Н. Сидоров, М.А. Юровская и др. – М.: Издательство «Экзамен», 2005 – 668 с.
2. Парчиева М.М., Цурова А.Т., Султыгова З.Х., Арчакова Р.Д. Разработка методов выделения фуллеренов из сажи/ Материалы региональной научно – практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые исследователи в поиске». – Магас, 2012.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОКСИДОВ ТИТАНА (IV) С УПРАВЛЯЕМЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Студентка 2 курса магистратуры Сафьянова Л.В.

Руководитель проф., д.х.н. Кузьмичева Г.М.
МИРЭА – Российский технологический университет
lidiyasaf@mail.ru

Наноразмерные оксиды титана (IV) (НОТ) привлекают к себе внимание из-за своих уникальных физико-химических, каталитических, бактерицидных, оптических и др. свойств, которые уже нашли применение в различных прикладных областях, но их возможности еще не исчерпаны.

Известно, что свойства НОТ зависят от их характеристик, которые, в свою очередь, обусловлены способом и условиями получения. Наиболее распространенным методом синтеза низкотемпературных НОТ со структурами анатаза (НА: TiO_2) и η -модификации (ЭФ: $\text{TiO}_{2-x} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) является гидротермальный, который имеет ряд недостатков: многостадийность и использование прекурсоров $\text{TiOSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ или $\text{TiOSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ вместе с кислотами HNO_3 либо HClO_4 . Усовершенствование нами способа с участием этих же прекурсоров, но без добавления кислот и стадии охлаждения и промывки золя (способ 1), уменьшает длительность синтеза (от 98 сут. до 60 мин.) и увеличивает антимикробную активность (АМА) по отношению к *S. aureus* с $\Delta_{\text{max}} = 9$ мм. до $\Delta_{\text{max}} = 40$ мм. (Δ -диаметр задержки роста микроорганизмов).

Синтез НОТ с контролируемыми размерами наночастиц дает возможность улучшить свойства и расширить области применения этих объектов, в частности, в биологии. Предлагаемый способ достижения узкого распределения наночастиц по размерам (монофракционность) без применения ПАВ (способ 2), заключающийся в гидролизе тетраизопропоксида титана $\text{Ti}[\text{OCH}(\text{CH}_3)_2]_4$, позволяет регулировать размер частиц НА от 7 до 30 нм. (данные динамического рассеяния света) вариацией температуры и продолжительностью гидролиза, а отсюда и управлять физико-химическими свойствами (антимикробными и фотокаталитическими).

Создание нанокомпозитов с НОТ позволяет не только сочетать лучшие свойства матрицы и НОТ, но и значительно их усиливать. Нанокомпозиты НОТ/ПВК (ПВК- поли-N-винилкапролактан) получены механическим перетираем (МП) смеси НОТ и ПВК в фарфоровой ступке (способ 3) и механоактивацией (МА) в высокоэнергетической планетарно-шаровой мельнице (способ 4). Выявлено, что МА способствует аморфизации НА, а МП – частичной кристаллизации с текстурированием НА ($\{b1\}$ <110>: плоскости (112), (211), (110) и ось текстуры <110>), вызванной удалением воды из оболочки наночастиц и присоединением ее к ПВК посредством водородной связи, и дегидратации ЭФ (удаление воды из межслоевого пространства структуры). Нами предложен новый способ, «обратный» МП и МА (способ 5), получения интеркалированных ЭФ и НА с вхождением ПВК или воды в межслоевое пространство структуры ЭФ, либо в оболочку наночастиц НА, построенных по типу «ядро-оболочка». Это открывает новые возможности введения в НОТ лекарственных веществ разными способами. АМА интеркалированной ЭФ водой или ПВК по отношению к *S. aureus*, *E. coli*, *Candida albicans* оказалась самой высокой среди образцов, полученных по способу 5, с $\Delta = 17$ мм., $\Delta = 13$ мм. и $\Delta = 19$ мм., соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 4.1069.2017/ПЧ; 2017-2019).

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ НАНЕСЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ИЗ РАСТВОРОВ ДВОЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПЛАТИНЫ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Студент 6 курса Хабарова Д.С.

Руководитель доцент Тупикова Е.Н.

Самарский национальный исследовательский университет

имени академика С.П. Королева

daria.s.khabarova@gmail.com

Двойные комплексные соли (ДКС), содержащие в своем составе комплексный катион одного металла и комплексный анион другого металла, являются перспективными соединениями-предшественниками различных функциональных материалов. В современных исследованиях ДКС можно выделить два направления: изучение структуры и магнитных свойств соединений; развитие работ по синтезу, изучению структуры и термическому превращению комплексов.

Хорошо изучены реакции термического разложения этих соединений в твердой фазе [1, 2]. В зависимости от состава исходного комплекса и условий термолитиза (атмосфера окислительная, инертная или восстановительная) продуктами реакции могут быть интерметаллиды, твердые растворы металлов, гетерогенные смеси металлов либо металлов и оксидных фаз. Сведения о поведении гетероядерных комплексов в водных растворах при повышенных температурах (автоклавные условия) отсутствуют. Тогда, как известно, что из простых аммиачных комплексов платиновых металлов в автоклавных условиях могут быть получены металлические фазы в виде порошков и покрытий на различных подложках [3, 4].

Цель работы заключалась в получение нанесенных на металлические подложки каталитических систем с использованием реакций разложения двойных комплексных солей тетрахлоороплатината(II) хлоропентаамминкобальта(III) и тетрахлоороплатината(II) гексамминникеля(II), тетрахлоороплатината(II) хлоропентаамминхрома (III) (ДКС) в гидротермальных условиях.

По результатам исследования продуктов автоклавного термолитиза ДКС методами сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионного рентгеновского микроанализа установлено, что в автоклавных условиях двойные комплексы подвергаются ряду последовательных превращений, таких как гидролиз, лигандный обмен, окислительно-восстановительные процессы. В результате этих превращений образуется гетерогенная система, состоящая из высокодисперсных частиц металлической платины различной формы на более крупных частицах оксидов цветного металла. На носителях из нержавеющей стали и нихроме в виде стружки или блоков из материала с варьируемой порозностью «металлорезина» получены катализаторы и исследованы в реакции дожигания пропана в проточном реакторе с газохроматографическим анализом реакционной смеси. Наиболее активные каталитические системы исследованы в модельной реакции полного окисления *n*-гексана, изучена кинетика реакции и рассчитаны основные кинетические параметры с целью выявления механизма промотирующего действия цветного металла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.П. Домонов. *Ж. физ. химии*. 2014, 88(6), 926–931.
2. С.И. Печенюк. *Ж. физ. химии*. 2016, 90(1), 22–27.
3. R.V. Borisov. *J. Siberian Federal University*. 2014, 3, 331–339.
3. Р.В. Борисов. *Вест. Кемер. гос. ун-та*. 2014, 3, 174–177.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ГИДРОТЕРМАЛЬНО АКТИВИРОВАННОГО TiO₂-ПИЛЛАРНОГО МОНТМОРИЛЛОНИТА

Студент 2 курса магистратуры Шибеева В.Д.

Руководитель д.ф.-м.н., профессор Бутман М.Ф.

Ивановский государственный химико-технологический университет

leric2009@yandex.ru

Диоксид титана в наноразмерном виде – один из наиболее перспективных современных фотокатализаторов. Использование наночастиц TiO₂ в чистом виде ограничено, вследствие невысокой адсорбционной способности и возможности агломерации частиц, что снижает его фотокаталитическую эффективность для процессов очистки сточных вод и природных водоемов от поллютантов органического происхождения. Чтобы преодолеть эти ограничения наночастицы диоксида титана распределяют на природных алюмосиликатах, в качестве которых часто выбирают монтмориллонит (ММ). Один из перспективных методов модификации ММ диоксидом титана, называемый пилларированием, заключается в проведении реакции ионного обмена межслоевых катионов ММ на положительно заряженные полигидроксикомплексы титана и дальнейшей термической обработке с образованием металлооксидных нанокристаллов (пилларов) в межслоевом пространстве ММ. TiO₂-пилларный ММ обладает высокоразвитой удельной поверхностью, улучшенной сорбционной способностью и высокой активностью в различных фотокаталитических процессах, в том числе при фотолизе органических красителей. В целях улучшения текстурных и фотокаталитических свойств пилларного ММ исследователи используют различные интенсифицирующие воздействия на стадии интеркаляции гидроксокомплексов металлов, например, выполняют процесс под влиянием микроволновой или гидротермальной обработки. Целью настоящей работы являлось получение TiO₂-пилларного ММ с высокой степенью кристалличности TiO₂-пилларов и улучшенной адсорбционной и фотокаталитической активностью гидротермально активированной интеркаляцией полигидроксикомплексов титана – продуктов контролируемого гидролиза TiCl₄. Показано, что термически стабильная пористая структура пилларного материала обусловлена полимеризацией поликатионов титана и агрегацией пилларов в межслоевом пространстве ММ, о чем свидетельствуют высокие значения базального расстояния d_{001} и суммарного объема пор. Обнаружено, что при гидротермальной обработке пиллары TiO₂, представляющие собой смесь анатаза и рутила, обладали более высокой степенью кристалличности и их размер заключен в диапазоне 5.6 – 12.7 нм. Адсорбционную емкость и фотокаталитическую активность TiO₂-пилларных материалов изучали с помощью удаления красителей анионного (метилового оранжевого) и катионного (родамина Б) типа в воде в условиях темноты и под действием УФ-излучения. Кинетика адсорбции водорастворимых красителей на всех полученных пилларных материалах хорошо подчиняется кинетической модели псевдо-первого порядка. Фактор электростатического взаимодействия (отрицательный заряд модифицированных глинистых частиц) определяет высокую адсорбционную способность при удалении катионного красителя по сравнению с анионным. Комбинированный адсорбционно/фотокаталитический метод для гидротермально обработанных образцов, прокаленных при 500 °С, позволял удалять 100 % метилового оранжевого и 97.5 % родамина Б в течение примерно 100 минут. Полученные образцы TiO₂-пилларного ММ демонстрировали повышенную фотокаталитическую активность в сравнении с коммерческим фотокатализатором Degussa P25.

РАЗРАБОТКА ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ИНАКТИВАЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Студент 1 курса магистратуры Яничкина О.С.

Руководитель к.х.н. Дмитриева Е.Д.
Тулский государственный университет
olgayanichkina@rambler.ru

В настоящее время одной из наиболее острых экологических проблем является загрязнение объектов окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). Поведение ионов тяжелых металлов в водных и почвенных средах контролируют гуминовые вещества (ГВ), которые связывают катионы тяжелых металлов в нетоксичные комплексы, тем самым снижая их биодоступность. Исследования, направленные на разработку современных полусинтетических сорбентов на основе природного сырья (ГВ), являются актуальными.

Цель работы: разработка полусинтетического сорбента на основе гуминовых веществ для инактивации ионов тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Получены полусинтетические природные сорбенты на основе ГВ путем их модификации различными прекурсорами (фенол, гидрохинон, пирокатехин). Установлено, что модификация ГВ увеличивает сорбционную емкость в 3–4 раза. Значения констант устойчивости (Куст) комплексов модифицированных ГВ и ионов тяжелых металлов варьируются в пределах от $7,0 \cdot 10^8$ до $7,0 \cdot 10^{10}$ л/моль и зависят от типа прекурсора и катиона металла. Для инактивации ионов Pb^{2+} перспективно использовать сорбент на основе ГВ модифицированных пирокатехином, Куст данного комплекса составляет $7,0 \cdot 10^{10}$ л/моль; для Zn^{2+} – сорбент на основе ГВ модифицированных гидрохиноном, с Куст $6,0 \cdot 10^{10}$ л/моль [1].

Разрабатываемый сорбент можно применять как в твердом виде, так и в жидком. В твердом виде сорбент используют в виде кассет, помещаемых в очистные сооружения. Время пребывания кассет с сорбентом около трех месяцев, после чего кассеты идут на регенерацию и возвращаются в производство с выходом 95 %, а соли тяжелых металлов на электрохимические производства. Достоинства твердого сорбента: сменные; можно рассчитать количество кассет, необходимое для очистки нужного объема загрязненной воды; возможен рецикл.

Разрабатываемый сорбент можно вносить в очистные сооружения и в виде раствора, при этом образуется нерастворимый осадок гуматов металлов, который извлекают через 2–3 года, и отправляют на ремедиацию. Длительность ремедиационных мероприятий составляет 6 месяцев, после чего получается биогумус и основа для гидропона, которые находят дальнейшее использование как удобрение. Достоинства жидкого сорбента: жидкое агрегатное состояние требует меньшего количества; высокая прочность и скорость связывания ионов металлов в нетоксичные комплексы; легкость внесения за счет использования техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. О.С. Яничкина, М.М. Леонтьева, В.И. Голикова, «Экотоксикология 2018». Изд-во ТулГУ. 2018, 221.

**НОМИНАЦИЯ II
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ
ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**



**СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ
ПОЛИМЕРОВ И МАТЕРИАЛОВ
НА ИХ ОСНОВЕ»**

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФОНА С СОДЕРЖАНИЕМ НАПОЛНИТЕЛЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

Студент 3 курса Афаунов Ш.А.

Руководитель профессор Хаширова С.Ю.

Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова

shamil.afaunov@mail.ru

Аддитивные технологии стремительно внедряются в высокотехнологичные отрасли промышленности. Однако, узкий диапазон доступных полимерных материалов для 3D-печати конструкционных изделий не только в РФ, но и в мире существенно ограничивает применение аддитивных технологий, что приводит к невозможности использования в достаточной степени технологических преимуществ нового цифрового производства для изготовления конкурентных образцов современной техники. Перспективным материалом для 3D печати ответственных изделий является суперконструкционный аморфный полимер – полифениленсульфон (ПФСн) [1]. Несмотря на это, к моменту выполнения настоящей работы в мире известна всего одна марка полифениленсульфона, пригодная для 3D-печати – PPSU фирмы Stratasys (США). В связи с этим разработка новых композитных материалов на основе полифениленсульфона с комплексом свойств, необходимых для применения в аддитивных технологиях является актуальной задачей как в научном, так и в прикладном аспектах. Цель настоящей работы заключалась в разработке и исследовании новых композиционных материалов для 3D печати на основе полифениленсульфона и наполнителей различной природы – талька (Т) и углеволокна (УВ). Показано, что УВ и Т оказывают армирующее воздействие на ПФСн. Полученные композиты обладают необходимыми технологическими и термическими свойствами для 3D печати при высоких температурах (выше 400 °С). Физико-механические характеристики напечатанных и отлитых образцов одного из разработанных композитов ПФСн-тальк приведены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства композитов на основе ПФСн и талька

Наименование показателя	ПФСн		ПФСн-Т1		ПФСн-Т2	
	Литье	3D-печать	Литье	3D-печать	Литье	3D-печать
Ударная вязкость по Изоду, кДж/м ² , без надреза	н/р	н/р	155	н/р	н/р	н/р
Модуль упругости при изгибе, ГПа	2,50	2,55	3,45	3,55	3,3	4,1
Модуль упругости при растяжении, ГПа	2,20	2,10	3,2	2,76	3,07	3,15
Прочность при разрыве, МПа	70	79	75	70	70	70

Примечание: б/н – без надреза, н/р – образец не разрушается

Как видно из результатов, представленных в таблице 1, деформационно-прочностные свойства напечатанных образцов практически не уступают отлитым, а значение модуля упругости при изгибе даже превосходит соответствующее значение литевых образцов. Таким образом, впервые разработаны новые отечественные композиты на основе полифениленсульфона и наполнителей различной природы с повышенными физико-механическими свойствами для 3D печати конструкционных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Slonov A.L., Khashirov A.A., Zhansitov A.A., Rzhetskaya E.V., Khashirova S.Y., *Rapid Prototyping Journal*, **2018**, *24*(7), 1124–1130.

ПОЛУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СУСПЕНЗИЙ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ЗАРЯДОМ ЧАСТИЦ ИЗ ПОЛИМЕРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Студент 2 курса магистратуры Горбатов П.С.

Руководитель д.х.н., профессор Грицкова И.А.
МИРЭА – Российский технологический университет
refazer@mail.ru

Отличие искусственных латексов от синтетических заключается в том, что свойства синтетических латексов определяются на стадии их получения и во многом зависят от условий проведения полимеризации. Искусственные латексы получают из готового полимера, и дисперсность полимерной суспензии, заряд и устойчивость можно регулировать в широких пределах, таким образом, расширяя их ассортимент и области применения, например, для получения на их основе гибридных полимеров и материалов. Отсутствие в России технологии получения искусственных полимерных суспензий в основном связано с отсутствием как регламентов их синтеза с высокой агрегативной устойчивостью, так и ассортимента ПАВ с высокими поверхностно-активными свойствами, обеспечивающих агрегативную устойчивость полимерных суспензий на всех стадиях их получения.

Цель – выявление особенностей процессов получения агрегативно устойчивых искусственных полимерных суспензий на основе диенстирольного термоэластопласта и кремнийорганических полимеров.

На основе поставленной задачи была разработана методология получения искусственных полимерных суспензий, включающая в себя несколько стадий: растворение полимера, эмульгирование, дегазация растворителя и концентрирование [1]. Выбор растворителя оказался непростой проблемой, необходимо было выбрать растворитель, в котором при концентрации полимера 10 % масс, растворы полимера имели наименьшую вязкость. Каждая стадия получения латексов сопровождалась необходимостью выбора наиболее оптимальных условий: так, на стадии эмульгирования было необходимо выбрать тип диспергирующего устройства [2] и природу ПАВ. Данная задача была решена путем проведения серий экспериментов с использованием различных диспергирующих устройств, и был сделан вывод, о том, что наименьший размер частиц и наивысшая стабильность суспензии наблюдается либо при ультразвуковом диспергировании, либо при использовании диспергатора типа ротор-статор. Выбор поверхностно-активного вещества проводили по его коллоидно-химические свойствам (σ , мДж/м²; $\Gamma_{\text{макс}}$, моль/м² S_{мол}, м²; G, мДж·м/моль). Наилучшие результаты были получены в присутствии катионных ПАВ типа Катамин АБ (четвертичное аммониевое соединение), кремнийорганических ПАВ, в том числе КО ЧАС, а также их смесей с катионными ПАВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.А.Лазурин, В.Т.Самородов, Л.В.Космодемьянский Получение, свойства и применение латексов неэмульсионных полимеров. М. – 1981.
2. Эмульсии. Под редакцией Ф. Шермана. Пер. с англ. под ред. А. А. Абрамзона. Изд-во «Химия», Л., 1972, стр. 448.

ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ГИДРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ ПРИВИТЫХ СОПОЛИМЕРОВ КРАХМАЛА И АКРИЛАМИДА

Студент-магистрант 2 курса Зейналова С.З.

Руководитель д.х.н., профессор, Смирнова Л.А

*Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского
sakina3@mail.ru*

На данный момент актуальным направлением в развитии химической науки является решение обостряющихся экологических проблем. И одна из них – это замена синтетических продуктов химической промышленности на более экологичные биоразлагаемые материалы [1].

Методом привитой сополимеризации в растворе получены сополимеры трехмерной структуры на основе крахмала и акриламида с использованием сшивающего агента N'N-метилен-бис-акриламида.

Оригинальность метода заключается в том, что, гидрогели с соотношением Крахмал:Акриламид по массе 1:0,5 – 1:3 в составе были получены минуя стадию желатинизации крахмала.

Продукт синтеза представляет собой гидрогель с высокой сорбционной способностью, максимальная степень набухания которого составляет 550 мл воды (55000 %) на 1 грамм сухого продукта. Гидрогели являются оптически прозрачными, термочувствительными, способными к многократному циклу сорбции и десорбции воды, а также разлагаемыми под действием специфических для крахмала ферментов.

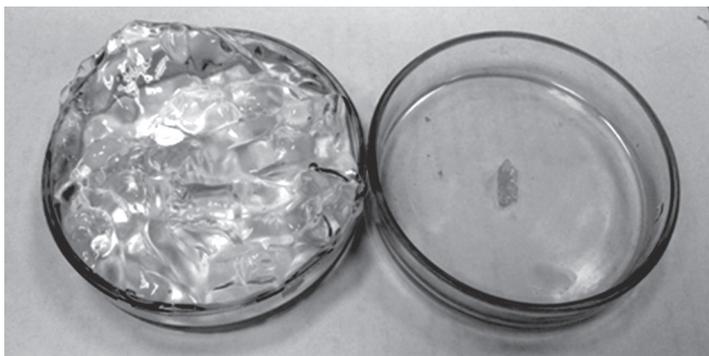


Рис. 1. Фото гидрогеля состава Кр:АА+ N'N-метилен-бис-акриламид: слева – набухшего в 414 раз ($m=151,8$ г), справа – сухого ($m=0,366$ г)

ЛИТЕРАТУРА

1. Кряжев В.Н., Романов В.В., Широков В.А. *Химия растительного сырья*. 2010, 1, 5–12.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОЧНЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПАКЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СКФ-26

Студент 1 курса магистратуры Ковалев В.А.

Студент 2 курса магистратуры Куцов Д.А.

Руководитель доцент Пучков А.Ф.

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Kovalevvlad@yandex.ru

Целью настоящей работы явилось создание и разработка резин на основе отечественного фторкаучука, обеспечивающих работоспособность уплотнительных элементов при температуре до 200 °С и давлении 70 МПа, статической нагрузке от 6 тонн и выше.

Основная проблема при использовании отечественных фторкаучука, в частности СКФ-26, связана с недостаточной прочностью вулканизатов. Поэтому, уже на стенде, при осевом сжатии с нагрузкой до 6 тонн уплотнительный элемент разрушался. Как показали исследования, проблема может быть решена использованием в резиновой смеси модифицированного асбеста хризотилового (АХ).

Модификация выражается, в диспергировании АХ в лактамсодержащем расплаве, что позволяет устранить ряд технологических проблем и повысить прочность вулканизатов в результате измельчение волокон диспергированного асбеста хризотилового (ДАХ) в эластомерной матрице. При этом, образование коллоидных частиц может способствовать возникновению химических связей между частицами ДАХ и каучуком за счет реакции аминокaproновой кислоты и ароматических диаминов в составе лактамсодержащего диспергатора [1]. В таблице, как показано, – это приводит к повышению условной прочности. Причем, с увеличением дозировки ДАХ прочность возрастает и может достигнуть 31 МПа, а относительное удлинение – составить, практически, 3 % от исходного значения.

Таблица. Составы резиновых смесей и физико-механические показатели вулканизатов

Ингредиенты	Составы, мас. ч.				
Фторкаучук	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Т-900	40,00	20,00	20,00	20,00	–
ДАХ	–	20,00	40,00	60,00	100,00
Физико-механические показатели					
Твердость, Шор А	75	90	92	95	100
Условная прочность при разрыве, МПа	13,5	20,1	22,4	23,9	31,0
Относительное удлинение, %	280	120	80	60	10
Остаточное удлинение, %	6	4	4	2	1

В итоге, регулируя количество ДАХ, можно достичь оптимальных значений прочности и относительного удлинения и изготовить уплотнительные элементы в соответствии с предъявляемыми требованиями.

.....

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Ф. Пучков. *Каучук и резина*. 2006, 6, 26.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИДКОЙ ФАЗЫ НА ВЫХОД И СВОЙСТВА ПА-6Т, ПА-6И В ПРОЦЕССЕ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ

Студент 2 курса магистратуры Критов А.В.

Руководитель к.х.н., Лагусева Е.И.

Тверской государственный технический университет

alekseykritov2011@gmail.com

Целью данной работы является изучения влияние температуры жидкой фазы на выход и свойства ПА-6И, ПА-6Т в процессе газожидкостной поликонденсации.

Синтез полимеров на границе раздела газ-жидкость возможен лишь при условии использования в процессе мономеров с высокой реакционной способностью, т.е. способных вступать в мгновенные или быстрые реакции гетерополиконденсации. В связи с этим в составе реакционных систем должны быть ацилируемые и ацилирующие мономеры, а также акцепторы низкомолекулярного продукта поликонденсации.

Суммарное уравнение полиамидирования может быть записано следующим образом:



где R = Alk, Alk-Ar; R' = Alk, Ar.

Проблематичность экспериментального изучения кинетики газожидкостного межфазного полиамидирования обусловлена спецификой механизма совмещенного процесса синтеза полимера и формования волокнисто-пленочной морфологии его непосредственно в реакционной камере.

Наиболее высокие значения показателей процесса при избыточном давлении 0,01 МПа достигаются при установлении температуры жидкой фазы для ПА-6И в пределах 95–100 °С, для ПА-6Т – 99–102 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров В.А. Газожидкостная поликонденсация: Монография / В.А. Никифоров, Е.А. Панкратов, Е.И. Лагусева, А.В. Березкин. Тверь: ТГТУ, 2004. 268 с.
2. Никифоров В.А. Реакционное формование полиамидных фибридов: учеб. пособие / В.А. Никифоров, Е.А. Панкратов, Е.И. Лагусева, Т.Л. Кравец. Тверь: ТГТУ, 2008. 56 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ЛАТЕКСОВ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ИЗОПРЕНА И МЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ТАБЛЕТОК

Студентка 5 курса Крюкова А.С.

Руководитель к.х.н., доцент Коротнева И.С.

Ярославский государственный технический университет

KryukovaAnna76@yandex.ru

В настоящее время актуальной задачей является создание пленкообразующих композиций фармацевтического назначения для производства пленочных оболочек твердых лекарственных форм, обеспечивающих пролонгированность действия и адресную доставку лекарственного вещества в требуемый отдел желудочно-кишечного тракта. Настоящая работа посвящена синтезу пленкообразующих латексов сополимеров различного строения на основе диенов, акрилатов и карбоксилсодержащих мономеров методом радикальной полимеризации в эмульсии с варьированием соотношения основных компонентов в исходной смеси для создания пленочных покрытий таблеток с рН зависимым высвобождением действующего вещества. Установлено, что латексы сополимеров, синтезированные при одновременной загрузке сразу всех мономеров в исходную смесь приводили к образованию продукта с неудовлетворительными пленкообразующими свойствами, что требовало введения пластификатора. Однако, следует отметить, что использование пластификаторов должно сводиться к минимуму или исключаться полностью, поскольку их присутствие в пленочном покрытии может иметь дестабилизирующее воздействие, вероятно, связанное с миграцией небольших молекул, что может вызывать ухудшение свойств покрытия во времени. С целью исключения пластификаторов из состава пленочных покрытий синтез полимеров осуществляли прививочной сополимеризацией в эмульсии. В качестве латекса «затравки» в работе получали водную дисперсию гомополимера диена. На второй стадии к частицам затравочного латекса прививались акриловые мономеры, используя процесс радикального иницирования гидропероксидами. Для подавления зарождения новых полимерных частиц синтез проводился в условиях недостатка эмульгатора.

Важным свойством материала оболочек является его растворимость в биожидкостях. Покрытия, влияющие на характер высвобождения фармацевтических субстанций, могут обеспечивать рН-зависимое высвобождение действующего вещества. В работе проводилось исследование растворения синтезированных привитых сополимеров в водных растворах в зависимости от кислотности среды. Кишечнорастворимые оболочки не должны распадаться в среде желудочного сока. Синтезированные сополимеры удовлетворяли данным требованиям. Максимальная растворимость полученных привитых сополимеров проявлялась при рН 7.4, соответствующему кислотности отдела толстой кишки и составила 59 % (масс.).

Синтезированный латекс привитого диен-акрилового сополимера апробирован в качестве пленочного покрытия на двояковыпуклых круглых таблетках плацебо. Латекс обладал высокой механической устойчивостью, разбавлялся до содержания твердой фазы 5 % (масс.) и наносился на таблетки с применением установки барабанного типа (коутер ВGB-5F) через форсунку. Установлены технологические параметры процесса покрытия таблеток. Показано, что прочность на сжатие и прочность к истиранию таблеток, покрытых полученным составом на порядок выше по сравнению с таблетками-ядрами. Поверхность покрытых таблеток гладкая глянцевая, без сколов и видимых дефектов.

ГЕТЕРОФАЗНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ВИНИЛОВЫХ МОНОМЕРОВ В ПРИСУТСТВИИ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПАВ

Студентка 1 курса магистратуры Макеева В.С.

Руководители д.х.н., профессор Грицкова И.А., аспирант Артамонова Н.Е.

МИРЭА – Российский технологический университет

Barbaryyyska@yandex.ru

Одной из актуальных проблем современной химии является загрязнение окружающей среды. Разработка полимеров, чувствительных к биodeградации, приобретает все большее значение по двум причинам: полимеры, которые естественно деградируют в организме с образованием безвредных продуктов, могут быть использованы для доставки лекарств, а полимеры, которые разрушаются в окружающей среде, значительно «более экологичны», чем традиционные пластмассы. В настоящее время активно используют такое ПАВ, как Boltorn, для доставки лекарственных средств. Синтез полимерных суспензий в присутствии биоразлагаемых ПАВ открывает новые области применения биоразлагаемых веществ.

Цель работы состояла в том, чтобы получить устойчивые полимерные суспензии в присутствии биоразлагаемых ПАВ различного строения, а также изучить влияние строения основной цепи молекулы ПАВ на процесс полимеризации. Для достижения поставленной цели проводилась гетерофазная полимеризация стирола, метилметакрилата и винилацетата в присутствии полиэфирполиола Boltorn H40 и его производных в качестве ПАВ с целью дальнейшего изучения свойств получаемых микросфер. В результате было установлено, что биоразлагаемые ПАВ разветвленного и дендритного строения на основе полиэфирполиола Boltorn проявляют поверхностную активность не хуже, чем широко используемые ПАВ линейного строения, и в их присутствии были получены устойчивые полимерные суспензии с содержанием полимера $\approx 20\%$, узким распределением частиц по размерам и диаметром частиц от 0,3 до 1,8 мкм.

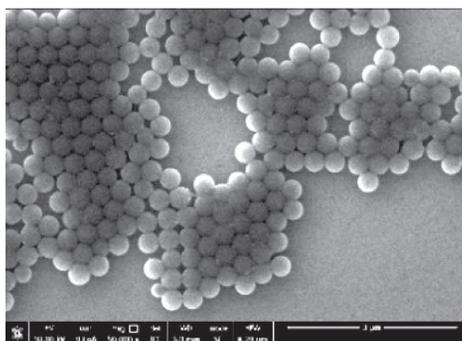


Рис. 1. Полистирольные микросферы, полученные в присутствии сверхразветвленного полиэфира 2.2-бис-метилпропионовой кислоты (Boltorn H40)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01193.

ЛИТЕРАТУРА

1. H.J. Wang, K.M. Chen. Preparation and Surface Activity of Biodegradable Polymeric Surfactants, Taiwan University of Science and Technology, **2004**.
2. T. Renette¹, N. Bege, T. Kissel, Nanoparticles for paclitaxel delivery, Marburg, Germany, **2009**.
3. Analysis of biodegradable polymers by GPC/SEC, Graham Cleaver and Agilent Technologies inc, USA, **2015**
4. Н.И. Прокопов, А.Ю. Гервальд, Н.С. Серхачева, А.М. Шестаков Практикум по дисциплине «Методы исследования полимеров». – М.: МИТХТ, **2013**.
5. В.П. Зубов, Н.И. Прокопов, Лабораторный практикум по курсу Основы физики и химии полимеров, – М.: МИТХТ, **2001**.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФОНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Студентка 2 курса Махова Д.А.

Руководитель профессор Хаширова С.Ю.

*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова
dinara_makhova_00@mail.ru*

Ароматические полифениленсульфоны (ПФСн), обладающие комплексом ценных эксплуатационных свойств, широко востребованы в высокотехнологичных отраслях (авиации, космосе, электронике, машиностроении и др.) и являются перспективными материалами для аддитивных технологий. Однако эффективность их применения в 3D-печати определяется наличием знаний о влиянии условий синтеза, строения мономеров, термических свойств на характеристики 3D-изделий, которые к настоящему моменту еще недостаточно сформированы и не освещены в литературных источниках [1,2]. Поэтому исследования, направленные на совершенствование синтеза и свойств сополимеров на основе ПФСн, для применения в аддитивных технологиях, актуальны, научно значимы и имеют огромный практический потенциал.

В связи с этим целью данной является направленный синтез сополифениленсульфонов с кардовыми фрагментами 4,4'-дигидроксифталофенона (ФФ) и изучение их физико-химических свойств для применения в аддитивных технологиях. Синтез сополимеров проводили методом высокотемпературной поликонденсации по механизму нуклеофильного замещения в среде диметилацетамида. Как показали результаты, увеличение содержания доли ФФ в структуре ПФСн приводит к снижению ПТР, что, вероятно, обусловлено препятствием объемных боковых заместителей перемещению макромолекул друг относительно друга в расплаве. Методом турбидиметрического титрования была изучена полидисперсность синтезированных сополимеров. Всем синтезированным сополимерам присущ один выраженный максимум, что свидетельствует об образовании не смеси гомополимеров, а статистических сополимеров.

Введение в ПФСн ФФ заметно повысило температуру стеклования и теплостойкость сополимеров. С увеличением концентрации ФФ в полимерной цепи модули упругости как при изгибе, так и при растяжении постепенно повышаются (примерно на 14 % при 50 %-ном содержании сомономера). Прочностные характеристики также имеют тенденцию к увеличению. В особенности, четкая корреляция наблюдается при испытании на прочность при разрушении.

Выявлено количественное соотношение сомономеров при синтезе сополимера, которое приводит к образованию материала, обладающего оптимальными реологическими и механическими свойствами для применения в 3D-печати. Испытание свойств данного сополимера показало, что ударная вязкость напечатанных образцов существенно превосходит соответствующее значение для образцов, полученных методом литья под давлением. При этом значения модулей упругости напечатанных и литьевых образцов, как при изгибе, так и при растяжении достаточно близки. Показана возможность качественной 3D-печати синтезированных сополимеров методом послойного нанесения расплавленной полимерной нити. Испытания сополимера ПФСн с 30 % содержанием кардовых фрагментов 4,4'-дигидроксифталофенона показывают, что напечатанные образцы по своим свойствам не уступают литьевым.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Zheng. *Polymer communications*. 1985, 2, 176–179.
2. В.В. Шапошникова. *Высокомолек. соед.* 1999, 41(2), 217–225.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ШУНГИТА НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Студент 4 курса Молчанский Н.С.

Руководитель: профессор Новопольцева О.М., инженер Крюкова Д.А.
Волжский политехнический институт (филиал) ВолГТУ
firstformysweet@gmail.com

В настоящее время ведутся исследования по возможности замены минерального наполнителя марки Таурит ТС-Д месторождения «Коксу» (Республика Казахстан) и технического углерода (ТУ) на отечественный природный углеродсодержащий наполнитель эластомерных композиций – шунгит, добываемый ООО «Карельская инвестиционная компания «РБК» на базе Зажогинского месторождения (Республика Карелия).

Таурит ТС-Д и шунгит – природные минеральные наполнители близкие по составу (таблице 1). Большее содержание углерода и диоксида кремния в составе шунгита позволяет предположить большую эффективность при равномассовой замене ТУ на шунгит, чем на Таурит ТС-Д. Поэтому использование шунгита, с целью частичной или полной замены ТУ в рецептурах шинных и технических резин на основе неполярных эластомеров, может решить проблему импортозамещения, а также повысить экологическую безопасность производства шин и РТИ.

Таблица 1. Химический состав наполнителей

Образец	Массовая доля компонентов, %									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	S	C
Шунгит	57,0	0,2	4,0	2,5	1,2	0,3	0,2	1,5	1,2	29,0
Таурит ТС-Д	36,6	0,9	11,9	4,3	0,7	0,3	0,2	3,0	0,03	5,3

Замена части ТУ на шунгит приводит к снижению как физико-механических свойств, так и адгезионной прочности в системе резина-армирующий материал. Поэтому для возможного улучшения свойств проведена физическая (обработка СВЧ-излучением) и химическая (обработка щелочами, аминами и др.) модификации и изучено влияние модифицированного шунгита на эксплуатационные характеристики шинных и технических резин при равномассовой замене технического углерода.

Введение в состав резиновой смеси как физически модифицированного шунгита, так и шунгита обработанного щелочью не приводит к сколько-нибудь значимым положительным результатам. Замена части ТУ или полная замена Таурита ТС-Д на шунгит модифицированный аминами приводит к улучшению физико-механических и адгезионных свойств.

Таким образом, возможна частичная замена технического углерода в составе шинных и технических резин на шунгит Зажогинского месторождения (Республика Карелия) модифицированного аминами.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ С АКТИВНЫМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ

Студент 1 курса магистратуры Нагорная Я.А.

Руководитель профессор Симонов-Емельянов И.Д.
МИРЭА – Российский технологический университет
yanko09@yandex.ru

Пропитка волокнистых армирующих наполнителей является основной стадией получения качественных ПКМ и изделий. Вязкость эпоксидных олигомеров, используемых для пропитки, как правило, составляет 5–50 Па·с. Для снижения вязкости в эпоксидные олигомеры вводят инактивные и активные растворители. Целью данной работы является изучение влияния активных разбавителей на реологические свойства эпоксидных олигомеров.

В настоящей работе исследовано влияние активных растворителей различной структуры на реологические свойства наиболее широко используемого на практике эпоксидного олигомера марки ЭД-20. Применение Лапроксидов позволяет снизить как вязкость эпоксидных связующих, так и улучшить некоторые эксплуатационные характеристики ПКМ. Модифицированные Лапролатами эпоксидные олигомеры обладают улучшенными механическими свойствами и повышенной жизнеспособностью, возрастающей с ростом содержания циклокарбонатных групп.

Введение активного разбавителя в систему эпоксидного олигомера приводит к существенному снижению вязкости системы и уменьшению энергии активации вязкого течения (рисунок 1).

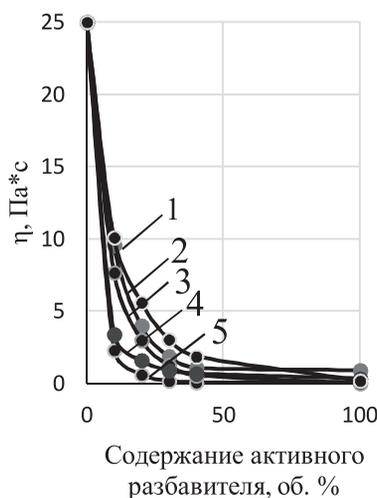


Рис. 1. Зависимость вязкости системы ЭД-20 + Лапроксид 703 (1) ЭД-20 + Лапроксид 181 (2), ЭД-20 + Лапроксид 201Б (5) и ЭД-20 + Лапролата 301 (3) и ЭД-20 + ДЭГ-1 (4) при 20 °С от содержания активного разбавителя

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов А. Н., Апецкимов Н. В., Симонов-Емельянов И. Д. *International Polymer Science and Technology*. 2016.

ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫЕ КЕРНОВЫЕ ПИГМЕНТЫ С ОБОЛОЧКОЙ ИЗ ПОЛИАНИЛИНА

Магистрант 2 курса Пугачёва Т.А.

Руководитель к.х.н. Курбатов В.Г.

*Ярославский государственный технический университет
sinichka.71@yandex.ru*

В настоящее время подавляющее большинство противокоррозионных пигментов — это высокотоксичные соединения, содержащие тяжелые металлы. Одним из способов создания высокоэффективных и экологически безопасных полимерных композиционных материалов может быть использование материалов, содержащих проводящие полимеры и, в частности, ПАНи [1–3]. Большой эффективности можно добиться, используя ПАНи в виде тонкой оболочки на поверхности различных носителей.

Показано влияние кислоты-допанта и соотношения субстрат: ПАНи на свойства оболочковых пигментов. Лучшие противокоррозионные свойства имеют пигменты с оболочкой из ПАНи, допированного фосфорной кислотой, что связано с образованием, помимо слоя магнетита, также и фосфатного слоя на поверхности стали.

Определена зависимость свойств оболочковых пигментов от соотношения субстрат: ПАНи. Установлено, что толщина оболочки влияет на защитные свойства. Показано, что для керновых пигментов, содержащих 20 % ПАНи плотность тока коррозии минимальна для исследуемого диапазона. Показано, что использование «чистого» ПАНи менее эффективно по сравнению с оболочковыми пигментами.

Показано, что введение пигментов с оболочкой из ПАНи позволяет повысить противокоррозионные свойства покрытий, сформированных как из органорастворимых систем, так и из водно-дисперсионных.

Показано, что увеличение содержания ПАНи в керновом пигменте приводит к росту маслосмачиваемости пигментов. Это связано с увеличением удельной поверхности пигмента, вследствие чего для смачивания требуется больше масла. Укрывистость керновых пигментов увеличивается с ростом содержания ПАНи. Красящая способность керновых пигментов уменьшается при снижении содержания ПАНи. Чернота полученных керновых пигментов при содержании ПАНи свыше 20 % масс. находится практически на одном уровне с пигментными сажками. Однако, по сравнению с сажкой диспергирование керновых пигментов на основе мягких ядер будет происходить существенно быстрее. Таким образом, полученные продукты могут быть рекомендованы в качестве черных пигментов, обладающих противокоррозионными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Armelin, C. Alemán, J.I. Iribarren, *Progress in Organic Coatings*, **2009**, 65, 88.
2. E. Armelin, M. Martíá, F. Liesab, J.I. Iribarrera, C. Alemán, *Progress in Organic Coatings*, **2010**, 69, 26.
3. M. Kohl, A. Kalendová, J. Stejskal, *Progress in Organic Coatings*, **2014**, 77, 512.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНЫМИ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ НА ПОЛИМЕРНЫЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫЕ НОСИТЕЛИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ, ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДАМ ЭЛЕКТРОСПИННИГА

Магистрант 2 курса Ракина А.А.¹

Руководитель к.ф.-м.н. Твердохлебов С.И.²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет
aar37@tpu.ru

В настоящее время активно развиваются технологии создания материалов медицинского назначения. В частности, наиболее актуальные вопросы, которые ставят перед собой исследователи, состоят в разработке многофункциональных изделий, которые могут применяться для различных целей. В данной работе предложены к рассмотрению способы формирования методом электроспиннинга полимерных биodeградируемых скаффодов на основе поликапролактона и последующего модифицирования импульсным электронным пучком. Разрабатываемые скаффолды предназначены для адресной доставки и контролируемого высвобождения лекарственных средств. В качестве модельного лекарственного средства (ЛС) был выбран парацетамол. Методом электроспиннинга из прядильных растворов были сформованы 9 групп экспериментальных образцов, включающих в себя однослойные листовые волокнистые материалы с концентрацией ЛС, равной 0, 2, 8, 16 и 32 масс./масс.%, а также трехслойные композитные материалы, в которых слой с ЛС был заключен между двумя слоями равной толщины, не содержащими ЛС. В дальнейшем группа была разделена на подгруппы без обработки и обработанные импульсным электронным пучком. Обработка проводилась на ускорителе ТЭУ-500 (ТПУ) при следующих параметрах: диаметр электронного пучка – 5 см, кинетическая энергия электронного пучка – 350–450 кэВ, ток – 6 кА, длительность импульса на полувысоте – 60 нс, энергия электронного пучка – 90 Дж, число импульсов – 1, при н.у.

Были исследованы морфологические, механические и физико-химические свойства образцов, а также исследование выхода ЛС в модельную буферную среду. Изготовленные скаффолды представляли собой высокопористые однородные волокнистые материалы с равномерным распределением ЛС по объему волокна. Показано, что для однослойных материалов в первые минуты эксперимента происходит резкое увеличение (скачок) концентрации ЛС с буферной среды, а также достаточно низкое значение максимального количества вышедшего вещества. Добавление «запирающих» слоев позволило нивелировать эффект скачка, а обработка импульсным электронным пучком, дополнительно, увеличило значение максимального количества вышедшего вещества.

Полученные результаты могут быть использованы для создания новых перспективных материалов для тканевой инженерии за счет возможности регулирования скорости и профиля высвобождения ЛС из синтетических экстрацеллюлярных матриксов.

Исследование выполнено в Томском политехническом университете в рамках проекта РНФ 0.1691.РНФ.2016 соглашение № 16-13-10239 от 18 мая 2016 года и поддержано Министерством образования и науки Российской Федерации, Федеральная целевая программа (соглашение № 14.575.21.0140, уникальный идентификатор RFMEFI57517X0140), а также Фондом содействия инновациям в рамках программы «УМНИК», договор № 11912ГУ/2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АМИНОЭФИРОВ ОРТО-ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Студент 6 курса Сазонов О.О.

Руководитель профессор Давлетбаева И.М.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет
sazonov.oleg2010@gmail.com*

В настоящее время все более широкое применение находят защитные покрытия, проявляющие высокие механические, адгезионные характеристики и стойкость к воздействию сред различной природы. Эти материалы могут использоваться в самых различных условиях окружающей среды для защиты поверхностей от влаги, солевого тумана, химических веществ и воздействия предельных температур, предотвращая, в том числе, коррозию, образование плесени и т.д. [1, 2].

На основе орто-фосфорной кислоты (ОФК), триэтанолamina и полиоксипропиленгликоля (ППГ) с молекулярной массой 1000, были получены аминоэфиры орто-фосфорной кислоты (АЭФК). Особенностью строения АЭФК является их гиперразветвленность и наличие в их составе терминальных гидроксильных групп. Существование терминальных гидроксильных групп в количестве, достигающем пяти, и существование в АЭФК разделенных в пространстве ионных пар, представляет интерес для получения на основе этих соединений полиуретанов иономерной природы.

В качестве изоцианат содержащего соединения был использован ароматический полиизоцианат (ПИЦ). В результате, на основе АЭФК и ПИЦ были получены защитные пленочные полиуретановые материалы. С увеличением мольной доли ОФК при синтезе АЭФК разветвленность последнего уменьшается, за счет уменьшения степени этерификации орто-фосфорной кислоты. Это обстоятельство оказывает значительное влияние на физико-механические свойства соответствующих полиуретанов. Согласно кривым напряжение – деформация, значения предельной прочности и удлинения зависят от содержания орто-фосфорной кислоты в составе АЭФК, а изменение мольной доли ОФК приводит к изменениям химического строения АЭФК. Был установлен рост адгезионных характеристик с увеличением содержания нелетучих веществ в лакокрасочном материале (ЛКМ). Разветвленная структура, наличие кислых Р-ОН групп и разделенных в пространстве ионных пар в составе АЭФК представляет перспективу для создания полимерных покрытий с высокими адгезионными характеристиками и стойкостью к воздействию агрессивных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Д. Яковлев, Химия и технология лакокрасочных покрытий: учебник для вузов; изд. 3-е, Спб. Химиздат, 2008. 448 с.
2. M. Akbarian, M.E. Olya, M. Mahdavian, M. Ataefard, Prog. Org. Coat., 2014, 77, 1233–1240.

СОРБЦИЯ ИОНОВ МЕДИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПОЛИСАХАРИДНЫМ СОРБЕНТОМ

Студентка 2 курса магистратуры Смирнова Н.Э.

Руководитель профессор Никифорова Т.Е.

Ивановский государственный химико-технологический университет

nikasmirnova@rambler.ru

Настоящей проблемой для здоровья человека является загрязнение окружающей среды, в том числе водных ресурсов, тяжелыми металлами. Эта проблема требует разработки методов очистки сточных и питьевой вод, а также продуктов питания, от загрязняющих веществ [1].

В последние годы большой интерес представляет разработка сорбентов на основе многотоннажных побочных продуктов или отходов сельского хозяйства, текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности [2]. Однако такие сорбенты обладают недостаточно высокой сорбционной емкостью. Поэтому актуальным вопросом является модификация сорбентов на основе вторичного целлюлозосодержащего сырья.

Целью данной работы является исследование процесса сорбции ионов тяжелых металлов нативным и химически модифицированным льняным волокном из водных растворов.

Был разработан двухстадийный способ получения сорбента на основе льняной целлюлозы (льняного волокна) путем окисления NaIO_4 и последующей обработки сорбента H -кислотой. В ходе работы исследован процесс сорбции ионов Cu^{2+} на льняном волокне, модифицированном H -кислотой.

Были получены кинетические кривые сорбции ионов Cu^{2+} модифицированным H -кислотой волокном льна для определения параметров, характеризующих сорбционные свойства исследуемых сорбентов. Обнаружено, что модифицированный H -кислотой образец сорбента показывает лучшие сорбционные свойства по сравнению с окисленным сорбентом.

Время достижения сорбционного равновесия в системе «водный раствор CuSO_4 – сорбент» сокращается с 10 минут для окисленного волокна льна до 5 минут для льняного волокна, модифицированного H -кислотой.

Экспериментальные изотермы сорбции ионов $\text{Cu}(\text{II})$ окисленным и модифицированным льняным волокном были обработаны в рамках модели Ленгмюра. Было установлено, что эта модель позволяет достаточно хорошо описывать процесс сорбции (коэффициент корреляции 0,99 в линейной форме уравнения). Предельная сорбционная емкость льняного волокна, модифицированного H -кислотой, увеличивается относительно предельной сорбционной емкости окисленного льняного волокна и составляет 1,35 моль/кг.

Разработанный сорбент на основе льняного волокна, модифицированного H -кислотой, может использоваться в качестве замены промышленных катионитов для удаления ионов тяжелых металлов из разбавленных водных растворов, в том числе из пищевых систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Podstawczyk D. et al. *Ecol. Eng.* **2015**, *83*, 364–379.
2. Hubbe M. et al. *BioRes.* **2011**, *6*, 161–287.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПЕРВАПОРАЦИОННЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ОЧИСТКИ ТОПЛИВНЫХ ПРИСАДОК

Студент 5 курса Татауров М.В.

Руководитель к.х.н. Пулялина А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет

maksimuspiter@gmail.com

Первапорация – новый и высокоэффективный мембранный метод для разделения и очистки жидких смесей. К преимуществам первапорации перед традиционными способами следует отнести возможность разделения азеотропных и близкочащих смесей без внедрения дополнительных реагентов.

Ключевым фактором, определяющим эффективность процесса, является выбор мембранного материала. Целью данной работы стало получение новых первапорационных гомогенных и ассиметричных мембран на основе промышленно доступного полимера Картон (поли(4,4-оксидифенилен)пиромеллитимида) для очистки топливных присадок.

В настоящее время данный полимер находит широкое применение в мембранной технологии благодаря ряду положительных качеств, таких как низкая стоимость и высокая механическая, термическая и химическая стабильность. Из него получают мембраны для ультрафильтрации и микрофильтрации, однако он еще практически не был изучен для первапорации.

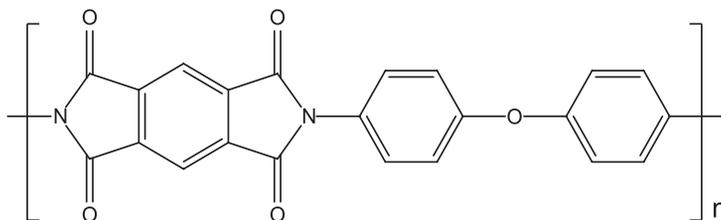


Рис. 1. Поли(4,4-оксидифенилен) пиромеллитимида

В данной работе в качестве разделяемой смеси была выбрана смесь метанол/метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ). МТБЭ используется в качестве одной из наиболее эффективных присадок для получения экологически чистого топлива с высоким октановым числом. Разделение данной смеси является важной задачей, так как в результате промышленного синтеза данного эфира в продукте содержится большое количество метанола, попадание которого в топливо, а в дальнейшем в окружающую среду, недопустимо. Транспортные свойства были исследованы с помощью сорбционного и первапорационного экспериментов. Установлено, что все исследуемые мембраны в основном сорбируют метанол и являются инертными по отношению к эфиру. Разработанные мембраны показали высокую эффективность при очистке МТБЭ от примесей метанола; при этом удельная производительность ассиметричной мембраны была в 15 раз выше по сравнению с гомогенной при разделении смеси метанол/МТБЭ азеотропного состава.

Экспериментальная часть была выполнена с финансовой поддержкой Российского научного фонда (РНФ), грант 18-79-10116.

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА СВОЙСТВА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОЛИГОЭФИРФОСФАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент 4 курса Филиппова Е.В.

Руководители профессор д.х.н. Николаев П.В., доцент к.х.н. Константинова Е.П.

Ивановский государственный химико-технологический университет

mzybkina@list.ru

Ранее показано, что олигоэфирфосфаты (ОЭФ) – продукты совокупности реакций в системе диановые эпоксидные олигомеры – ортофосфорная кислота – являются полифункциональными в технологии систем полимерных покрытий. Их можно использовать в качестве самостоятельных термореактивных пленкообразующих веществ, если синтез проводить в среде кетонов. ОЭФ выполняют роль антипириенов, отвердителей, катализаторов отверждения. Будучи олигомерными поверхностно-активными веществами, они являются диспергаторами в технологии получения пигментированных лакокрасочных материалов [1].

Физико-химической основой синтеза ОЭФ явились серии кинетических исследований реакций в модельных реакционных системах, включающих фенилглицидиловый эфир (ФГЭ), дифениловый эфир глицерина – модели диановых эпоксидных олигомеров, ортофосфорную кислоту (ОФК), воду, спирты и фенолы. Показано, что в результате протекания ряда последовательно-параллельных реакций второго и третьего порядков основными продуктами реакций в системах, включающих ФГЭ, ОФК и воду, являются моно-, ди- и трифеноксигидроксипропиловые эфиры кислоты и продукты их гидролиза [2].

Наиболее целесообразным оказался метод синтеза ОЭФ в среде кетонов. Применение кетонов позволяет получить ОЭФ с концевыми 1,3-диоксолановыми циклами, обуславливающими их термореактивность, а также сконденсировать кетоны с образованием модифицирующих пленкообразующих систем.

Получены солевые формы ОЭФ, самоэмульгирующиеся в воде. В качестве нейтрализаторов при их получении применяли гидроксиды металлов и аминоспирты. В условиях предприятия ООО НПП «Рогнеда» проведены сравнительные испытания промышленных фосфатных диспергаторов, олигоэфирфосфатов, разработанных нами, и импортных образцов диспергаторов, применяемых на предприятии. Показаны преимущества ОЭФ по сравнению с рядом промышленных диспергаторов. Применение синтезированных ОЭФ позволяет получать пигментированные лакокрасочные материалы и покрытия на их основе с заданным комплексом свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинова Е.П. Диссертация ... канд. химических наук, 2008.
2. Николаев П.В. Автореф. дис. ... канд. химических наук, 1977.

ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ САМОРЕГУЛИРУЮЩИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВ С ТЕХНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ

Студент 6 курса Чижов А.С.

Руководитель профессор Марков А.В.

МИРЭА – Российский технологический университет

chizhov.a.s@edu.mirea.ru

Одним из наиболее перспективных направлений развития современной техники являются природоподобные технологии, которые в материаловедении среди прочего включают в себя энергоэффективные саморегулирующиеся системы, основанные на использовании природных особенностях некоторых новых материалов. Примером таковых являются полимерные электропроводящие композиты и нагреватели на их основе с так называемым эффектом саморегулирования. У таких саморегулирующихся нагревателей при достижении заданной температуры окружающей среды электрическое сопротивление резко возрастает на несколько порядков, что приводит к снижению их мощности при постоянном подаваемом на них электрическом напряжении [1, 2]. Их использование не только повышает энергоэффективность и надежность, но и снижает стоимость систем обогрева помещений и технических устройств.

Целью данной работы являлось исследование возможности повышения теплоустойчивости и улучшения других эксплуатационных свойств полиэтиленовых электропроводящих композитов с техническим углеродом (ТУ) УМ-76 (ТУ 38-10001-94, средний размер частиц ~20 нм) введением в них сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ *GUR-2122*, *Ticona* (молекулярная масса ~7 млн, размер частиц ~100 мкм).

Показано, что добавка СВМПЭ влияет на свойства электропроводящего ПЭ композита с ТУ подобно сшиванию полиэтилена, снижая влияние отрицательного термического коэффициента электрического коэффициента (ОТК) и повышает формоустойчивость нагревателей при повышенных температурах. Это позволяет исключить стадию сшивания при изготовлении саморегулирующихся полимерных нагревательных элементов. На основании изучения реологических, механических и термоэлектрических свойств полиэтиленовых композитов с электропроводящим ТУ, модифицированных СВМПЭ было установлено, что в расплаве смесей ПЭ с СВМПЭ формируется диффузионный межфазный слой с пониженной текучестью. Комплексом лучших эксплуатационных свойств обладают саморегулирующиеся композиты, содержащие 30–40 % масс. СВМПЭ. Для переработки полиэтиленовых композитов с ТУ, модифицированных СВМПЭ можно рекомендовать методы экструзии и литья под давлением при 30 % масс. СВМПЭ и прессование СВМПЭ – при 40 % масс. При больших содержаниях СВМПЭ перерабатываемость композиций резко ухудшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Марков., Л.Б. Кандырин, А.В. Марков, М.С. Городницкий. *Конструкции из композиционных материалов*. 2013, 3, 35–40.
2. В.А. Марков., Л.Б. Кандырин, А.В. Марков. *Вестник МИТХТ*, 2013, 8(6), 103–107.

ИОННЫЕ АКТУАТОРЫ НА ОСНОВЕ МИКРОПОРИСТОЙ МЕМБРАНЫ

Студентка 4 курса Шачнева С.С.

Руководитель Морозов О.С.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
shachneva20@gmail.com

Важнейшим критерием, определяющим направление разработок технологий для применения в космических аппаратах, является масса. Поэтому создание легких, компактных, и прочных материалов является первоочередной задачей. Поиск новых технологий, позволяющих изменить сам принцип функционирования и конструкции устройств, выглядит не менее привлекательным. Объединение этих подходов легло в основу создания исполнительных устройств на основе электроактивных полимеров (ЭАП).

Электромеханические исполнительные устройства (актуаторы) состоят из электролитной полимерной пленки, покрытой с двух сторон электродами. При приложении напряжения между электродами происходит набухание одной поверхности актуатора за счет миграции ионов электролита, что приводит к деформации всего устройства.

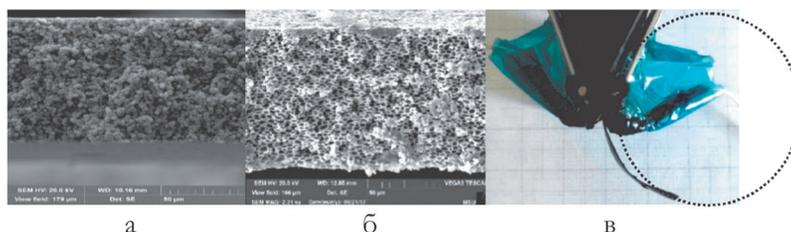


Рис. 1. а) микрофотография мембраны с ПЭГ, б) мембрана с ПИЖ(BF₄), в) актуатор

Целью данной работы является создание актуатора для работы в условиях открытого космоса. В качестве основного связующего полимера как для электролитного слоя, так и электродов был выбран устойчивый к агрессивным средам фторопластополи(винилидендифторид) (ПВДФ). Для изготовления электродов использовали углеродные нанотрубки, в качестве электролита была выбрана ионная жидкость.

Мембраны были получены высушиванием раствора смеси ПВДФ и добавки-порообразователя в ДМФА. В качестве добавки были использованы: поли(1-винил-3-метилимидазолиятетрафторбората) (ПИЖ(BF₄)), поли(1-винил-3-метилимидазолиясульфит) ПИЖ(MeSO₃), полиэтиленгликоль (ПЭГ). Было исследовано влияние условий получения, количества и типа добавки на структуру мембран. При использовании добавки ПЭГ, образовывались сферолиты ПВДФ, а ПЭГ занимал свободный объем между ними. Мембраны, полученные из этой пленки, были хрупкими. При добавлении ПИЖ, образовывался каркас ПВДФ с шарообразными включениями порообразователя. Такие мембраны были более прочными.

На следующем этапе мембраны были пропитаны ионной жидкостью. Наблюдалась прямая зависимость между степенью пропитки электролитом, пористостью и проводимостью мембраны. Мембрана с большей пористостью обладает самой высокой ионной проводимостью (9.2 мСм·см⁻¹). Актуаторы изготовили склеиванием слоев электродов и пропитанной мембраны проводящим клеем. Большие значения электромеханической силы достигаются для актуаторов с мембранами на основе пленок с ПИЖ(BF₄). При пропитке БМИмBF₄ значения силы увеличивается.

Работа выполнена при поддержке российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-29-18090 мк).

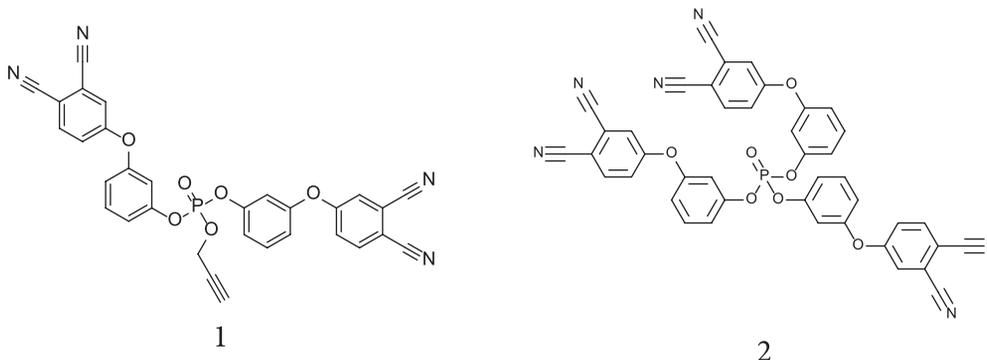
ТЕРМОСТОЙКИЕ СМОЛЫ НА ОСНОВЕ ТРИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ФТАЛОНИТРИЛОВ

Студент 4 курса Яковлев М.В.

Руководители н.с. Морозов О.С., к.х.н. с.н.с. Булгаков Б.А.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
yakovlevmaxim98@gmail.com

Фталонитрильные смолы характеризуются высокой температурой стеклования, крайне высокой термостойкостью. Главной проблемой является высокая температура плавления (стеклования) мономера, что сильно ограничивает температурное окно, при котором возможно его формование [1]. Не так давно нашей лабораторией были получены низкоплавкие фталонитрилы на основе фосфатов [2].

Целью данной работы стало получение и изучение свойств трифункциональных аналогов легкоплавких фталонитрилов, поскольку от них ожидается более высокая степень сшивки, а значит и более высокие механические свойства.



Соединения 1 и 2 получали из соответствующих фенолов и фосфорных хлорангидридов. Наилучшие выходы были достигнуты с использованием Et_3N в качестве основания и ТГФ – как растворителя. Структура и чистота полученных фталонитрилов была подтверждена методом ЯМР на ядрах ^1H , ^{13}C , ^{31}P . 1 представляет собой светло-желтое стеклообразное вещество с $T_{\text{ст}}$ ниже комнатной, а 2 – светло-желтый кристаллический порошок с $T_{\text{пл}} = 167^\circ\text{C}$.

Процесс полимеризации 1 был проанализирован методом ДСК. Интересно, что вместо двух пиков на кривой выделения тепла, соответствующих полимеризации фталонитрильных и пропаргильных групп, отчетливо видны три пика. В ходе целого ряда физико-химических анализов было установлено, что неопознанный пик соответствует деструкции мономера. Для предотвращения этого процесса был подобран металлсодержащий катализатор на основе катионов меди (I).

Для исследования влияния степени сшивки на механические и термические свойства отвержденной матрицы, были отверждены смеси трифункционального мономера 2 с аналогичным дифункциональным фталонитрилом. Было обнаружено, что с ростом массовой доли тризамещенного мономера происходит рост модуля упругости. При этом, термостабильность смолы остается на прежнем уровне. Смеси мономеров плавятся при более низких температурах, чем чистый тризамещенный мономер, что увеличивает технологическое окно формования смолы.

Работа выполнена при поддержке Министерства Науки и Высшего образования. Государственный контракт №.14.607.21.0204 (RFMEFI60718X0204).

ЛИТЕРАТУРА

1. T.M. Keller, *J. Polym. Sci.* **1988**, *26*, 3199.
2. B.A. Bulgakov, *Eur. Polym. J.* **2016**, *84*, 205.

**НОМИНАЦИЯ II
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ
ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**



**СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ»**

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ЗС ПРОТЕАЗЫ ВИРУСА ГЕПАТИТА А ЧЕЛОВЕКА ПРОЦЕССИРОВАТЬ ГИСТОН H3

Студент 5 курса Бердышев И.М.

Руководитель профессор Демидюк И.В.
МИРЭА – Российский технологический университет
igorqetu@mail.ru

Сегодня чрезвычайно велик интерес к технологиям геномного редактирования. Они открывают огромные возможности не только для исследований, но и для медицины, а также для сельского хозяйства и биотехнологии. Гораздо меньше внимания уделяется в настоящее время другому перспективному подходу – эпигеномному редактированию. Сочетание обеих технологий обещает сделать наши возможности влиять на работу геномов практически безграничными. Однако методы эпигеномного редактирования пока находятся на начальном этапе своего развития.

У эукариотов механизмы эпигенетической регуляции экспрессии генов играют огромную роль. Одним из основных среди таких механизмов является посттрансляционная модификация N- и C-концевых участков молекул коровых гистонов. В последнее время стали появляться данные о том, что одной из модификаций гистонов является специфический ограниченный протеолиз, клиппинг, приводящий к удалению концевых регионов, что вызывает изменение активности генов. Несмотря на целый ряд известных примеров клиппинга, его механизмы и биологическое значение все еще остаются слабо изученными. В то же время привлекательной выглядит идея использования клиппирующих протеаз для эпигеномного редактирования с целью удаления модификаций концов гистонов.

К настоящему времени охарактеризован ряд протеолитических ферментов, участвующих в клиппинге гистонов. В основном это клеточные протеазы млекопитающих – достаточно сложные белки, непосредственная интеграция которых в системы эпигеномного редактирования затруднена. Однако известен случай клиппинга гистонов, пока единственный, при инфекции вирусом ящура. Показано, что за расщепление гистона H3 ответственна протеаза ЗС этого вируса. Благодаря относительной простоте и небольшому размеру вирусные протеазы представляются более привлекательными в качестве инструментов эпигеномного редактирования.

Объектом нашего исследования стала протеаза ЗС вируса гепатита А человека (ЗСpro) – гомолог протеазы ЗС вируса ящура. Гистонолитическая активность ЗСpro ранее не изучалась, однако структурное и функциональное сходство двух протеаз позволило предположить, что ЗСpro также способна расщеплять гистоны. Рекомбинантный фермент и его неактивный вариант были получены в *E. coli*. Гистонолитическая активность ЗСpro была изучена при действии на рекомбинантный гистон H3 и суммарный препарат гистонов, полученный кислотной экстракцией из культивируемых клеток человека. Кроме того, методом иммуноблоттинга была оценена способность ЗСpro расщеплять гистон H3 при транзientной экспрессии гена протеазы в клетках HEK293. Однако проведенный анализ не позволил выявить гистонолитической активности фермента.

Таким образом, в отличие от ЗС протеазы вируса ящура, ЗСpro, по-видимому, не обладает гистонолитической активностью, а клиппинг гистонов, вероятно, не является универсальным механизмом регуляции экспрессии генов при вирусной инфекции. Кроме того, наши результаты показывают, что ЗСpro не может быть использована в качестве инструмента эпигеномного редактирования, и поиск подходящих для этой технологии ферментов должен быть продолжен.

«ЗЕЛЕННЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ НОВЫХ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ И АНТИОКСИДАНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ 2Н-ПИРАН-2-ОНОВОГО РЯДА

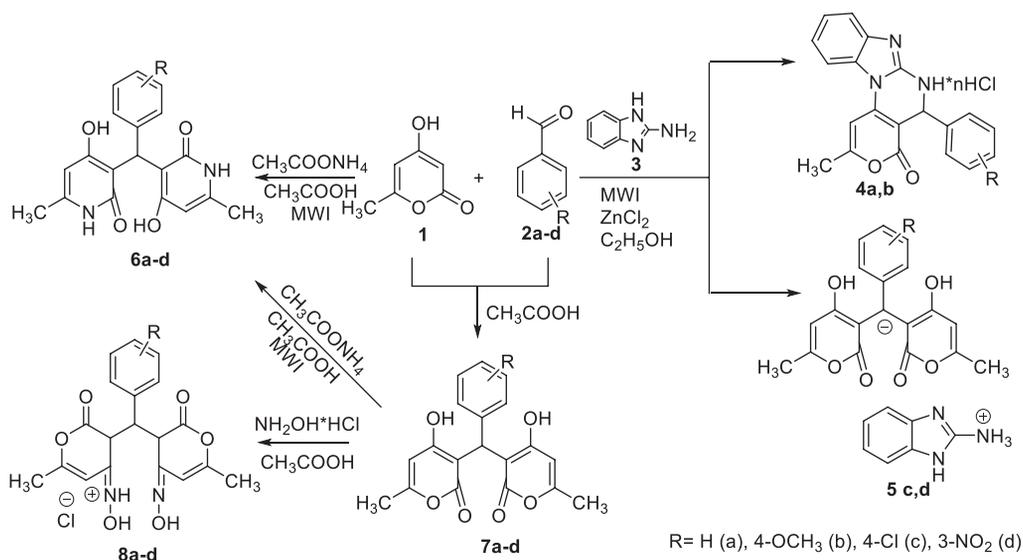
Студентка 5 курса Бондарцова А.С.

Руководители д.х.н., профессор Федотова О.В., к.х.н., ассистент Каневская И.В.
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского
bondartsova.alexandra@yandex.ru

В настоящее время возрастает интерес к созданию новых методов построения гибридных гетероциклических систем, в том числе, функционализированным 2Н-пиран-2-онам, поскольку они имеют высокий показатель биологической активности и находят широкое применение в медицине.

В данной работе предложены методики *one-pot* синтеза бензоимидазопиранопири-мидинонов (4а,б), (R-фенил)бис(4-гидрокси-6-метил-2-оксо-2Н-пиран-3-ил)метанидов 2-амино-1Н-бензо[д]-имидазолия (5с,д) и арилметиленбис-4-гидрокси-6-метилпири-дин-2(1Н)-онов (6а-д) посредством модифицированных реакций Биджинелли и Ганча. Данные превращения протекают с участием 4-гидрокси-6-метил-2Н-пиран-2-она (1), ароматических альдегидов (2а-д) и азануклеофилов в условиях микроволновой активации.

Нами установлено, что соединения (6а-д) также могут быть получены путем двухкомпонентной реакции Чичибабина с участием арилметиленбис-4-гидрокси-6-метил-2Н-пиран-2-онов (7а-д) и ацетата аммония.



С целью расширения ряда соединений, включающих фармакофорные фрагменты, получены хлориды N-(3-((4-(гидроксиламино)-6-метил-2-оксо-2Н-пиран-3-ил)(арил)метил)-6-метил-2-оксо-2Н-пиран-4-ил)гидроксиламмония (8а-д) на основе двухкомпонентного микроволнового превращения арилметиленбис-4-гидрокси-6-метил-2Н-пиран-2-онов (7а-д) и гидрохлорида гидроксиламина.

Выявлено, что синтезированные соединения обладают ингибирующей активностью в отношении 15-липоксигеназы, что свидетельствует об их перспективной противоопухолевой и антиоксидантной активности.

СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСНЫХ СТРУКТУР В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Студентка 1 курса магистратуры Вакарюк Д.

Руководитель доцент Найденко Е.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет

da--sha@mail.ru

В пищевых технологиях используется большое разнообразие сорбентов неорганической и органической природы с различными функциональными свойствами. Известно, что адсорбционные процессы эффективно понижают цветность, запах, удаляют примесные биологические и органические вещества из пищевых продуктов. Учитывая это, актуальными являются исследования потребительских свойств продуктов питания, в частности, растительных масел и пива. Пиво – это сложная гетерогенная система, в которой большая часть экстрактивных веществ присутствует в виде коллоидных растворов. Растительные масла не являются химически чистыми, так как содержат различные примеси в своем составе, в связи с этим они являются нестойкими при хранении.

Одним из наиболее перспективных претендентов для создания нового класса адсорбентов являются малотоксичные недорогие металлоорганические каркасные структуры (МОКС). МОКС – это пористые материалы, которые имеют высокую площадь поверхности, низкую плотность, большой размер и объем пор, регулируемый объем пор, а также данные соединения совершенно нетоксичны [1].

Целью настоящей работы является синтез и выявление перспектив практического использования металлоорганических каркасных структур на основе терефталевой, 1,3,5-бензолтрикарбоновой и пиромеллитовой кислот. Полученные соединения охарактеризованы с использованием широкого круга физико-химических методов (БЭТ, атомно-силовой микроскопии, рентгенофазового и термогравиметрического анализов, ИК спектроскопии), а также была изучена их адсорбционная способность в масложировой и пивоваренной промышленности.

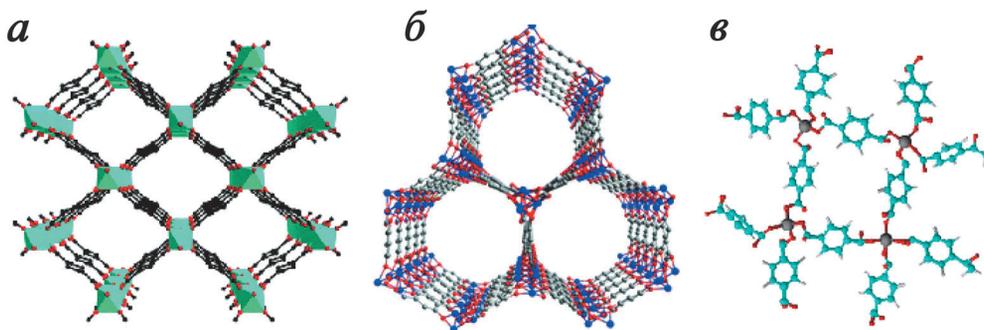


Рис. 1. Структура синтезированных МОКС [Fe_{тер} – (а), Co_{отк} – (б) и Zn_{шир} – (в)]

Результаты работы свидетельствуют о перспективности применения МОКС в качестве адсорбентов для очистки растительных масел, пивных напитков, а также в других отраслях пищевой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

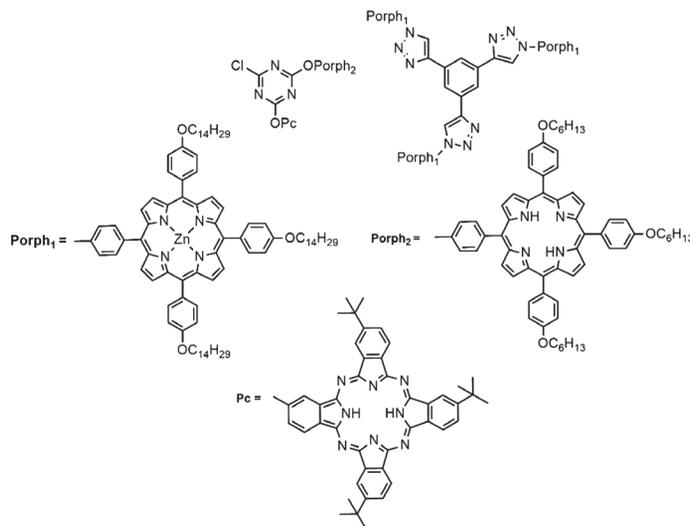
1. Butova V.V., Soldatov M.A., Guda A.A., Lomachenko K.A., Lamberti C. *Russian Chemical Reviews*. 2016, 85, 280–307.

СИНТЕЗ МУЛЬТИПОРФИРИНОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ФОТОВОЛЬТАИКИ

Студент 5 курса Зайцев А.А.

Руководитель д.х.н., доцент Брагина Н.А.
МИРЭА – Российский технологический университет
menandrew@mail.ru

Преобразование солнечной энергии в другие виды энергии (фотовольтаика) является особенно актуальным вопросом на сегодняшний день, поскольку топливные ресурсы истощаются, а солнечное излучение является неисчерпаемым и экологически чистым источником энергии. В качестве фотовольтаических устройств широко используются солнечные ячейки, сенсibilизированные красителем (DSSC), в которых с помощью молекул красителя посредством фотоиндуцированного электронного переноса из солнечного света генерируется электричество [1]. Для таких устройств были разработаны ковалентные мультипорфириновые структуры, состоящие из нескольких молекул порфиринов (а также фталоцианина*), ковалентно связанных между собой с помощью двух различных линкеров: 1,2,3-триазольного и 1,3,5-триазинового. Наличие углеводородных длинноцепочечных алкокси групп у порфириновых «строительных блоков» облегчает поверхностную иммобилизацию на подложках солнечных ячеек и снижает рекомбинацию заряда.



Такого рода структуры могут быть получены с использованием двух различных стратегий. Первая из них основывается на поочередном нуклеофильном замещении атомов хлора в цианурхлориде [2], а вторая – на азид-алкиновом циклоприсоединении в условиях реакции Хьюсгена-Мельдаля-Шарплесса [3]. Для каждой стратегии показаны преимущества, недостатки, а также стерические ограничения. Синтезированные соединения были подробно охарактеризованы с помощью УФ-спектроскопии и являются особенно интересными для дальнейшего изучения и использования в фотовольтаических устройствах. В настоящее время проводится исследование электрохимических свойств полученных конъюгатов.

* Фталоцианин был предоставлен проф. д.х.н. Томиловой Л.Г. МГУ им. М.В. Ломоносова.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Ezhov, K. Zhdanova, N. Bragina, A. Mironov, *Macroheterocycles*. **2016**, 9(4), 337–352.
2. T. Carofiglio, A. Varotto, U. Tonellato, *Org. Chem.* **2004**, 69(23), 8121–8124.
3. Y. Yaschuk, V. Tyurin, I. Beletskaya, *Macroheterocycles*. **2012**, 5, 302–307.

ПРОИЗВОДНЫЕ ХЛОРИНА E_6 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИПОСОМАЛЬНЫХ ФОРМ

Студентка 1 курса магистратуры Кривошеева О.П.

Руководитель д.х.н., доцент Ларкина Е.А.
МИРЭА – Российский технологический университет
o.l.g.a.0102199631@gmail.com

Онкологические заболевания представляют собой серьезную медико-социальную проблему для современного общества. Одним из перспективных методов лечения злокачественных новообразований является фотодинамическая терапия (ФДТ). Однако при разработке новых фотосенсибилизаторов (ФС) для ФДТ часто возникает проблема их растворимости в биологических средах. Для преодоления этой проблемы проводят модификацию соединений и используют наноразмерные средства доставки лекарственных препаратов, среди которых широкое распространение получили липосомальные наночастицы [1].

Целью данной работы являлось получение фотосенсибилизаторов хлоринового ряда (производных хлорина e_6) [2, 3], содержащих разное количество полярных групп (рис. 1), исследование эффективности их включения в липосомы, а также изучение биологических свойств полученных веществ на опухолевых клетках.

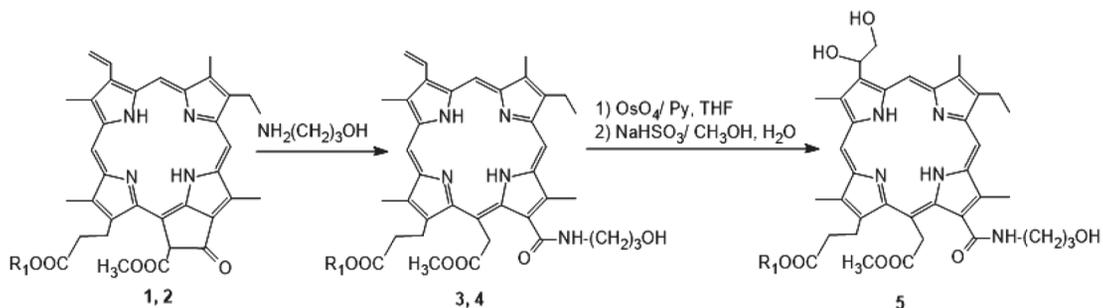


Рис. 1. Схема получения производных хлорина e_6 : 1 – феофорбид а; $R_1=H$; 2 – метиловый эфир феофорбида а (МЭФ а); $R_1=CH_3$; 3 – C_3OH ; $R_1=H$; 4 – mC_3OH ; $R_1=CH_3$; 5 – $mC_3OHdiol$; $R_1=CH_3$.

При исследовании эффективности включения полученных ФС в липосомы было обнаружено, что коэффициент включения практически не зависел от положения и количества полярных групп в молекуле. При мольном соотношении липид:ФС 30:1 все соединения включались примерно на 90 %. Методом динамического светорассеяния были определены размеры полученных липосомальных частиц, которые составили от 50 до 200 нм.

Для полученных ФС и их липосомальных форм были проведены испытания *in vitro* на опухолевых клетках лейкоза мышей Р-388 (асцитной формы). Было установлено, что все соединения обладали фототоксичностью. Самым эффективным оказался mC_3OH , который вызывал гибель клеток после облучения даже в концентрации 10^{-8} М.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.С. Тараховский. Интеллектуальные липидные наноконтейнеры в адресной доставке лекарственных веществ. М.: Издательство ЛКИ, 2011. 280 с.
2. O.I. Gushchina. *Journal of photochemistry and photobiology. B: Biology.* 2015, 1, 1.
3. B. Gerlach. *Org. Chem.* 1998, 1, 1.

ВВЕДЕНИЕ ФОТОАКТИВНЫХ ФРАГМЕНТОВ В СТРУКТУРУ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МОЛЕКУЛ

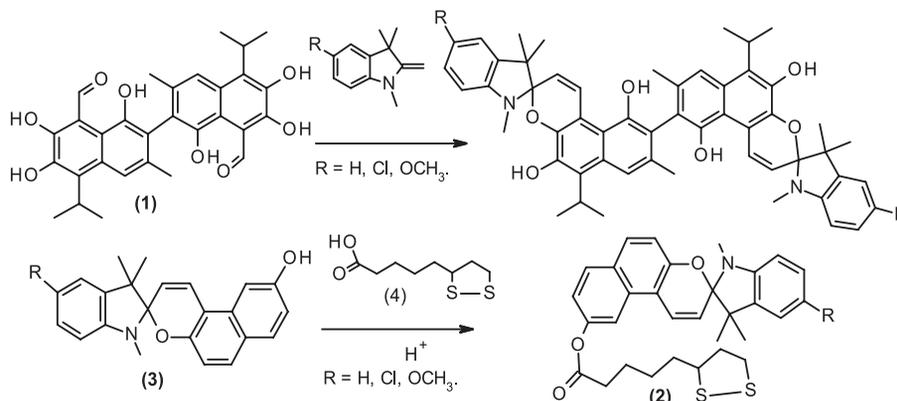
Студент 2 курса магистратуры Малай В.И.

Руководитель к.х.н., в.н.с. Лукьянов Б.С.

НИИ физической и органической химии Южного федерального университета
vasya.1631@yandex.ru

В последние годы множество исследований было направлено на модификацию природных молекул с выраженным физиологическим действием фотохромными центрами, в том числе спиропирановыми, с целью их дальнейшего использования в фотофармакологии – развивающейся отрасли биомедицины. Однако большинство существующих методов введения фотопереключаемых центров в биологически активные молекулы не универсальны, и сильно ограничивают возможности по применению фотодинамических систем в медицинских целях.

Цель работы заключалась в разработке универсальных методов введения фотохромных спироциклических центров в биологически активные молекулы. Для реализации этой стратегии нами были выбраны два направления. Первое из них связано с введением спироциклического фрагмента непосредственно в структуру госсипола (1) по реакции циклоконденсации за счет наличия в нем орто-расположенных гидрокси- и альдегидной групп [1]. Вторым направлением стало получение гибридного соединения (2) на основе индолинового спиропирана (3) и липоевой кислоты (4) с помощью реакции этерификации:



В работе была разработана технология введения фотодинамического центра в структуру биологически активных молекул, исследованы фотохимические свойства полученных соединений. Структура полученных соединений была подтверждена методами ЯМР и ИК спектроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Malai V.I., Ozhogin I.V., Lukyanov B.S. et al. *Chem. Nat. Compd.*, 2018, 54, 1081.

ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛАНИНА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Студентка 1 курса магистратуры Мельничук М.Д.

Руководитель к.б.н. Прутенская Е.А.

*Тверской государственный технический университет
melnytop@yandex.ru*

Меланины являются уникальными природными соединениями, характеризующиеся высокой УФ-, радио-, гастро-, гепатопротекторной, антиоксидантной активностью и нашедшие широкое применение в качестве лечебно-профилактических препаратов и биологически активных добавок [1].

Учитывая, что меланины находят все большее применение в косметологии, дерматологии, лакокрасочной и пищевой промышленности, то поиск более дешевого и перспективного сырья для выделения данных пигментов, изучение свойств и структуры растительного меланина, а так же утилизация отходов с целью получения общедоступного биотоплива являются актуальным вопросом современной промышленности.

Целью данной работы является разработка технологии получения меланиновых веществ из растительного сырья. Относительно дешевым и доступным сырьем для извлечения меланина в России может быть лузга подсолнечника, образующаяся в больших количествах в процессе маслоэкстракционного производства.

Разработан способ выделения меланиновых веществ из природного сырья. Оптимальные условия процесса: температура 60 °С, время экстракции 25–30 минут, гидромодуль экстрагирующего раствора 1:40, гидромодуль осаждения 1:70. Интенсивность ультразвука 414 Вт/см². Полученный продукт практически не содержит белковых примесей. Методом РФЭС было определено, что азота содержится (до 1.2 %), в отличие от препаратов других исследователей (3.8 % и более).

Для производства пеллет и брикетов из предобработанной лузги подсолнечника и торфа можно использовать технологические процессы без дорогостоящих связей. После смешения торфа и обработанной лузги необходимо осуществлять горячее прессование под давлением. Это приведет к интенсификации химических, массообменных процессов, а также к увеличению реакционной способности, пластификации лигнина лузги подсолнечника и увеличению прочности конечного продукта.

В результате поисковых экспериментов были получены пеллеты и брикеты с теплотворной способностью от 17.5 до 20.3 МДж/кг. При этом теплотворная способность увеличивалась в пеллетах, полученных с использованием лузги после ультразвуковой экстракции меланиновых веществ.

Научная новизна полученных результатов состоит в эффективном использовании ультразвукового воздействия, что значительно уменьшает время выделения меланиновых веществ, а также повышает теплоту сгорания брикет, получаемых из отходов лузги подсолнечника.

Был получен патент RU 2665166 «Способ получения меланиновых веществ из лузги подсолнечника». Регистрационный номер заявки № 2017142514 от 5.12.2017.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.В. Грачева. *Вест. Технол. Унив.* 2016, 15, 154.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИ-3-ГИДРОКСИБУТИРАТА И КАРОТИНОИДНОГО ПИГМЕНТА ИЗ БИОМАССЫ ФАКУЛЬТАТИВНОЙ МЕТИЛОТРОФНОЙ БАКТЕРИИ

Студентка 5 курса Митина Е.Р.

Руководитель к.х.н., доцент Пшеничникова А.Б.
МИРЭА – Российский технологический университет
mitinakaterina@bk.ru

Метанол является доступным непищевым сырьем, в связи с чем в биотехнологии широко используются продуценты, способные утилизировать C_1 -соединения – метилотрофы. Среди метилотрофов выделяют группу розовоокрашенных факультативно метилотрофных бактерий, относящихся к роду *Methylobacterium*. Детальные знания о геноме и метаболизме *Methylobacterium* spp. открывают многообещающие перспективы для их биотехнологического применения [1].

Настоящая работа направлена на идентификацию и изучение нового штамма факультативно метилотрофной бактерии *Methylobacterium* sp. LP. Данный штамм выделен нами как контаминант облигатной метилотрофной бактерии *Methylophilus quaylei*. Целью работы являлось исследование таксономических характеристик новой метилотрофной бактерии и изучение ее биотехнологического потенциала как продуцента каротиноидных пигментов и поли-3-гидроксибутирата.

В ходе работы была выделена чистая культура нового штамма *Methylobacterium* sp. LP, исследованы его культуральные, морфологические и биохимические свойства, проведена предварительная таксономическая характеристика. Интересной особенностью роста *Methylobacterium* sp. LP в жидкой питательной среде является склонность образовывать клеточные агрегаты и крайне слабый суспензионный рост, что позволяет отделять биомассу не центрифугированием, а фильтрованием через крупнопористый бумажный фильтр.

С целью увеличения продуктивности штамма по каротиноидному пигменту была проведена оптимизация питательной среды по плану полного факторного эксперимента. Удалось увеличить выходы биомассы и пигмента в 6,8 и 5,8 раз по массе, соответственно.

Обнаружено, что *Methylobacterium* sp. LP продуцирует три каротиноидных пигмента и поли-3-гидроксибутират. Была отработана методика последовательного выделения этих продуктов из биомассы *Methylobacterium* sp. LP. Каротиноиды выделяли экстракцией метанолом с ультразвуковой обработкой суспензии биомассы в растворителе, поли-3-гидроксибутират – экстракцией хлороформом также с ультразвуковой обработкой. Из экстракта поли-3-гидроксибутират осаждали диэтиловым эфиром.

Суммарный выход каротиноидов составил 0,02 % от сухой биомассы, выход поли-3-гидроксибутирата – 24,5 %. Свойства пигментов были изучены методами спектрофотометрии в видимой области и тонкослойной хроматографии в различных системах элюентов, состав и строение поли-3-гидроксибутирата подтверждены методами 1H -ЯМР и ^{13}C -ЯМР спектроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ochsner A. M. et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2015, 99(2), 517–534.

СИНТЕЗ АМИДОВ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ С ИМИДНЫМ И ЦИКЛОАЛИФАТИЧЕСКИМИ ФРАГМЕНТАМИ

Студент 4 курса Закшевская В.М., магистрант 1 курса Морозова Д.А.

Руководители к.х.н. Фирстова А.А., профессор, д.х.н. Кофанов Е.Р.

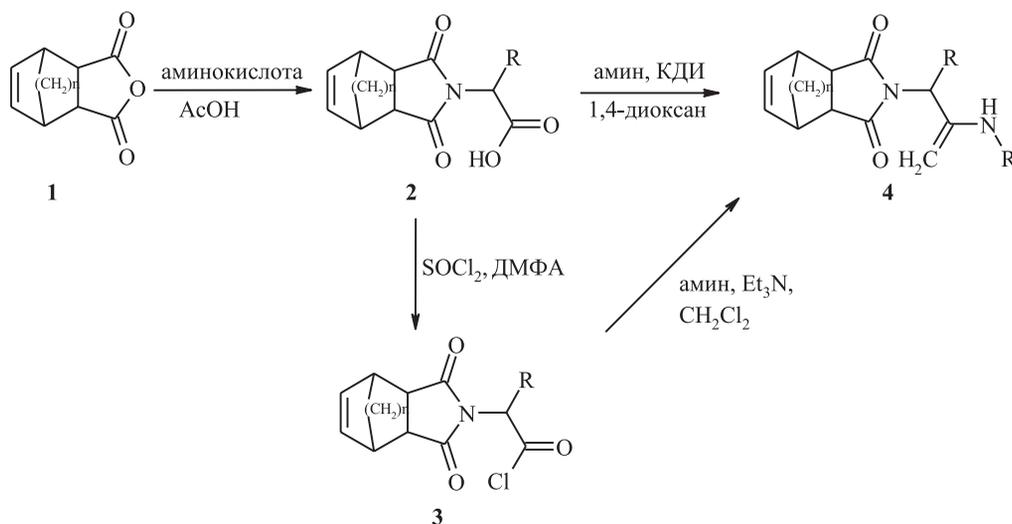
Ярославский государственный технический университет

vzakshievskaja@mail.ru

Актуальной проблемой на сегодняшний день является поиск новых соединений, обладающие высокой биологической активностью, отсутствием привыкания и побочных эффектов у организма.

Так на данный момент известны соединения, которые содержат в своей структуре циклогексеновый и норборненовый фрагменты и проявляют ингибирующие эффекты в отношении вируса иммунодефицита человека [1], а наличие амидного фрагмента позволяет использовать такие соединения в качестве противоопухолевых и противовирусных препаратов [2], а также обладают седативным и противомикробным действием [3]. Соединения с имидными и амидными группировками могут применяться в качестве нейротропных препаратов, которые оказывают действие на центральную и периферическую нервную систему. Таким образом, разработка удобных методов синтеза *N*-замещенных имидов карбоновых кислот и дальнейшая функционализация их в амиды является актуальным направлением научно-исследовательской работы.

Целью данной работы является синтез *N*-замещенных имидов карбоновых кислот и получение на их основе амидов (схема 1).



n=0 или 1; R = H, *i*-Pr, *i*-Bu; R' = циклогексил; морфолин

Схема 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Kossakowski, *Molecules*, **2008**, *13*, 1570.
2. M.F. Bran, *J. Med. Chem*, **2004**, *47*, 2236.
3. F. Zentz, *Il Farmaco*, **2002**, *57*, 421.

СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ КАРБОКСИЛЬНОЙ ГРУППЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Студент 4 курса Симанова А.Ю.

Руководитель к.х.н., доцент Степачёва А.А.
Тверской государственный технический университет
simanova-96@mail.ru

Жирные спирты, содержащие в конечном положении гидроксильную группу, являются полупродуктами синтеза ПАВ, смазок, душистых веществ, лекарственных и косметических средств [1]. Промышленное получение данных соединений заключается в окислении углеводородов нефти. Однако, современные тенденции в химической технологии ставят вопрос о поиске новых «зеленых» методов получения различных соединений. Одним из путей производства жирных спиртов является процесс гидрирования карбоксильной группы жирных кислот, содержащихся в растительных маслах и жирах [2]. Такой подход полностью соответствует требованиям «зеленой химии», но сопряжен с рядом технологических трудностей, в частности, подбором катализатора, который будет селективно гидрировать карбоксильную группу, не затрагивая двойные связи углеводородного радикала [3].

Целью данной работы является исследование процесса гидрирования жирных кислот с целью получения жирных спиртов. Были изучены полимерные катализаторы, синтезированные гидротермальным методом, которые позволяют получить наибольшую селективность по стеариловому спирту. Процесс жидкофазного гидрирования стеариновой кислоты проводили в неполярном растворителе (н-гексане) при следующих условиях: давление водорода 3.0 МПа, температура 150 °С. Анализ жидкой фазы был выполнен с помощью хроматографа GC-2010 и масс-спектрометра GCMS-QP2010S. В качестве катализаторов были исследованы следующие: 1 %-Pd/СПС, 1 %-Pt/СПС, 1 %-Ru/СПС. Катализаторы были синтезированы гидротермальным методом в условиях перегретой воды при температуре 200 °С и давлении азота 6.0 МПа в течение 15 минут. Перед проведением процесса гидрирования катализаторы предварительно восстанавливали в токе водорода в течение 3 часов при температуре 300 °С.

Эффективность каталитических систем оценивалась по приведенным скоростям расходования стеариновой кислоты при 30 % конверсии субстрата и по выходу целевого продукта – стеарилового спирта (Таблица 1).

Таблица 1. Активность катализаторов в гидрировании стеариновой кислоты

Образец	$W_{30\%}$ моль СК/(моль Ме·мин)	Основной продукт	Выход продукта при 100 % конверсии СК, %
1 %-Pd/СПС	18.7	Стеариловый спирт	98.9
1 %-Pt/СПС	21.3	Стеариновый альдегид	80.9
1 %-Ru/СПС	16.7	Стеариловый спирт	86.7

Сравнение исследуемых катализаторов с точки зрения выхода целевого продукта – стеарилового спирта – показало, что палладиевый и рутениевый катализаторы на основе сверхсшитого полистирола позволяют получить наибольший выход стеарилового спирта (99.0 и 86.0 % соответственно).

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Hill, *Pure Appl. Chem.* **2000**, *72*, 1255.
2. T. Voeste, H. Buchold, *JAOCs*. **1984**, *61*, 350.
3. M.J. Mendes, O.A. Santos, E. Jordao, A.M. Silva, *Appl. Catal. A: General*. **2001**, *217*, 253.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ РНК, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ СИСТЕМЫ CRISPR/CAS9

Студент 1 курса магистратуры Хабардина Е.А.

Руководитель к.х.н. Новопашина Д.С.

Новосибирский государственный университет

liza.khabardina@mail.ru

Последние разработки в области применения технологии редактирования ДНК с помощью системы CRISPR/Cas9 свидетельствуют об открывающихся беспрецедентных возможностях использования этой системы в терапевтических целях, в частности, для создания новых подходов к лечению заболеваний, вызванных увеличением копий определенных генов. К таким заболеваниям относят, например, синдром Шарко-Мари-Тута (наследственная нейродегенеративная патология, причиной которой может служить лишняя копия гена периферического белка миелина PMP22) и синдром Дауна.

Разработка подходов к контролируемому редактированию генов, в частности, к контролируемому уменьшению числа копий мультиплицированных генов с использованием CRISPR/Cas9 системы, является нетривиальным вариантом лечения этих генетических заболеваний. Одним из вариантов «контроля» за активностью олигонуклеотидных конструкций в клетках является использование фотоактивируемых структур в составе олигонуклеотида, которые позволяют «включать» или «выключать» НК-конструкцию в определенный момент времени [1, 2]. Нами предложено использовать фоторасщепляемые линкеры в структуре направляющей РНК, входящей в состав системы CRISPR/Cas9, с целью ее разрушения путем облучения и остановки процесса редактирования генома. Такой подход к контролируемому функционированию системы редактирования генома предложен впервые.

Целью данной работы является получение модифицированных синтетических направляющих РНК, которые можно будет использовать для контролируемого редактирования генов в составе CRISPR/Cas9 системы.

С использованием специально синтезированного амидофосфитного синтона, позволяющего вводить фоторасщепляемый линкер, были получены направляющие sgРНК и crРНК/tracrРНК, содержащие фоторасщепляемые линкеры как в области образования дуплекса с ДНК-мишенью, так и в области связывания с белком Cas9. Продемонстрирована возможность расщепления фоточувствительной направляющей РНК в растворе под действием УФ-облучения. Выявлена зависимость эффективности системы редактирования CRISPR/Cas9 от длины направляющей РНК. Исследована эффективность расщепления дцДНК-мишени для полученных модифицированных РНК в комплексе с Cas9 до и после облучения. Показана возможность выключения CRISPR/Cas9 системы путем облучения.

Предложена стратегия контролируемого выключения системы редактирования генома CRISPR/Cas9, основанная на использовании синтетической фоторасщепляемой направляющей РНК. Данная стратегия может стать основой для создания уникального подхода для удаления "лишних" копий гена из генома.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-04-00838.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. Connelly, R. Uprety, J. Hemphill, A. Deiters, *Mol. Biosyst.* **2012**, *8*, 2987–2993.
2. Q.N. Nguyen et al. *Biochim. Biophys. Acta.* **2006**, *1758*, 394–403.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОКОВ, СОДЕРЖАЩИХ ФАРМПРЕПАРАТЫ, В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ

Магистрант 1 курса Чугунов Р.Н.

Руководитель к.х.н., м.н.с. Квиткова Е.Ю.

*Ивановский государственный химико-технологический университет
bur_1981@mail.ru*

В последнее время одной из серьезных экологических проблем становится интенсивное загрязнение водных объектов фармакологическими препаратами и их метаболитами. Особую опасность представляет присутствие в воде антибиотиков, способных к биоаккумуляции в водных растениях и животных. Таким образом, поиск эффективных и одновременно недорогих методов удаления медикаментов из сточных вод, является одной из приоритетных задач современности.

Целью данной работы являлось изучение процессов деструкции фармацевтических препаратов (на примере тетрациклина) в реакторе диэлектрического барьерного разряда (ДБР).

Эксперимент проводился на установке, описанной в работе [1]. Выявлено, что степень деструкции тетрациклина в ДБР в диапазоне начальных концентраций 0,02–0,1 г/л достигает 75–89 %.

В качестве основных промежуточных и конечных продуктов деструкции тетрациклина регистрировались карбоновые кислоты, альдегиды, нитрат-ионы и ионы аммония в жидкой фазе, а также CO и CO₂ в газовой фазе. Оценки показывают, что содержание CO и CO₂ в продуктах деструкции составляет около 20 %, т.е. доминирующими продуктами разложения тетрациклина являются карбоновые кислоты, доля которых достигает 75 %. Сходимость баланса по углероду в сумме продуктов деструкции по отношению к исходному веществу составляет 50 %.

Для оценки экологической целесообразности использования ДБР для очистки стоков была проведена оценка токсичности модельных водных растворов тетрациклина методом биотестирования по выживаемости пресноводных ракообразных *Daphnia magna* Straus и рыб *Poecilia reticulata* Peters до и после обработки. Результаты биотестового анализа модельных растворов тетрациклина на ракообразных *Daphnia Magna* (дафнии) показали, что все растворы тетрациклина оказывали острое токсическое действие на тест-организмы, а для рыб *Poecilia Reticulata* Peters (гушпи) – модельные растворы оказывали хроническую токсичность. После обработки в ДБР токсичность растворов тетрациклина снижалась в среднем в 25 раз (для дафний) и в 20 раз (для гушпи) по сравнению с исходными модельными растворами.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что ДБР может быть использован в качестве одной из ступеней очистки воды от фармацевтических препаратов, в частности, тетрациклина.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть) № 3.1371.2017/4.6. Авторы благодарят РФФИ за финансовую поддержку исследований (грант № 18-08-01239).

ЛИТЕРАТУРА

1. V.I. Grinevich, E.Yu. Kvitkova, N.A. Plastinina, V.V. Rybkin. *Plasma Chem. Plasma Process.* 2011, 31(4), 573–583.

КОНТРОЛЬ РАЗМЕРА И СВОЙСТВ КОЛЛОИДНОГО ЗОЛОТА БЛОК-СОПОЛИМЕРАМИ ТИРОЗИНА И ЭТИЛЕНОКСИДА

Студент 2 курса Якимов Н.П.

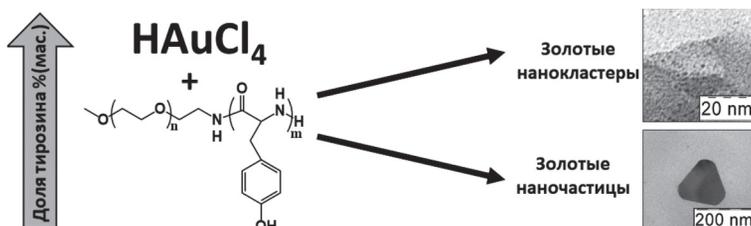
Руководители д.х.н. Мелик-Нубаров Н.С., к.х.н. Еремина Е.А.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
mr.mr.koks@mail.ru

Коллоидные частицы золота находят множество приложений в биосенсорных системах, катализе и терапии. Медицинские применения золотых наночастиц требуют их включения в биосовместимые носители, обеспечивающие возможность циркуляции в кровотоке и последующего выведения наночастиц. Амфифильные блок сополимеры этиленоксида и аминокислот являются эффективными носителями для подобных задач. Полиаминокислотный блок может связываться с металлическим золотом (гидрофобные взаимодействия), а полиэтиленоксидный блок способен стабилизировать частицы в растворе, а также обладает биосовместимостью. В связи с этим, в данной работе мы попытались синтезировать коллоидные частицы золота в реакции HAuCl_4 с блок-сополимером этиленоксида и тирозина в водной среде и контролировать размер и свойства частиц с помощью изменения соотношения блоков в сополимере. Тирозин был выбран ввиду его восстановительных свойств и гидрофобности.

Нами были синтезированы блок-сополимеры с различным соотношением блоков. Блок-сополимеры получали в ходе цепной полимеризации N-карбоксииангирида тирозина с раскрытием цикла, инициированной аминотерминированными ПЭГ различной длины. Свойства сополимеров были исследованы методами гель-проникающей хроматографии, ядерного магнитного резонанса, динамического светорассеяния.

Для проведения реакции синтезированные сополимеры диспергировали в воде путем 50-кратного разбавления раствора полимеров в N,N-диметилформамиде водой, в результате чего образовывались мицеллы со средним гидродинамическим диаметром 20–1000 нм в зависимости от состава сополимера. Добавление HAuCl_4 приводило к образованию коллоидных частиц золота, размер и свойства которых зависели от состава сополимера. Исследование полученных образцов с помощью УФ-спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопии показало, что в присутствии блок-сополимеров с содержанием тирозина 20–40 % формируются крупные золотые наночастицы размером 20–300 нм и характеризующиеся интенсивной полосой возбуждения поверхностных плазмонов. В присутствии сополимеров, содержащих 60–80 % политирозина могут образоваться частицы размером менее 2 нм, способные флуоресцировать. Такие частицы называются золотыми нанокластерами и вызывают большой интерес в связи с возможностью их использования в биосенсорных системах.

Таким образом мы впервые показали возможность образования коллоидных частиц золота при взаимодействии HAuCl_4 с блок-сополимерами этиленоксида и аминокислот, а также установили наличие зависимости свойств получаемых частиц от состава сополимера.



НОМИНАЦИЯ I. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Секция «Неорганическая химия и материаловедение»

- Базуева Мария Викторовна** (4 курс, Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина) Синтез, изучение кристаллической структуры и кислородной нестехиометрии сложных оксидов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ 6
- Буйкин Петр Алексеевич** (3 курс, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) Гибридные галовисмутаты – перспективные материалы для солнечной энергетики 7
- Буряк Никита Сергеевич** (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Катодные материалы для натрий-ионных аккумуляторов на основе соединений $Na_{3+x}V_{2-x}Me_x(PO_4)_3$ ($Me = Mn, Ni$) со структурой NASICON 8
- Гусева Диана Вадимовна** (4 курс, Национальный исследовательский Томский политехнический университет) Фотохимический синтез наночастиц гептасульфида рения 9
- Кендин Михаил Павлович** (3 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Конформационно гибкие карбоксилаты РЗЭ и разнолигандные комплексы на их основе – синтез, строение, свойства, применение в MOCSO 10
- Киселёва Анна Константиновна** (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Керамические материалы на основе фосфатов кальция, полученные реакционным спеканием 11
- Козлов Макарий Игоревич** (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Разнолигандные комплексы европия и иттербия с производными фенантролина: синтез, люминесцентные свойства и применение в OLED 12
- Кополева Елена Александровна** (2 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет), **Лебедев Максим Дмитриевич** (Ивановский государственный химико-технологический университет), **Гончаренко Александр Александрович** (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет) Получение магнитных CORE-SHELL частиц никель-кремнезем для дальнейшего использования в качестве носителя для катализаторов 13
- Николаева Альбина Альбертовна** (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Синтез и строение новых разнолигандных комплексов диваллоилметанатов РЗЭ с диэтилентриамином 14
- Оразов Жандос Канатулы** (4 курс, Казахский национальный университет имени аль-Фараби) Получение люминесцентных материалов легированием структуры $NaBaY(VO_3)_2$ ионами Eu^{3+} 15
- Орлова Анастасия Вадимовна** (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Синтез и температурная зависимость люминесценции терефталатов самария-диспрозия 16
- Ревенко Александр Олегович** (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Синтез и исследование фотокаталитических свойств брукита, модифицированного наночастицами Au и Ag 17

Слепцова Анастасия Евгеньевна (4 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Сэндвичевые наночастицы-композиты $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SrFe}_{11}\text{AlO}_{19}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ с эффектом магнитногообменного связывания	18
Стребков Дмитрий Андреевич (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Синтез и исследование со-замещенных перовскитов $\text{La}_{0,3}\text{Ca}_{0,7}(\text{Fe},\text{Co})_{1-y}(\text{Mo},\text{Mg})_y\text{O}_{3,8}$	19
Судаков Александр Андреевич (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Получение пленок MAPbI_3 при взаимодействии PbI_2 с реакционными полинодидными расплавами состава MAI-nI_2	20
Теплоногова Мария Александровна (4 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Синтез ванадатов аммония в гидротермальных условиях в присутствии формамида	21
Тонян Ирина Рубеновна (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Синтез фторидных стекол, легированных тетрафторидом церия, изучение их термических и оптических свойств	22
Финкельберг Яша Михайлович (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Поиск подходов по низкотемпературной обработке пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ приводящей к улучшению функциональных свойств	23
Чикинёва Татьяна Юрьевна (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Комплексы тербия и европия с бензоксазол-2-карбоновой и бензотиазол-2-карбоновой кислотами	24
Шайдуллин Руслан Радикович (3 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Ионное спивание неорганическими оксидами в качестве способа управления транспортными свойствами ионообменных мембран	25
Секция «Органическая, биоорганическая и элементоорганическая химия»	
Антонова Юлия Алексеевна (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН) Новые tandemные реакции ацилирования-перегрупировки нитросоединений как путь к синтезу функционализированных оксимов	28
Ашаткина Мария Александровна (4 курс, Самарский государственный технический университет) Стереоселективный синтез фосфорилированных тетрагидропиранов на основе каскадных превращений реакции анри/полуацетализации	29
Бушков Николай Сергеевич (4 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Институт элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова РАН) Оксо/имидный гетерометатезис, катализируемый нанесённым на силикагель имидным комплексом титана	30
Григорьева Мария Олеговна (2 курс, Высший химический колледж РАН, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) Халькогенидные комплексы циклопентаденилникеля с гетероциклическим карбеном	31
Катеринич Максим Дмитриевич (4 курс, Иркутский государственный институт) N-Арилсульфонилимины хлораля и дихлорфенилацетальдегида как с-амидоалкилирующие агенты и аза-диенофилы в реакции с циклопентадиеном	32

- Ковкова Ульяна Петровна** (2 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Синтез, характеристика и физико-химические свойства гекса-хлор-трипирaziно-субпорфиразина бора хлорида и его несимметричных частично перфторированных аналогов 33
- Колос Андрей Владимирович** (3 курс, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН) 4-Ферроценилфталазин-1(2H)-он и 4-цимантренилфталазин-1(2H)-он как новые биологически активные лиганды 34
- Корженко Кирилл Сергеевич** (4 курс, Самарский государственный технический университет) Карбонилзамещенные 4H-хромены как акцепторы в аза-реакции Михаэля: синтез N- и O-гетероциклов 35
- Макаров Егор Григорьевич** (4 курс, Казанский федеральный университет, Химический институт имени А.М. Бутлерова) Новые амфифильные производные каликс[4]аренов: сенсоры на биомолекулы и мицеллярный катализ 36
- Мерлян Антон Павлович, Веретенников Владимир Вячеславович** (4 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Внутримолекулярные водородные связи и электронное строение гемигексафтиразина и триадиазоланнелированного гемигексафтиразина 37
- Михеев Александр Алексеевич** (4 курс, Санкт-Петербургский государственный университет) Альдазины в реакции Кастаньоли-Купмана 38
- Моршнев Филипп Константинович** (4 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Инвертированные порфириноиды как потенциальные фотосенсбилизаторы для антимикробной фотодинамической терапии 39
- Нугаманова Ильсияр Юрьевна** (4 курс, Башкирский государственный университет, Стерлитамакский филиал) Левоглюкозенон – хиральный источник в синтезе практически важных соединений 40
- Преснухина София Игоревна** (4 курс, Ярославский государственный педагогический университет) Синтез и исследование противораковой активности сульфаниламидных производных класса 1,2,4-оксадиазолов 41
- Семенов Артем Валерьевич** (4 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Синтез и свойства *трис*-диоксиматов железа и кобальта(II) с карбокси-содержащими заместителями 42
- Сулейманова Диана Сиражутдиновна** (4 курс, Ивановский государственный университет) Квантово-химическое моделирование механизма газофазной реакции бензолсульфонилхлорида с глицилглицином 43
- Ушаков Павел Юрьевич** (4 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН) Разработка метода нуклеофильного цианирования нитратов и их производных 44
- Халабудин Дмитрий Алексеевич** (3 курс, Самарский государственный технический университет) Взаимодействие пуш-пульных 1,3-бутадиенов с *o*-нафтометиленхинонами. синтез электронодефицитных 3-арил-1H-бензо[*f*]хроменов 45

Секция «Физическая и аналитическая химия»

- Бабайлова Анастасия Сергеевна** (4 курс, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова) Компьютерное моделирование влияния среды на реакции окисления метиллинолеата в мицеллах 48
- Башкиров Александр Дмитриевич** (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Исследование влияния растворителя электролита на морфологию пероксида лития, образующегося в ходе разряда литий-кислородного аккумулятора 49
- Берегова Диана Алексеевна** (3 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Термодинамика комплексообразования бензойной кислоты с β -циклодекстрином в водно-этанольном растворителе 50
- Бочаров Павел Сергеевич** (3 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Новые флуоресцентные зонды гидрофобных областей транспортных белков крови на основе тетраметилзамещенного BODIPY 51
- Бочарова Анастасия Борисовна** (4 курс, Кубанский государственный университет) Исследование транспортных и морфологических свойств модифицированных мембран для водородно-воздушных топливных элементов 52
- Веренин Максим Алексеевич, Соломатников Алексей Павлович** (Обучающиеся 11 класса, лицей №67, г. Иваново) Определение термодинамических характеристик адсорбционных состояний водорода, связанных поверхностью нанесенных палладиевых катализаторов из водного раствора гидроксида натрия 53
- Веселова Екатерина Викторовна** (3 курс, Вятский государственный университет) Исследование влияния pH на аналитический сигнал, получаемый тетразольно-топографическим методом при определении токсичности растворов 54
- Давлеткулова Зия Насимовна** (4 курс, Башкирский государственный университет, Стерлитамакский филиал) Синтез и свойства фотоуправляемого бистабильного производного C_{60} -фуллерена – перспективного материала для молекулярной электроники 55
- Енгальчева Мария Игоревна** (4 курс, МИРЭА – Российский технологический университет, Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова) Синтез и применение гетерогенных катализаторов в альдольной конденсации пропионового альдегида 56
- Жирнова Евгения Дмитриевна** (3 курс, Башкирский государственный университет) Хиральные сорбенты на основе супрамолекулярных сетчатых структур гетероциклических молекул 57
- Королёв Андрей Игоревич** (3 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Стабилизированный биосенсор на основе берлинской лазури для определения концентрации глюкозы в биологических жидкостях 58
- Лебедев Иван Сергеевич** (4 курс, Ивановский государственный университет, биолого-химический факультет) Исследование структурной организации систем на основе *p*-*n*-пропилноксикоричной кислоты и немезогенов типа Ph–X–Ph 59
- Мендеш Патрисия Сановна** (3 курс, Башкирский государственный университет) Вольтамперометрический сенсор на основе модифицированного циануровой кислотой пастового электрода для распознавания и определения энантимеров тирозина 60
- Москвичев Данил Олегович** (4 курс, Санкт-Петербургский государственный университет) Разработка экспрессного определения стероидных гормонов с участием ионных жидкостей методом микроэмульсионной электрокинетической хроматографии 61

Прошина Ирина Васильевна (4 курс, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского) Влияние природы подложки и способов иммобилизации на активность пероксидазы редьки черной	62
Руденко Илья Владимирович (3 курс, Санкт-Петербургский государственный университет) Люминесцентные ионоселективные сенсоры на основе бипиридных комплексов золота (I)	63
Рябов Дмитрий Дмитриевич (3 курс, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) Гидрофобные материалы на основе <i>d</i> - и <i>f</i> -элементов	64
Сизов Георгий Николаевич (3 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Перколяционная модель жидкостной ионной нанофильтрации	65
Смирнова Дарья Константиновна (4 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Стандартные энтальпии растворения биологически активных лигандов	66
Тихонов Дмитрий Вячеславович (3 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Неинвазивный монитор для непрерывного определения концентрации глюкозы в поте	67
Турарова Гуддерайым Бакыткерейкызы (3 курс, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева) Активированные угли, модифицированные металлургическим шлаком, в сорбционном концентрировании ионов тяжелых металлов и токсичных органических соединений	68
Турлыбай Гульнур Ергаикызы (3 курс, Евразийский национальный университет Л.Н. Гумилева) Отечественная апатитовая руда как перспективный адсорбент для очистки сточных вод	69
Филиппов Иван Андреевич (4 курс, Ивановский государственный университет) Мезоморфные свойства водородосвязанных комплексов 4- <i>n</i> -алкилоксикоричных кислот с 4,4'-бипиридином и 1,2- <i>bis</i> (4-пиридил)этаном	70
Цельх Любовь Олеговна (3 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Поверхностно модифицированные фториды тербия-европия как основа для молекулярного термометра	71
Шагурин Артём Юрьевич (3 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Исследование геометрических, энергетических и спектральных свойств оксофосфорильных комплексов дипириринов методами квантовой химии	72

НОМИНАЦИЯ II. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Секция «Общая химическая технология, основной и нефтехимический синтез»

Ахметов Никита Олегович (5 курс, Новосибирский государственный университет, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН) Исследование свойств Pt-, Ru- и Rh-содержащих катализаторов, нанесенных на $\text{Ce}_{0,75}\text{Zr}_{0,25}\text{O}_2$, в реакции парциального окисления диметилового эфира в синтез-газ	74
Безденежных Вероника Алексеевна (6 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Разработка новых каталитических систем для селективного синтеза аллиланборнена	75

- Дзюбина Анастасия Андреевна** (6 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Влияние химического модифицирования хлопковой целлюлозы на сорбцию ионов Fe(II) 76
- Единов Андрей Юрьевич** (6 курс, Ярославский государственный технический университет), **Сантмамадов Мехридин Амридинович** (5 курс, Ярославский государственный технический университет) Моделирование фазовых равновесий в процессах регенерации растворителей депарафинизации нефтяных масел 77
- Жиленкова Наталья Юрьевна** (6 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Совершенствование технологии очистки хлороформа от близкипящих примесей 78
- Зимин Ярослав Сергеевич** (6 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Разработка технологии матричной конверсии природного газа в синтез-газ 79
- Комаров Илья Константинович** (5 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Получение ценных химических продуктов из нефтезаводских газов методом окислительного крекинга 80
- Кононов Андрей Викторович** (6 курс, Кубанский государственный университет) Моделирование конкурентного массопереноса в процессах электродиализного обезвреживания промышленных стоков 81
- Левитин Вячеслав Владимирович** (6 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Кинетика и механизм процессов получения эпоксидных соединений на титаносодержащем силикалите марки TS-1. 82

Секция «Технология неорганических материалов»

- Биялова Альфия Абрахмановна** (5 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Селективное распределение ионов Ln^{3+} по катионным и анионным позициям в гетерометаллических Ln/Ni комплексах с различными аминокислотами 84
- Вышегородцева Елена Васильевна** (5 курс, Национальный исследовательский Томский государственный университет) Синтез мезопористого диоксида кремния со структурой MCM-41 из силиката натрия 85
- Джалалидинзода Мухаммадгусуф Джалалидинзода** (5 курс, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС») Синтез наноразмерных пленок антимолибдид марганца как перспективного материала магнитных сенсоров 86
- Курбанова София Мурветовна** (2 курс, Дагестанский государственный университет) Октадециламин в качестве электродноактивного компонента мембраны кадмийселективного электрода 87
- Марков Артём Николаевич** (5 курс, Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева) Физико-химические основы прямого управляемого синтеза наночастиц Ti методом электромагнитной потоковой левитации 88
- Марчук Маргарита Владимировна** (5 курс, Новосибирский государственный университет, Институт неорганической химии имени А. В. Николаева СО РАН) Фотокаталитическое разложение родамина Б в присутствии диоксида титана, допированного октаэдрическими кластерными комплексами молибдена, вольфрама и рения 89

Осмиев Рашид Магомедович (4 курс, Ингушский государственный университет) Технология получения фуллеренсодержащей сажи методом дугового синтеза	90
Сафьянова Лидия Владимировна (6 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Разработка лабораторной технологии получения наноразмерных оксидов титана (IV) с управляемыми физико-химическими и функциональными свойствами	91
Хабарова Дарья Сергеевна (6 курс, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева) Получение многокомпонентных нанесенных катализаторов из растворов двойных комплексов платины и цветных металлов	92
Шиббаева Валерия Дмитриевна (6 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Фотокаталитическая активность и сорбционная способность гидротермально активированного TiO ₂ -пилларного монтмориллонита	93
Яничкина Ольга Сергеевна (5 курс, Тульский государственный университет) Разработка полусинтетического сорбента на основе модифицированных гуминовых веществ для инактивации ионов тяжелых металлов в объектах окружающей среды	94
Секция «Технология полимеров и материалов на их основе»	
Афаунов Шамиль Асланович (3 курс, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова) Разработка композиционных материалов на основе полифениленсульфона с содержанием наполнителя различной природы для 3D-печати	96
Горбатов Павел Сергеевич (6 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Получение устойчивых искусственных полимерных суспензий с положительным зарядом частиц из полимеров различной природы	97
Зейналова Сакина Зульфиевна (6 курс, Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского) Термочувствительные гидрогели на основе привитых сополимеров крахмала и акриламида	98
Ковалев Владислав Александрович (5 курс, Волжский политехнический институт (филиал) ВолГТУ), Куцов Дмитрий Александрович (6 курс, Волжский политехнический институт (филиал) ВолГТУ) Разработка высокопрочных уплотнительных элементов для пакерного оборудования на основе СКФ-26	99
Критов Алексей Вячеславович (6 курс, Тверской государственный технический университет) Влияние температуры жидкой фазы на выход и свойства ПА–6Т, ПА–6И в процессе газожидкостной поликонденсации	100
Крюкова Анна Сергеевна (5 курс, Ярославский государственный технический университет) Получение латексов сополимеров на основе изопрена и метакриловой кислоты для создания пленочных покрытий таблеток	101
Макеева Виктория Сергеевна (5 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Гетерофазная полимеризация виниловых мономеров присутствии биоразлагаемых ПАВ	102
Махова Динара Амуровна (2 курс, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова) Синтез и свойства сополимеров полифениленсульфона для применения в аддитивных технологиях	103

Молчанский Никита Сергеевич (4 курс, Волжский политехнический институт (филиал) ВолГТУ) Исследование влияния модифицированного шунгита на свойства эластомерных композиций	104
Нагорная Яна Анатольевна (5 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Реологические свойства эпоксидных олигомеров с активными растворителями	105
Пугачёва Татьяна Александровна (6 курс, Ярославский государственный технический университет) Противокоррозионные керновые пигменты с оболочкой из полианилина	106
Ракина Аполлиария Александровна (6 курс, Национальный исследовательский Томский государственный университет) Изучение влияния воздействия импульсными электронным пучком на полимерные биodeградируемые носители лекарственных средств, получаемые методом электроспиннинга	107
Сазонов Олег Олегович (6 курс, Казанский национальный исследовательский технологический университет) Исследование защитных полиуретановых покрытий на основе аминоэфиров <i>ortho</i> -фосфорной кислоты	108
Смирнова Николь Эдуардовна (6 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Сорбция ионов меди из водных растворов модифицированным полисахаридным сорбентом	109
Татауров Максим Владимирович (5 курс, Санкт-Петербургский государственный университет) Разработка новых пермеационных мембран для очистки топливных присадок	110
Филишова Екатерина Валерьевна (4 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Влияние среды на свойства полифункциональных олигоэфирфосфатов в технологии водно-дисперсионных лакокрасочных материалов	111
Чижов Андрей Сергеевич (6 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Электропроводящие саморегулирующие нагревательные элементы на основе смесей полиэтиленов с техническим углеродом	112
Щачнева Светлана Сергеевна (4 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Ионные актуаторы на основе микропористой мембраны	113
Яковлев Максим Владимирович (4 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Термостойкие смолы на основе трифункциональных фталонитрилов	114

Секция «Технология биологически активных соединений»

Бердышев Игорь Михайлович (5 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Исследование способности 3с протеазы вируса гепатита а человека процессировать гистон H3	116
Бондарцова Александра Сергеевна (5 курс, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского) «Зеленые» технологии в создании новых противоопухолевых и антиоксидантных препаратов на основе соединений 2Н-пиран-2-онового ряда	117
Вакарюк Дарья (5 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Синтез и применение металлоорганических каркасных структур в пищевых технологиях	118

Зайцев Андрей Александрович (5 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Синтез мультипорфириновых систем для фотовольтаики	119
Кривошеева Ольга Петровна (6 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Производные хлорина e_6 для получения липосомальных форм	120
Малай Василий Игоревич (6 курс, НИИ физической и органической химии Южного федерального университета) Введение фотоактивных фрагментов в структуру биологически активных молекул	121
Мельничук Мария Дмитриевна (5 курс, Тверской государственный технический университет) Получение меланина из растительного сырья	122
Митина Екатерина Романовна (5 курс, МИРЭА – Российский технологический университет) Биотехнологическое получение поли-3-гидроксипропиридата и каротиноидного пигмента из биомассы факультативной метилотрофной бактерии	123
Закшевская Валерия Михайловна (4 курс, Ярославский государственный технический университет), Морозова Дарья Алексеевна (5 курс, Ярославский государственный технический университет) Синтез амидов карбоновых кислот с имидным и циклоаллифатическими фрагментами	124
Симанова Алёна Юрьевна (4 курс, Тверской государственный технический университет) Селективное гидрирование карбоксильной группы карбоновых кислот	125
Хабардина Елизавета Анатольевна (5 курс, Новосибирский государственный университет) Синтез и исследование фоточувствительных направляющих РНК, входящих в состав системы CRISPR/CAS9	126
Чугунов Роман Николаевич (5 курс, Ивановский государственный химико-технологический университет) Исследование процессов обезвреживания стоков, содержащих фармпрепараты, в диэлектрическом барьерном разряде	127
Якимов Николай Петрович (2 курс, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) Контроль размера и свойств коллоидного золота блок-сополимерами тирозина и этиленоксида	128

А

Антонова Ю.А.	28
Афаунов Ш.А.	96
Ахметов Н.О.	74
Ашаткина М.А.	29

Б

Бабайлова А.С.	48
Базуева М.В.	6
Башкиров А.Д.	49
Безденежных В.А.	75
Бердышев И.М.	116
Берегова Д.А.	50
Биялова А.А.	84
Бондарцова А.С.	117
Бочарова А.Б.	52
Бочаров П.С.	51
Буйкин П.А.	7
Буряк Н.С.	8
Бушков Н.С.	30

В

Вакарюк Д.	118
Веренин М.А.	53
Веретенников В.В.	37
Веселова Е.В.	54
Вышегородцева Е.В.	85

Г

Гончаренко А.А.	13
Горбатов П.С.	97
Григорьева М.О.	31
Гусева Д.В.	9

Д

Давлеткулова З.Н.	55
Джалалиддинзода М.	86
Дзюбина А.А.	76

Е

Единов А.Ю.	77
Енгалычева М.И.	56

Ж

Жиленкова Н.Ю.	78
Жирнова Е.Д.	57

З

Зайцев А.А.	119
Закшевская В.М.	124
Зейналова С.З.	98
Зимин Я.С.	79

К

Катеринич М.Д.	32
Кендин М.П.	10
Киселёва А.К.	11
Ковалев В.А.	99
Ковкова У.П.	33
Козлов М.И.	12
Колос А.В.	34
Комаров И.К.	80
Кононов А.В.	81
Кополева Е.А.	13
Корженко К.С.	35
Королёв А.И.	58
Кривошеева О.П.	120
Критов А.В.	100
Крюкова А.С.	101
Курбанова С.М.	87
Куцов Д.А.	99

Л

Лебедев И.С.	59
Лебедев М.Д.	13
Левитин В.В.	82

М

Макаров Е.Г.	36
Макеева В.С.	102
Малай В.И.	121
Марков А.Н.	88
Марчук М.В.	89
Махова Д.А.	103
Мельничук М.Д.	122
Мендеш П.С.	60
Мерлян А.П.	37
Митина Е.Р.	123
Михеев А.А.	38
Молчанский Н.С.	104
Морозова Д.А.	124
Моршнеф Ф.К.	39
Москвичев Д.О.	61

Н

Нагорная Я.А.	105
Николаева А.А.	14
Нугаманова И.Ю.	40

О

Оразов Ж.К.	15
Орлова А.В.	16
Осмиев Р.М.	90

П

Преснухина С.И.	41
Прошина И.В.	62
Пугачёва Т.А.	106

Р

Ракина А.А.	107
Ревенко А.О.	17
Руденко И.В.	63
Рябов Д.Д.	64

С

Сазонов О.О.	108
Сангмамадов М.А.	77
Сафьянова Л.В.	91
Семенов А.В.	42
Сизов Г.Н.	65
Симанова А.Ю.	125
Слепцова А.Е.	18
Смирнова Д.К.	66
Смирнова Н.Э.	109
Соломатников А.П.	53
Стребков Д.А.	19
Судаков А.А.	20
Сулейманова Д.С.	43

Т

Татауров М.В.	110
Теплоногова М.А.	21
Тихонов Д.В.	67
Тонян И.Р.	22
Турарова Г.Б.	68
Турлыбай Г.Е.	69

У

Ушаков П.Ю.	44
-------------	----

Ф

Филиппова Е.В.	111
Филиппов И.А.	70
Финкельберг Я.М.	23

Х

Хабардина Е.А.	126
Хабарова Д.С.	92
Халабудин Д.А.	45

Ц

Целых Л.О.	71
------------	----

Ч

Чижов А.С.	112
Чикинёва Т.Ю.	24
Чугунов Р.Н.	127

Ш

Шагурин А.Ю.	72
Шайдулин Р.Р.	25
Шачнева С.С.	113
Шибаетова В.Д.	93

Я

Якимов Н.П.	128
Яковлев М.В.	114
Яничкина О.С.	94

Научное издание

**XXIX Менделеевская конференция молодых ученых
22–27 апреля 2019 г., Иваново
Сборник тезисов**

*Ответственный редактор Ю.С. Марфин
Компьютерная вёрстка И.Ю. Базловой*

Материалы публикуются в авторской редакции

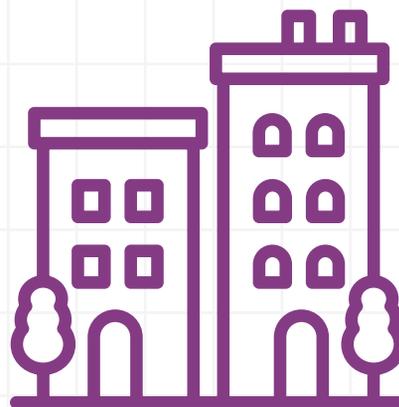
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико-технологический университет
www.isuct.ru

Редакционно-издательский центр ИГХТУ

Подписано к печати 12.04.2019. Формат бумаги 60×84 1/8.
Бумага мелованная. Печать офсетная. Объем 16,5 усл.-печ. л.
Тираж 160 экз. Заказ 2348

Отпечатано: ИПК «ПресСто».
153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, стр. 8
Тел. 8-930-33036-20. E-mail: pressto@mail.ru

ИГХТУ СЕГОДНЯ



6

Факультетов

26

Кафедр

50

Образовательных программ

7

Учебных корпусов

4

Общежития

3

Читальных зала

2

Научных институтов

4

Диссертационных советов

10

Специальностей докторантуры

6

Спортивных залов

16

Спортивных секций

12

Студенческих объединений

14

Направлений бакалавриата

9

Направлений магистратуры



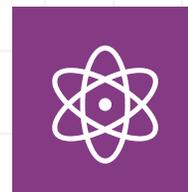
21 из 140

место в рейтинге востребованности вузов среди технических вузов России



5 из 153

место по научной и публикационной активности среди технических вузов России



100

аспирантов и докторантов



более

5000

студентов



более

400

профессоров и преподавателей докторов и кандидатов наук



более

60000

специалистов подготовлено



свыше

500

выпускников из 20 стран мира



более

200

выездных баз практик

8 (4932) 41-77-26

Подготовительные курсы

8 (4932) 93-98-19

Приемная комиссия



vk.com/isuct



isuct.ru

