

В диссертационный совет 24.1.092.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата химических наук при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук

СОГЛАСИЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Я, Алехина Марина Борисовна, доктор химических наук, профессор кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов ФГБОУ ВО "Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева", даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Дейко Григория Сергеевича на тему: «Разработка новых адсорбентов на основе металл-органических каркасов для селективной адсорбции компонентов природного газа» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия и предоставить отзыв в диссертационный совет в установленном порядке.

В соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» настоящим даю согласие на обработку моих персональных данных в целях включения в аттестационное дело для защиты диссертации соискателя. Согласие распространяется на следующие персональные данные: фамилия, имя, отчество; ученая степень; ученое звание; шифр специальности, по которой защищена диссертация; место основной работы; должность; контактный телефон, e-mail; научные публикации.

Также подтверждаю, что даю согласие на размещение полного текста отзыва на диссертацию и сведений об официальном оппоненте на сайте (портале) Института органической химии им. Н. Д. Зелинского в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://zioc.ru/events/novosti-dissertacionnyix-sovetov> с момента подписания настоящего согласия.

Приложение: сведения об официальном оппоненте

Доктор химических наук, профессор кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов ФГБОУ ВО "Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева"

М. Алехина

М.Б. Алехина

Подпись д.х.н., проф. М. Б. Алехиной удостоверяю
Ученый секретарь РХТУ
д.т.н., профессор



Н.А. Макаров

12 сентября 2023 г.

Сведения об официальном оппоненте
 по диссертации Дейко Григория Сергеевича
 «Разработка новых адсорбентов на основе металл-органических каркасов для
 селективной адсорбции компонентов природного газа» по специальности
 1.4.4 – Физическая химия
 на соискание ученой степени кандидата химических наук

Фамилия, имя, отчество	Алехина Марина Борисовна
Гражданство	РФ
Ученая степень, наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	Доктор химических наук (05.17.01-Технология неорганических веществ)
Ученое звание	Профессор
Полное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБОУ ВО "Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева"
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	РХТУ
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Полное наименование кафедры	кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
Почтовый индекс, адрес организации	РФ, 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 9
Веб-сайт	https://muctr.ru/
Телефон	+7(495) 4955062, доб. 5087
Адрес электронной почты	alekhina.m.b@muctr.ru
Список основных публикаций в рецензируемых изданиях, монографии, учебники за последние пять лет по теме диссертации (не более 15 публикаций)	<p>1. Фидченко М.М., Алехина М. Б., Безносюк А. Н., Варнавская А.Д., Мищенко Е.В. Разработка и исследование углеродно-минерального катализатора на основе природной глины и шинной крошки для реакции окислительного разложения неионогенных поверхностно активных веществ пероксидом водорода в сточных водах.// Кинетика и катализ. – 2023. – Т. 64. – № 3. – С. 1-11.</p> <p>2. Ubaskina Yu. A., Alekhina M. B. Investigation of the possibility of using high-clay-mineral opal-cristobalite rocks for fine purification of water from</p>

- highly soluble organic compounds.//Glass and Ceramics. – 2023. – V. 79. – №. 9 – 10. – P. 427–432.
3. Убаськина Ю.А., Алехина М.Б. Адсорбция хорошо растворимых органических соединений на диатомите.// Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2023. – Т. 59. – № 2. – С. 122–127.
 4. Фидченко М.М., Варнавская А.Д., Алехина М.Б., Бузанов Г.А. Адсорбция неона АФ 9-10 на углеродно-минеральном адсорбенте на основе природного алюмосиликата и шинной крошки.// Журнал физической химии. – 2022. – Т. 96. – № 6. – С. 880-887.
 5. Ubaskina Yu. A., Alekhina M. B. Application of granulometry for rapid assessment of the performance properties of acid-activated sedimentary rocks.// Glass and Ceramics. – 2021. – V. 78. – № 9-10. – P. 416-422.
 6. Dudoladov A. O., Alekhina M. B., Reshetnikova Yu. A., Tsygankov P. Yu. Nanocomposites Based on Calcium Alginate and Carbon Nanotubes for Selective Adsorption of Argon from a Mixture with Oxygen.//Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2021. – Vol. 57. – №. 5. – P. 899–905.
 7. Dudoladov A., Alekhina M., Souvorova O., Revina A. Modification of zeolites Y and ZSM-5 adsorption of nanoparticles of transition metals from back-micellar solutions for separation of gas mixtures.// BIO Web of Conferences. – 2021. – V. 30. – Article Number 02004.
 8. Fidchenko M., Alekhina M., Beznosyuk A., Varnavskaya A. Catalytic and adsorption properties of materials based on natural aluminosilicates modified with carbon.// BIO Web of Conferences. – 2021. – V. 30. – Article Number 02005.
 9. Решетникова Ю.А., Дудоладов А.О., Алехина М.Б., Иванов А.Г. Адсорбция азота, кислорода и аргона на полиорганосилоксанах с различными функциональными группами.// Сорбционные и хроматографические процессы. – 2021. – Т. 21, – № 1. – С. 33-41.
 10. Dudoladov A.O., Alekhina M.B., Tsygankov P. Yu. Kinetic Patterns of the Adsorption of Air Macrocomponents on Nanocomposites Based on Calcium Alginate and Carbon Nanotubes.// Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2021. – V. 95, – №. 6. – P. 1200–1206.
 11. Yessimkanova U., Mataev M., Alekhina M.,

	<p>Kopbaeva M., Berezovskiy A., Dreisinger D. The Study of the Kinetic Characteristics of Sorption of Scandium of Ion Exchanger Purolite MTS9580 from Return Circulating Solutions of Underground Leaching of Uranium Ores.// Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2020. – V. 22. – № 2. – P. 135–140.</p> <p>12. Убаськина Ю.А., Алехина М.Б. Лабораторные способы получения эффективных адсорбентов на основе диатомита для очистки воды от примесей хорошо растворимых органических соединений.// Бутлеровские сообщения. – 2020. – Т. 64. – № 10. – С. 74-84.</p> <p>13. Ivanova E.N., Alekhina M.B., Dudoladov A.O., Gubaidullina G. F., Chumak K.A. Y-Type Zeolites Modified by Transition Metal Nanoparticles for Separating Argon from a Mixture with Oxygen.// Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2019. – V. 55. – № 3. – P. 433–438..</p> <p>14. Ванчурин В.И., Караченко О.И., Конькова Т.В., Алехина М.Б. Влияние природы носителя и условий синтеза на структурно-фазовые особенности и свойства термостабильного катализатора дегидрирования циклогексанола.// Катализ в промышленности. – 2019. – Т. 19. – № 5. – С. 382-390.</p> <p>15. Постернак Н.В. Ферапонтов Ю.А. Ерохин С.Н., Донских В.В., Алехина М.Б., Мухамедиева Л.Н., Пахомова А.А., Царьков Д.С. Разработка регенерируемого поглотителя диоксида углерода для систем жизнеобеспечения человека при длительных космических полетах //Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2019. – № 16-18 (300-302). – С. 37-50.</p>
<p>Являетесь ли Вы работником Института органической химии им Н. Д. Зелинского (ИОХ РАН) в том числе по совместительству)?</p>	<p>Не являюсь</p>
<p>Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организации, где работает соискатель ученой степени, его научный руководитель?</p>	<p>Не являюсь</p>
<p>Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству)</p>	<p>Не являюсь</p>

организаций, где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем)?	
Являетесь ли Вы членом Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом экспертных советов Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом диссертационного совета, принявшего диссертацию к защите?	Не являюсь
Являетесь ли Вы соавтором соискателя степени по опубликованным работам по теме диссертационного исследования?	Не являюсь

 / Алехина М.Б./

Подпись д.х.н. Алехиной М.Б. удостоверяю
Ученый секретарь РХТУ имени Д.И. Менделеева,
доктор технических наук, профессор

 /Макаров Н.А./

«12» сентября 2023 г.



Отзыв
официального оппонента на диссертационную работу
Дейко Григория Сергеевича
на тему: «**РАЗРАБОТКА НОВЫХ АДСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ АДСОРБЦИИ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА**»,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4. – Физическая химия

Актуальность данного диссертационного исследования несомненна, так как оно посвящено переработке компонентов природного газа адсорбционным методом и, в первую очередь, разработке эффективных адсорбентов для извлечения метана и этана и их разделению для дальнейшей конверсии в ценные продукты. Развитие переработки природного газа основывается на повышении степени извлечения из него ценных компонентов, что в свою очередь, способствует развитию действующих и созданию новых газоадсорбционных и газохимических процессов. Наряду с традиционными материалами для разделения метана и этана – углеродными адсорбентами, перспективными для решения этой задачи являются металлоорганические каркасы (МОК), обладающие повышенной адсорбционной емкостью по метану и этану в диапазоне изменения давления 1-30 атм. Поскольку число возможных структур МОК является практически неограниченным, то их адсорбционные характеристики (емкость и селективность) могут быть оптимизированы под специфическую задачу, в том числе и для разделения компонентов природного газа.

Диссертационное исследование направлено на разработку методов получения и синтез МОК, а также композитных материалов на основе МОК и исследование адсорбционных свойств новых гибридных адсорбентов в процессах селективной адсорбции легких углеводородов: метана и этана.

Целью работы являлась разработка эффективных адсорбентов на основе МОК для разделения компонентов природного газа – метана и этана.

Научная новизна диссертации

Впервые исследовано влияние состава неорганического строительного блока на примере материалов ZIF-8 ($Zn(MIM)_2$, MIM – 2-метилимидазолат) и ZIF-67 ($Co(MIM)_2$) и органического линкера на примере материалов типа MIL-53(Al) ($Al(OH)bdc$, bdc – 1,4-бензолдикарбоксилат) на адсорбцию метана и этана. Изостерическим методом впервые получены данные по теплотам адсорбции метана и этана на материалах ZIF-8 и ZIF-67 в интервале температур 0-75°C.

Синтезированы и охарактеризованы 2 новых металл-органических каркаса - $Ca(H_2cbzac)_2(DMF)_2$ и $Ca(H_2cbzac)_2$ на основе впервые полученной 9-(карбоксиметил)карбазол-3,6-дикарбоновой кислоты ($H_3(cbzac)$), а также новый каркас $Ca_2(tcm)(DMF)_2$ на основе 4,4'-((2,2-бис((4-карбоксифенокс)метил)пропан-1,3-диил)бис(окси))добензойной кислоты (H_4tcm). Их структура определена методами ПРСА и РСА, соответственно. Впервые исследована адсорбция метана и этана на новых материалах $Ca(H_2cbzac)_2$ и $Ca_2(tcm)(DMF)_2$.

Впервые в процессах адсорбции метана и этана исследованы композиты на основе нанопористой матрицы $NH_2-MIL-101(Al)$, содержащей «гостевые» молекулы каликс[4]аренов с различными заместителями в ареновой «корзине»

(R = H, t-Bu, -SO₃H). Впервые изучена адсорбция метана и этана на композитах на основе частиц HKUST-1 и мезопористых кремнеземов MCM-41 и бипористого силиката BPS.

Впервые для материалов HKUST-1, ZIF-8, ZIF-67, NH₂-MIL-101(Al) (Al₃O(OH)(abdc)₃, abdc — 2-амино-1,4-бензолдикарбоксилат), NH₂-MIL-53(Al) (Al(OH)abdc), MIL-53(Al) измерены изотермы адсорбции этана в широком интервале давлений (1-30 атм). Впервые для адсорбентов HKUST-1, ZIF-8, ZIF-67, NH₂-MIL-101(Al), NH₂-MIL-53(Al), MIL-53(Al), Ni-DABCO (Ni₂(bdc)₂dabco, DABCO-1,4-диазабицикло[2,2,2]октан) определены значения идеальной селективности и селективности, рассчитанной в рамках теории IAST

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке нового подхода к получению выбранных материалов МОК, основанного на СВЧ-активации реакционной массы при атмосферном давлении. На примере структуры HKUST-1 (Cu₃(btc)₂, btc — 1,3,5-бензолтрикарбоксилат) показано, что метод, сочетающий применение СВЧ-активации и ионных жидкостей (ИЖ) в качестве реакционной среды, позволяет существенно уменьшить размер частиц МОК (от 8-25 мкм до 200-800 нм) и сократить время синтеза (от 30 мин до 5 мин). Показано, что предложенный СВЧ-метод может быть масштабирован как минимум в 20 раз для получения образцов HKUST-1 в количестве до 20 г.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием комплекса взаимодополняющих современных аналитических методов исследования: масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, рентгенофазового (РФА) и рентгеноструктурного (РСА, пРСА) анализов, термогравиметрического анализа, просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и др. Интерпретации методов исследования основаны на современных представлениях о структуре и свойствах МОК. Полученные закономерности согласуются с результатами других авторов, представленными в литературе.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Анализ диссертации показывает, что это достаточно представительная и объемная работа.

Диссертационная работа состоит из списка используемых сокращений, введения, семи глав, выводов, благодарностей, списка опубликованных работ, списка литературы. Каждая глава заканчивается заключением, где отражены основные выводы по содержанию главы и сформулировано дальнейшее направление работы. Диссертационная работа изложена на 225 страницах, содержит 3 схемы, 50 таблиц, 118 рисунков, список использованных источников из 259 наименований.

Во введении отражена актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, описаны научная новизна и практическая значимость работы, методология, методы исследования, обоснована достоверность результатов исследования, а также приведены положения, выносимые на защиту, отражен личный вклад автора в работу, указаны апробация результатов, объем и структура диссертации.

Глава 1 представляет собой аналитический обзор литературы по современным методам синтеза МОК, областям применения данных материалов, в

том числе в качестве адсорбентов компонентов природного газа. В литературном обзоре проведено сравнение основных методов синтеза МОК и проанализированы их недостатки и преимущества, которые являются существенными для масштабирования.

Доказана актуальность разработки высокоэффективных методов синтеза МОК с применением СВЧ-активации реакционной массы для улучшения их физико-химических характеристик, а также показана целесообразность получения новых структур МОК и гибридных материалов на их основе с целью создания новых адсорбентов для разделения метана и этана.

Глава 2. Экспериментальная часть. Здесь представлены методики синтеза широкого круга структур МОК и материалов на их основе в сольвотермальных условиях и СВЧ-полях, а также описан синтез ИЖ и органических линкеров для новых структур МОК.

Описана методология физико-химических и адсорбционных исследований полученных образцов с применением комплекса современных физико-химических методов. Состав и строение новых структур, полученных в данной работе, подтверждены методами порошковой рентгеновской дифракции (пРСА), ЯМР и элементным анализом. Селективность полученных и исследованных адсорбентов к адсорбции этана оценивали исходя из значений идеальной селективности для пары C_2H_6/CH_4 и значений IAST селективности, рассчитанных на основе Теории идеального адсорбционного раствора.

Глава 3 посвящена выбору целевых структур МОК в качестве перспективных адсорбентов компонентов природного газа. В ней проведена оценка материалов МОК и носителей иной природы (полимеров и кремнеземов) в процессах адсорбции метана и этана. Сформулированы критерии выбора целевых структур, в том числе доступность синтеза органического линкера. С учетом этого критерия были выбраны перспективные адсорбенты – HKUST-1, ZIF-8, ZIF-67, MIL-53(Al), NH_2 -MIL-53(Al), NH_2 -MIL-101(Al). Сформулированы направления исследования выбранных материалов.

В главе 4 представлены результаты по исследованию влияния метода синтеза на текстурные и адсорбционные характеристики материалов МОК на примере структуры HKUST-1. Разработан новый подход к синтезу материалов HKUST-1 с контролируемым размером частиц, который заключается в сочетании применения СВЧ-активации как способа нагрева и ионных жидкостей в качестве реакционной среды. Установлено, что использование ИЖ в качестве растворителя позволяет эффективно уменьшить размер кристаллов HKUST-1 по сравнению с материалами, полученными в молекулярных растворителях (ДМФА, вода, этанол, ТЭГ) практически на порядок. Предложенный метод СВЧ-синтеза может быть масштабирован как минимум в 20 раз.

Впервые получены данные по адсорбции метана и этана в широком диапазоне давлений (1-30 атм) для материалов HKUST-1.

Глава 5 посвящена изучению влияния структурных блоков в составе материалов МОК на их адсорбционные свойства по CH_4 и C_2H_6 . При проведении исследования было обнаружено выраженное влияние как органического, так и неорганического структурных блоков на адсорбционные свойства материалов МОК в отношении метана и этана.

Представлены данные по синтезу нового металл-органического каркаса состава $\text{Ca}_2(\text{tcn})(\text{DMF})_2$, структура которого была установлена методом РСА и определены физико-химические и адсорбционные свойства по CH_4 и C_2H_6 .

В главе 6 представлены результаты исследования возможности применения композитов различного состава на основе МОК в процессах адсорбции метана и этана. Исследованы материалы в виде матриц МОК, содержащих функциональные «гостевые» молекулы. Установлено, что наиболее высокая адсорбционная емкость по этану достигается на материале $\text{NH}_2\text{-MIL-101(Al)}$, содержащем введенные молекулы каликс[4]арена с группами $-\text{SO}_3\text{H}(\text{K}_{\text{R-SO}_3\text{H}}@\text{NH}_2\text{-MIL-101(Al)})$.

Впервые исследована адсорбция метана и этана на композитах $\text{HKUST-1}@SiO_2$ на основе частиц HKUST-1 и мезопористых силикатов MCM-41 и бипористого силиката (BPS). Показано, что внедрение кристаллитов HKUST-1 заметно изменяет адсорбционные характеристики матриц мезопористого кремнезема по отношению к паре этан/метан. При повышенных давлениях (>5 атм) значения селективностей IAST к этану для композитных адсорбентов выше, чем значения, полученные для исходных кремнеземов MCM-41 и BPS .

В Главе 7 обсуждается влияние физико-химических свойств полученных гибридных материалов на адсорбцию метана и этана.

Выводы содержат заключение по проведенной работе.

Замечания и вопросы по работе:

1. В диссертации объединены разделы «Научная новизна» и «Практическая значимость работы». Оценивая этот раздел, рецензент отмечает, что первый пункт раздела: «Разработан новый подход к получению выбранных материалов на основе МОК, основанный на СВЧ-активации реакционной массы при атмосферном давлении. На примере структуры $\text{HKUST-1}(\text{Cu}_3(\text{btc})_2)$, btc – 1,3,5-бензолтрикарбоксилат) показано, что метод синтеза, сочетающий применение СВЧ-активации реакционной массы и ионных жидкостей (ИЖ) в качестве реакционной среды, позволяет существенно уменьшить размер частиц МОК и сократить время синтеза. Показано, что предложенный СВЧ-метод может быть масштабирован...» – относится к практической значимости, остальные пункты – к научной новизне.
2. В работе нет пояснений о том, частицы МОК какого размера требуется получить при использовании разработанного метода синтеза. Как влияет размер частиц полученных материалов МОК на их адсорбционные свойства, в том числе на селективность к этану? Как размер частиц может повлиять на последующее использование полученных адсорбентов, например на формование?
3. Из текста диссертации следует, что идеальную селективность определяли как отношение емкостей адсорбента по этану и метану при одинаковом равновесном давлении и температуре (С. 62). С чем связано снижение идеальной селективности МОК к этану с ростом давления?
4. Насколько правомерен расчет IAST селективности для полученных МОК? На С. 104, в тексте отсутствует комментарий к рис. 3.2 (справа). Как объяснить зависимость для IAST селективности образца HKUST-1 к

- этану от давления для смеси C_2H_6/CH_4 ? В чем физический смысл этой величины для материалов МОК? На одном и том же экспериментальном материале (изотермы адсорбции метана и этана при $25\text{ }^{\circ}C$) был сделан расчет селективности с применением разных подходов и получены качественно различные результаты (см. рис. 3.2 слева и справа; рис. 4.20).
5. С. 78. Почему удельную поверхность по БЭТ рассчитывали в интервале относительных давлений 0,05–0,20. Обычно 0,05 – 0,3. С чем это связано? Как определяли размер пор, что имели в виду под размером: диаметр, эффективный радиус (например, табл. 4.5)?
 6. С. 85. Неудачная фраза: «Затем этанол отгоняли на роторном растворителе, остаток растворяли в воде и прибавляли водный раствор HCl (15%) до кислой реакции». Видимо, имели в виду ротационный испаритель.
 7. В диссертации приведены 3 схемы установок (схема 2.1. на С. 89, термopара не показана; схема 2.2 на С. 94; схема 2.3 на С. 101). Почему схемы? Это обычные рисунки.
 8. С. 94. Как выбирали температуру вакуумирования образца перед адсорбционными измерениями? Каким образом в динамических экспериментах после адсорбции этана проводили его десорбцию с образцов материала?
 9. С чем связано резкое увеличение адсорбции метана на композитах на основе MIL со смешанными линкерами с ростом давления? В чем заключается эффект открытия пор у материалов MIL-53(Al)? Почему этот эффект менее выражен при адсорбции этана?
 10. Опечатки в подписях к рис. 4.1 и 4.2.
 11. Подпись к рис. 4.23. Более привычно название «выходные кривые адсорбции смеси C_2H_6/CH_4 на материале HKUST-1 при разных объемных скоростях подаваемой смеси...»
 12. С. 174-175. На рис. 6.2.1 а,б,в не видны подписи на осях.

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация Дейко Григория Сергеевича написана хорошим научным языком, оформлена аккуратно и почти не содержит опечаток. Очень качественно выполнено большинство рисунков.

В автореферате диссертации отражены основные результаты, полученные в работе. Имеющиеся публикации (7 статей в журналах, включенных в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, рекомендованных ВАК), а также участие в международных и всероссийских конференциях указывают на достаточную апробацию материалов диссертационной работы.

Содержание диссертационного исследования достаточно полно освещено в представленных автором публикациях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Работа соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия.

Заключение

На основании рассмотрения материала диссертации и автореферата считаю, что диссертационная работа Дейко Григория Сергеевича «Разработка новых

адсорбентов на основе металл-органических каркасов для селективной адсорбции компонентов природного газа» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение для развития физической химии поверхностных явлений: разработанные подходы позволяют получать новые эффективные адсорбенты на основе металл-органических каркасов, рекомендуемые для адсорбционного разделения смеси метан-этан. Результаты работы прошли широкую апробацию. Работа полностью соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия, п. 3 Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях; п. 12 Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов; отвечает требованиям п. 9-11, 13,14 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (со всеми изменениями и дополнениями, в текущей редакции), а ее автор Дейко Григорий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Официальный оппонент,
доктор химических наук (05.17.01 –
Технология неорганических веществ), профессор,
профессор кафедры технологии неорганических веществ и
электрохимических процессов, факультета технологии
неорганических веществ и высокотемпературных материалов
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Российский химико-технологический
университет им. Д.И. Менделеева»



Алехина Марина Борисовна

10.11.2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» РФ, 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 9.
Тел. (495) 4955062, доб. 5087. E-mail: alekhina.m.b@muctr.ru

Даю согласие на обработку персональных данных.

Подпись М.Б. Алехиной заверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»

Макаров Николай Александрович



13 НОЯ 2023