

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
(УФИЦ РАН)

450054, г. Уфа, проспект Октября, 71. Тел./факс: (347) 235-60-22, 284-56-52, e-mail: presidium@ufaras.ru, presid@anrb.ru
Код организации 81, ОГРН 1030204207582, ИНН 0274064870, КПП 027601001

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, доктор биологических наук Мартыненко В.Б.

29.06.2026 № 17101-931.1-965

На № _____

«09» июня 2026 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра
Российской академии наук**

Диссертация «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C₁₆₊» выполнена в Институте нефтехимии и катализа – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, в лабораториях приготовления катализаторов и молекулярно - ситовых бифункциональных каталитических систем получения низкозастывающих дизельных топлив.

В период подготовки диссертации с 01.10.2020 по 30.09.2024 соискатель Забиров Артур Радикович обучался в очной аспирантуре Института нефтехимии и катализа Федерального государственного бюджетного научного

учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИНК УФИЦ РАН).

С декабря 2021 года по март 2023 года Артур Радикович работал в должности инженера лаборатории приготовления катализаторов ИНК УФИЦ РАН. С июня 2023 года по июнь 2024 года работал в должности лаборанта-исследователя лаборатории приготовления катализаторов ИНК УФИЦ РАН. С июня 2024 года по настоящее время Артур Радикович работает стажером-исследователем лаборатории молекулярно-ситовых бифункциональных каталитических систем получения низкозастывающих дизельных топлив ИНК УФИЦ РАН.

В 2020 году Забиров Артур Радикович окончил технологический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» с присвоением квалификации «Магистр» (освоил программу магистратуры по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология), после чего поступил в аспирантуру ИНК УФИЦ РАН по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность (профиль) образовательной программы: Кинетика и катализ, которую окончил в 2024 году с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка № 15-26 о сдаче кандидатских экзаменов по дисциплинам: история и философия науки (химические науки) («отлично» 18 июня 2021 г.), иностранный язык (английский язык) («отлично» 28 июня 2021 г.), выдана 04 июня 2026 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы».

Справка № 72/652.3 о сдаче кандидатских экзаменов по дисциплине: кинетика и катализ («хорошо» 23 июня 2023 г.) выдана 04 июня 2026 года Федеральным государственным бюджетным научным учреждением Уфимским федеральным исследовательским центром Российской академии наук.

Научный руководитель – Аглиуллин Марат Радикович, кандидат химических наук (02.00.15 – Кинетика и катализ), доцент, заведующий лабораторией молекулярно-ситовых бифункциональных каталитических систем для получения низкозастывающих дизельных топлив Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Тема диссертации утверждена Ученым советом ИНК УФИЦ РАН, протокол № 7 от 30 апреля 2026 г.

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Забиров Арутура Радиковича является цельной, самостоятельной и законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком профессиональном уровне, и отвечает критериям пп. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Основные научные результаты, полученные соискателем

В ходе выполнения диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Выявлены закономерности влияния дисперсности источника кремния и природы темплата на физико-химические свойства SAPO-11. Установлено, что использование высокодисперсного золя SiO_2 (размер частиц 4 нм) вместо крупнодисперсного кремнезема (размером до 200 нм) увеличивает индукционный период кристаллизации, выступая эффективным «переключателем» морфологии кристаллов и обеспечивая более равномерное внедрение кремния в виде мелких силикатных островков. Показано, что среди вторичных аминов диизопропиламин (DIPA) является наиболее эффективным

темплатом для формирования наноразмерных кристаллов с максимальной концентрацией доступных кислотных центров.

2. Установлена взаимосвязь между концентрацией реакционного геля и механизмом формирования кислотных центров. Доказано, что мольное отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.3$ в исходном геле является пределом для максимального внедрения атомов кремния в структуру кристаллической решетки преимущественно по механизму изоморфного замещения SM2. Это обеспечивает формирование наибольшей концентрации Бренстедовских кислотных центров, в то время как дальнейшее увеличение доли кремния приводит к снижению кристалличности и снижению кислотности из-за образования аморфной фазы и крупных силикатных островков.

3. Разработаны технологичные методы направленного синтеза наноразмерных и иерархических молекулярных сит SAPO-11. За счет комбинированного управления параметрами кристаллизации (использование DIPa, золь $\text{SiO}_2 \sim 4$ нм и снижение отношения $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ до 20) впервые реализован синтез частиц SAPO-11 размером менее 100 нм с высокой степенью кристалличности без применения дорогостоящих органических модификаторов роста и ПАВ. Установлено, что при соотношении $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 0.3$ формируются ультратонкие 2D-нанопластины толщиной 10–20 нм с ультракоротким диффузионным путем (~ 15 нм) и развитой иерархической микро-мезопористой структурой.

4. Созданы высокоселективные бифункциональные катализаторы Pt/SAPO-11 и изучены их свойства. Установлена прямая корреляция между морфологией кислотного носителя и характеристиками металлической фазы: использование наноразмерных 2D-пластин способствует формированию ультрамалых частиц платины (1–2 нм) и высокому отношению поверхностных атомов металла к кислотным центрам. В модельной реакции гидроизомеризации н-гексадекана разработанный катализатор Pt/SAPO-11-(4 нм)-0.3 эффективно снимает диффузионные ограничения и подавляет

вторичный крекинг, обеспечивая достижение выхода целевых изомеров C_{16} на уровне 89 % мас.

5. Подтверждена практическая эффективность разработанных каталитических систем в процессе переработки реального сырья. В процессе изодепарафинизации промышленной гидроочищенной дизельной фракции катализатор на основе наноразмерного SAPO-11 продемонстрировал высокие эксплуатационные характеристики. Процесс обеспечил получение арктического дизельного топлива с целевыми низкотемпературными свойствами (температура застывания $-66\text{ }^{\circ}\text{C}$, предельная температура фильтруемости $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$) при сохранении выхода дизельной фракции на уровне 99 % мас.

Личный вклад Забирова А. Р. заключается в изучении и обобщении литературных данных, проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов, активном участии в оформлении публикаций и диссертационной работы.

Достоверность полученных результатов

Достоверность научных положений и полученных результатов основывается на большом объеме взаимодополняющих экспериментальных исследований, проведенных с применением современных физико-химических методов (РФА, ВМУ ЯМР ^{27}Al ^{31}P , РФЭС, SAXS, PCCS, СЭМ, ПЭМ, адсорбции-десорбции N_2 и ТПД- NH_3), реализованных на высокотехнологичных приборах с новейшим программным обеспечением. Полученные результаты согласуются с современными физико-химическими представлениями в области синтеза цеолитсодержащих материалов и литературными данными. Положения, выносимые на защиту, прошли рецензирование в ведущих зарубежных журналах, а также обсуждены на всероссийских и международных конференциях.

Научная новизна полученных результатов

Впервые установлено комплексное влияние физико-химических характеристик источника кремния (природы, дисперсности, соотношения $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) на механизм его внедрения в кристаллическую решетку и

кислотные свойства молекулярного сита SAPO-11. Научно обоснован эффект высокодисперсного SiO_2 (4 нм), высокая реакционная способность которого увеличивает индукционный период кристаллизации, обеспечивая равномерное распределение кремния, рост концентрации кислотных центров, уменьшение размеров и изменение морфологии кристаллов. Разработан оригинальный метод синтеза наноразмерных и иерархических кристаллов SAPO-11 с развитой вторичной пористой структурой ($S_{\text{вн}} = 66\text{--}118 \text{ м}^2/\text{г}$, $V_{\text{мезо}} = 0.2\text{--}0.25 \text{ см}^3/\text{г}$) без использования ПАВ и модификаторов роста кристаллов, где применение 4-нм золя SiO_2 при соотношении $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 > 0.2$ выступает в роли «переключателя» морфологии для формирования 2D-нанопластин толщиной 10–20 нм. Впервые продемонстрирована высокая эффективность бифункциональных катализаторов Pt/SAPO-11 на основе полученных материалов: в гидроизомеризации н-гексадекана выход изомеров C_{16} достигает 89 % мас., а в изодепарафинизации промышленной дизельной фракции на гранулированном носителе обеспечен выход целевого продукта около 99 % мас. с улучшенными низкотемпературными характеристиками (ПТФ до $-52 \text{ }^\circ\text{C}$, температура застывания до $-66 \text{ }^\circ\text{C}$).

Практическая значимость результатов

Практическая значимость заключается в том, что разработан метод синтеза наноразмерных и иерархических молекулярных сит SAPO-11 с развитой вторичной пористой структурой без использования дорогостоящих ПАВ и модификаторов роста кристаллов, на основе которого можно перейти к разработке отечественной технологии изодепарафинизации дизельного топлива.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

По теме диссертационной работы опубликовано 15 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах и изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, а также тезисы 11 докладов на научных конференциях различного уровня.

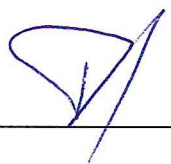
Строение и физико-химические свойства катализаторов. Разработка и усовершенствование промышленных катализаторов, методов их производства и оптимального использования в каталитических процессах».

Диссертация «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C_{16+} » Забирова Артура Радиковича рекомендуется к представлению к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

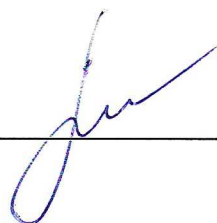
Заключение принято на заседании объединенного научного семинара Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Присутствовало на заседании **52** человека. Результаты голосования: «за» - **52** чел., «против» - **нет**, «воздержалось» - **нет**, протокол № 4 от 29 мая 2026 г.

Председатель объединенного научного
семинара ИНК УФИЦ РАН, к.х.н.


Гусаков В. Н.

Секретарь объединенного научного
семинара ИНК УФИЦ РАН, д.ф-м.н.


Тухбатуллин А.А.