

Председателю диссертационного совета

24.1.218.02 при УФИЦ РАН

д-ру хим. наук, проф. Хурсану С.Л.

**Заключение экспертной комиссии диссертационного совета 24.1.218.02
по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук на базе Федерального государственного бюджетного
научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра
Российской академии наук**

от «19» июня 2026 года по ознакомлению с диссертационной работой
Забилова Артура Радиковича, представленной на соискание
ученой степени кандидата химических наук по специальности
1.4.14. Кинетика и катализ

Председатель комиссии:

д-р хим. наук, проф. Халилов Леонард Мухибович

Члены комиссии:

д-р хим. наук, доц. Григорьева Нелля Геннадьевна

д-р хим. наук, доц. Травкина Ольга Сергеевна

Комиссия диссертационного совета 24.1.218.02, ознакомившись с диссертационной работой Забилова Артура Радиковича на тему «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C₁₆₊» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ, пришла к следующему заключению:

1. Актуальность темы

При эксплуатации техники в условиях зимнего и арктического климата предъявляются жесткие требования к низкотемпературным характеристикам дизельных топлив. Ключевым фактором, ухудшающим их эксплуатационные свойства при низких температурах, является высокое содержание линейных парафинов (n-алканов C₁₆₊), склонных к кристаллизации при отрицательных температурах.

В современной нефтепереработке наиболее перспективной технологией получения зимних и арктических дизельных топлив с выходом выше 90 % и сохранением высокого цетанового числа является каталитическая изодепарафинизация n-алканов C₁₆₊. Эффективная реализация данного процесса стала возможной, благодаря

бифункциональным катализаторам на основе молекулярных сит с одномерной 1D-10R). Среди них особый интерес представляют силикоалюмофосфаты SAPO-11. Их кристаллическая структура с одномерными эллиптическими каналами в сочетании с умеренной силой Бренстедовских кислотных центров обеспечивает высокую селективность превращения n-алканов в изомеры с минимальными скоростями нежелательных реакций их крекинга.

Несмотря на успешную промышленную реализацию каталитической изодепарафинизации дизельных топлив с использованием катализаторов на основе традиционного микрокристаллического молекулярного сита SAPO-11, их существенным недостатком является относительно большая длина одномерных каналов (800-1000 нм). В результате снижается доступность каталитически активных центров, расположенных, в основном, внутри каналов и увеличивается доля вторичных реакций гидрокрекинга парафинов. При этом снижается селективность по изомерам C_{16+} и их выход не превышает 80 %.

Эффективным решением указанной проблемы является разработка способов приготовления наноразмерных кристаллов молекулярного сита SAPO-11. Однако подавляющее большинство существующих методов синтеза наноразмерного SAPO-11 базируется на использовании дорогостоящих органических модификаторов роста кристаллов (ПАВ, ионных жидкостей, полимеров), а также применении сложных синтезов, таких как сухая конверсия геля или использование сверхкритических сред. Это неизбежно приводит к повышению экологической нагрузки из-за необходимости утилизации органических отходов. Поэтому актуальны исследования, которые посвящены разработке более простых и экологически менее опасных способов синтеза нанокристаллических молекулярных сит SAPO-11, а также созданию на их основе более эффективных катализаторов гидроизомеризации n-парафинов C_{16+} с целью получения низкозастывающих дизельных топлив.

2. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Личный вклад Забирова А.Р. состоит в поиске и анализе литературы, проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов, активном участии в оформлении публикаций и диссертационной работы.

3. Достоверность результатов проведенных исследований

Достоверность полученных результатов подтверждается их воспроизводимостью и согласованностью с известными экспериментальными и теоретическими данными. Кроме того, достоверность результатов обеспечена применением современных физико-

химических методов анализа для определения характеристик катализаторов (рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, малоугловое рентгеновское рассеяние, фотонная кросс-корреляционная спектроскопия, ЯМР ^{29}Si и ^{27}Al – спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, низкотемпературная адсорбция-десорбция азота, ИК-спектроскопия адсорбированного пиридина).

4. Научная новизна и практическая значимость

Впервые установлено влияние природы, дисперсности и содержания (соотношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) источника кремния на механизм внедрения его атомов в кристаллическую решетку и кислотные свойства молекулярного сита SAPO-11.

Обнаружено, что с уменьшением размера частиц источника SiO_2 (с 200 нм до 4 нм) наблюдается рост суммарной концентрации кислотных центров и более равномерное внедрение кремния в кристаллический каркас молекулярного сита SAPO-11.

Впервые показано, что уменьшение размера частиц источника SiO_2 приводит к уменьшению размера кристаллов и изменению их морфологии. Полученные результаты объясняются высокой реакционной способностью высокодисперсного SiO_2 , которая обеспечивает повышенную концентрацию атомов кремния на начальном этапе кристаллизации и приводит к увеличению индукционного периода кристаллизации, способствуя формированию большего количества зародышей кристаллов.

Установлено, что использование темплата DIPA, наночастиц SiO_2 (~4 нм) и регулирование концентрации геля позволяют синтезировать наноразмерные (менее 100 нм) и иерархические кристаллы молекулярного сита SAPO-11 без применения ПАВ и модификаторов роста кристаллов.

Выявлено, что применение золя SiO_2 со средним размером частиц около 4 нм при соотношении $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 > 0.2$ в реакционной смеси действует как "переключатель" морфологии, приводя к формированию 2D-нанопластин толщиной 10-20 нм с диффузионным путем для реагирующих молекул не более 15 нм. Синтезированные без ПАВ наноразмерные и иерархические образцы обладают развитой вторичной пористой структурой ($S_{\text{ВН}} = 66-71 \text{ м}^2/\text{г}$, $V_{\text{мезо}} = 0.18-0.25 \text{ см}^3/\text{г}$).

Показано, что бифункциональные катализаторы Pt/SAPO-11 на основе иерархического молекулярного сита SAPO-11, синтезированного с 4-нм золем SiO_2 , обеспечивают в процессе гидроизомеризации n-гексадекана суммарный выход изомеров C_{16} свыше 80 % мас., а 2D-нанопластины - 89 % мас.

Установлено, что в процессе изодепарафинизации промышленной дизельной фракции разработанный Pt-содержащий катализатор на основе гранулированного наноразмерного SAPO-11 с иерархической пористой структурой обеспечивает выход дизельного топлива около 98 % мас. со следующими целевыми показателями: ПТФ = -50 °С, температура помутнения = -42 °С, температура застывания = -61 °С.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основные научные результаты диссертации изложены в 4 статьях в журналах, рекомендованных ВАК и индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus и РИНЦ.

Требования к публикации основных научных результатов диссертации, предусмотренные пунктами 11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней, выполнены.

Наиболее значимыми являются следующие работы:

1. Synthesis and Application of SAPO-11 Molecular Sieves Prepared from Reaction Gels with Various Templates in the Hydroisomerization of Hexadecane / D. V. Serebrennikov, **A. R. Zabiroy**, A. N. Saliev, R. E. Yakovenko, T. R. Prosochkina, Z. R. Fayzullina, V. Yu. Guskov, B. I. Kutepov, M. R. Agliullin. – DOI 10.3390/gels10120792 // Gels. – 2024. – V. 10. – № 12. – P. 792.
2. Tuning the Structural, Acidic, and Catalytic Properties of SAPO-11 by Varying the SiO₂/Al₂O₃ Ratio in a Boehmite-Based Reaction Gel / **A. R. Zabiroy**, D. V. Serebrennikov, N. A. Filippova, D. S. Sabirov, A. I. Malunov, E. S. Mescheryakova, R. A. Zilberg, M. R. Agliullin. – DOI 10.3390/gels11120989 // Gels. – 2025. – V. 11. – № 12. – P. 989.
3. Direct synthesis of nanoscale SAPO-11 without crystal growth modifiers: Application in industrial diesel fraction isodewaxing /M. R. Agliullin, D. V. Serebrennikov, E. Gerasimov, A. Yu. Fedorov, N. Filippova, **A. R. Zabiroy**, A. I. Malunov, A. A. Chemes, A. V. Volik, R. E. Yakovenko. – DOI 10.1016/j.fuel.2025.137304 // Fuel. – 2026. – V. 407. – Part A. – P. 137304.
4. Tailoring Silicoaluminophosphate SAPO-11 Nanocrystal Morphology: Silicon Content as a Switch for Two-Dimensional Growth and Enhanced Catalytic Performance in Isodewaxing of Gasto-Liquid Waxes / M. R. Agliullin, D. V. Serebrennikov, E. Yu. Gerasimov, Yu. V. Larichev, N. A. Filippova, **A. R. Zabiroy**, A. I. Malunov, A. A. Chemes, A. V. Volik, R. E. Yakovenko. – DOI 10.1021/acsanm.5c04997 // ACS Applied Nano Materials. – 2026. – V. 9. – № 6. – P. 2771-2788.

6. Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа соответствует отрасли науки «Химические науки» и паспорту научной специальности 1.4.14. Кинетика и катализ, а именно пунктам:

3. – Поиск и разработка новых катализаторов и каталитических композиций, усовершенствование существующих катализаторов для проведения новых химических реакций, ускорения известных реакций и повышения их селективности;
5. – Научные основы приготовления катализаторов. Строение и физико-химические свойства катализаторов. Разработка и усовершенствование промышленных катализаторов, методов их производства и оптимального использования в каталитических процессах.

7. Ценность научных работ соискателя

Полученные в диссертационной работе новые результаты соответствуют фундаментальным направлениям развития современного цеолитного синтеза и гетерогенного катализа. Получены новые данные о механизме внедрения кремния в решетку AEL в зависимости от дисперсности источника SiO_2 . Впервые показано, что высокая реакционная способность наноразмерных частиц SiO_2 (~4 нм) приводит к увеличению индукционного периода кристаллизации, что является ключевым фактором управления морфологией и дисперсностью кристаллов, включая формирование 2D-нанопластин. Разработан новый, перспективный для практической реализации (не требующий применения ПАВ и дорогостоящих модификаторов) способ синтеза наноразмерных (<100 нм) и иерархических ($S_{\text{вн}} = 66\text{--}71 \text{ м}^2/\text{г}$) молекулярных сит SAPO-11. Подтверждена практическая эффективность разработанных каталитических систем в процессе изодепарафинизации промышленной гидроочищенной дизельной фракции.

8. Проверка диссертации на наличие заимствованного материала без ссылки на авторов

В тексте диссертации соискатель ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, также отмечает полученные лично и (или) в соавторстве результаты, что говорит о соблюдении требований, установленных **пунктом 14 Положения о присуждении ученых степеней**. Итоговая оценка оригинальности по системе проверки использования заимствованного материала без ссылки на автора составила 86,71 %, что включает самоцитирование (14,58 %) (заключение экспертной комиссии и автоматический отчет прилагаются).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертная комиссия единогласно решила, что диссертация Забиров Арура Радиковича на тему «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C_{16+} », представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ, представляет собой научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует критериям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствует заимствованный материал без ссылок на авторов или источники заимствования. Текст диссертации, представленный в диссертационный совет 24.1.218.02, идентичен тексту диссертации, размещенному на сайте организации (www.ufaras.ru). Диссертация Забиров Арура Радиковича на тему «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C_{16+} » может быть принята диссертационным советом 24.1.218.02 к защите по научной специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

Рекомендовать официальными оппонентами следующих специалистов:

Кашина Алексея Сергеевича – доктора химических наук (1.4.14 - Кинетика и катализ), старшего научного сотрудника лаборатории металлокомплексных и наноразмерных катализаторов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук» (ИОХ РАН); 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д. 47; сайт <https://zioc.ru/>; e-mail: a.kashin@ioc.ac.ru; директор ИОХ РАН: д-р хим. наук, профессор, академик РАН Терентьев Александр Олегович.

Пархомчук Екатерину Васильевну – кандидата химических наук (02.00.15 – Кинетика и катализ), ведущего научного сотрудника, руководителя научно-технологического комплекса «Темплатный синтез» отдела нетрадиционных каталитических процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ ИК СО РАН); 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 5; сайт: <https://catalysis.ru/>; e-mail: ekaterina@catalysis.ru; директор ФИЦ ИК СО РАН: д-р хим. наук, профессор, академик РАН Бухтияров Валерий Иванович

Рекомендовать ведущую организацию:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»); 454080, Челябинская область, г. Челябинск, проспект Ленина, д. 76; тел.: +7 (351) 263-58-82; сайт: <http://www.susu.ru>; e-mail: admin@susu.ru; ректор ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»: к-т физ.-мат. наук, доцент Вагнер Александр Рудольфович.

Председатель комиссии:

д-р хим. наук, проф. Халилов Леонард Мухибович

Члены комиссии:

д-р хим. наук, доц. Григорьева Нелля Геннадьевна

д-р хим. наук, доц. Травкина Ольга Сергеевна



«29» июня 2025 г.

Заключение

о допустимости выявленного объема текстовых совпадений между текстом диссертации и источниками, авторство которых установлено, для рассмотрения рукописи диссертации как оригинальной научной (квалификационной) работы

по диссертации Забиров Аруна Радиковича на тему «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C₁₆₊», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

Экспертная комиссия в составе

председателя комиссии – д-ра хим. наук, проф. Халилова Леонарда Мухибовича,

членов комиссии – д-ра хим. наук, доц. Григорьевой Нелли Геннадьевны

д-ра хим. наук, доц. Травкиной Ольги Сергеевны

рассмотрела представленный для проведения экспертизы комплект документов в составе:

1. Полный текст диссертации в электронном виде.
2. Распечатка текста диссертации.
3. Автоматический отчет системы «Антиплагиат» о выявленных текстовых совпадениях с указанием ссылок на источники совпадающих фрагментов.

Отчет о выявленных текстовых совпадениях и о количественно оцененной степени близости каждого выявленного совпадения, проведенной в системе Антиплагиат (www.antiplagiat.ru) выявил 13,29 % текстовых совпадений. Содержательная экспертиза текстовых совпадений с учетом ссылок на источники совпадающих фрагментов, детальной информации о совпадающих фрагментах показала, что выявленные совпадения представляют собой цитаты собственных материалов и корректное цитирование источников, с указанием ссылок на них. Таким образом, на основании анализа информации о совпадающих фрагментах, их источниках и количества оцененной степени близости каждого выявленного совпадения комиссия постановила, что выявленный объем текстовых совпадений 13,29 % допустим для рассмотрения рукописи диссертации как оригинальной научной работы. Диссертация Забиров Аруна Радиковича на тему «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C₁₆₊» и представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ может считаться полностью оригинальной работой.

Приложение: Автоматический отчет о проверке на плагиат диссертации «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших

н-парафинов C_{16+} », представленной на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ (система антиплагиат www.antiplagiat.ru).

Пояснения к автоматическому отчету:

1. Источники № 02, 05-06, 08-22, 24-28, 30-35 содержат общепринятые аббревиатуры и расшифровки, часто употребляемые фразы и словосочетания, не являющиеся предметом авторской работы.

Председатель комиссии:

д-р хим. наук, проф. Халилов Леонард Мухибович

Члены комиссии:

д-р хим. наук, доц. Григорьева Нелля Геннадьевна

д-р хим. наук, доц. Травкина Ольга Сергеевна

Председатель диссертационного совета 24.1.218.02

д-р хим. наук, проф.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.218.02

д-р хим. наук, доц.

Хурсан С.Л.

Травкина О.С.

« 29 » июня 2026 г.