

«УТВЕРЖДАЮ»



Первый проректор – проректор по научной работе ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», доктор технических наук, доцент

А.В. Коржов

«14» сентября 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» на диссертационную работу Забирова Артура Радиковича «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

Актуальность работы обусловлена необходимостью производства низкозастывающих дизельных топлив путем гидроизомеризации n-парафинов на фоне возрастающих потребностей в отечественных каталитических системах и задач импортозамещения. Традиционный микрокристаллический силикоалюмофосфат SAPO-11 обладает протяженными одномерными каналами, что создает трудности для эффективного протекания процесса. Поэтому разработка технологичных и экологически безопасных подходов к синтезу наноразмерного SAPO-11 без применения ПАВ и модификаторов роста кристаллов и создание на его основе селективных катализаторов крайне актуальна.

Структура и объем диссертационной работы

Представленная автором диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Структура и объем диссертации соответствует требованиям, предъявляемым к квалификационным работам, представляемым на соискание степени кандидата химических наук. Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Работа изложена на 180 страницах, содержит 60 рисунков, 34 таблицы и 144 библиографических ссылок.

Научная новизна

Впервые установлено влияние размера частиц и количества SiO₂ на механизм его внедрения в решетку AlPO-11 и кислотность образующегося при этом SAPO-11: уменьшение размера частиц SiO₂ с 200 нм до 4 нм обеспечивает рост концентрации кислотных центров и преобладание более равномерного внедрения.

Выявлен механизм контроля кристаллизации: использование высокореакционного золя SiO_2 (~4 нм) увеличивает индукционный период и способствует интенсивному зародышеобразованию, что позволяет направленно снижать размер кристаллов.

Разработаны экологичные способы синтеза наноразмерных (<100 нм) и иерархических кристаллов SAPO-11 без использования ПАВ и модификаторов роста за счет сочетания темплата DIPA, золя SiO_2 (~4 нм) и регулирования концентрации геля.

Обнаружен эффект «переключения» морфологии: применение золя SiO_2 (~4 нм) при $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 > 0.2$ приводит к формированию 2D-нанопластин толщиной 10–20 нм с укороченным диффузионным путем (до 15 нм) и развитой вторичной пористостью $S_{\text{вн}} = 66\text{--}71 \text{ м}^2/\text{г}$, $V_{\text{мезо}} = 0.18\text{--}0.25 \text{ см}^3/\text{г}$.

Продемонстрирована высокая каталитическая активность наноразмерных катализаторов Pt/SAPO-11 на основе 2D-нанопластин в гидроизомеризации н-гексадекана с выходом целевых изомеров C_{16} до 89 % мас.

Проведены испытания гранулированного наноразмерного катализатора Pt/SAPO-11 в изодепарафинизации реальной промышленной гидроочищенной дизельной фракции, обеспечившие 98 % мас. выход качественного низкозастывающего топлива.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и заключения, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность полученных результатов базируется на анализе современного состояния вопроса по теме диссертации; использовании широкого спектра современных методов синтеза и физико-химических исследований (порошковая рентгеновская дифракция, низкотемпературная адсорбция азота, ЯМР-спектроскопия высокого разрешения в твердом теле на ядрах ^{29}Si , ^{27}Al и ^{31}P , просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия, дифракция электронов, термопрограммированная десорбция аммиака, ИК-спектроскопия адсорбированного пиридина, газовая хроматография, а также стандартные методы определения низкотемпературных характеристик дизельных топлив); всестороннем анализе полученных данных, их непротиворечивости и высокой воспроизводимости результатов.

Выводы, сделанные автором в заключении, представляются достоверными, имеющими существенную новизну, и могут быть использованы при создании производства отечественных катализаторов изодепарафинизации с целью получения зимних и арктических дизельных топлив, а также базовых масел группы III+.

Теоретическая и практическая значимость работы

В результате выполнения работы сформулированы основные закономерности направленного синтеза наноразмерных и иерархических молекулярных сит SAPO-11 без использования ПАВ и органических модификаторов роста кристаллов. Раскрыт механизм влияния дисперсности источника кремния (наночастицы SiO_2 ~4

нм в сравнении с крупнодисперсными аналогами ~200 нм) на характер изоморфного замещения кремния в каркасе AlPO-11, природу и концентрацию кислотных центров, а также возможность направленного регулирования морфологии с образованием 2D-нанопластин с укороченным диффузионным путем (до 15 нм).

Разработанные способы синтеза и формования использованы при приготовлении образцов бифункциональных катализаторов Pt/SAPO-11. В лабораторных условиях продемонстрирована их высокая эффективность в гидроизомеризации н-гексадекана и изодепарафинизации реальной промышленной гидроочищенной дизельной фракции. Полученные результаты создают научно-технологическую основу для создания отечественных катализаторов изодепарафинизации с целью производства зимних и арктических дизельных топлив.

Подтверждение соответствия публикаций и автореферата основным положениям диссертации

Оформление и содержание автореферата в полной мере соответствует требованиям к кандидатской диссертации.

Основные положения диссертационной работы отражены в 15 научных трудах: из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах рекомендованных ВАК и индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, а также тезисы 11 докладов на международных и российских научно-практических конференциях.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

В автореферате диссертации изложены все основные положения представленного научного исследования. Автором сформулированы основные составляющие диссертационного исследования: актуальность, степень разработанности, цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, научные положения, выносимые на защиту, достоверность полученных результатов.

Представленные в автореферате основные результаты работы и выводы показывают, что поставленные цели и задачи автором выполнены.

Полученные результаты могут представлять интерес для организаций, занимающихся исследованиями в области приготовления и изучения свойств носителей и катализаторов на их основе, и может быть использован в следующих научных организациях и высших учебных заведениях: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный

технический университет» и других учреждениях, а также на промышленных предприятиях: ПАО «Газпром», Салаватский катализаторный завод и др.

При прочтении диссертационной работы возник **ряд вопросов и замечаний**:

1. При оценке степени кристалличности следует использовать не интенсивность рефлексов на дифрактограмме (зависящую от количества вещества в кювете, плотности его утрамбования, от текстуры при нанесении частиц), а их полуширину.

2. При поиске предела растворимости SiO_2 в структуре AlPO-11 было бы желательно объединить доказательства, основанные на рентгенофазовом анализе, электронной микроскопии и рентгенофотоэлектронной спектроскопии.

3. Было бы желательно при описании выхода 98% мас. низкозастывающего дизельного топлива дать подробнее описание того, что входит в остающиеся 2%.

Сделанные замечания имеют частный характер, не затрагивают основных выводов и не снижают научной ценности диссертационной работы Забирова А.Р., которая выполнена на высоком методическом уровне с применением современных физико-химических методов исследования. Выводы являются обоснованными и сделаны на основании большего объема экспериментальных данных, что подтверждает их достоверность.

Заключение

Диссертационная работа Забирова Артура Радиковича «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n -парафинов C_{16+} » представляет собой законченное, выполненное на хорошем научном уровне исследование. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Научные положения, выносимые на защиту, достаточно полно отражены в публикациях автора на тему исследования.

Диссертация Забирова Артура Радиковича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, заключающаяся в разработке методов синтеза наноразмерных и иерархических молекулярных сит SAPO-11 и эффективных катализаторов на их основе для процессов гидроизомеризации высших n -парафинов C_{16+} .

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.4.14. Кинетика и катализ по направлению исследований:

- п. 3. Поиск и разработка новых катализаторов и каталитических композиций, усовершенствование существующих катализаторов для проведения новых химических реакций, ускорения известных реакций и повышения их селективности.;

- п. 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.

По актуальности научной проблемы, научной новизне, теоретической и практической значимости, объему проведенных исследований, уровню обсуждения полученных результатов диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в действующей редакции).

На основании вышеизложенного можно заключить, что Забиров Артур Радикович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

Диссертационная работа и автореферат обсуждены и отзыв одобрен на межкафедральном научном семинаре с участием научных сотрудников научно-образовательного центра «Нанотехнологии», научно-педагогических работников и аспирантов кафедр «Теоретическая и прикладная химия», «Материаловедение и физико-химия материалов» и «Экология и химическая технология» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (протокол № 1 от 09.09.2026 г.).

Отзыв подготовил:

Жеребцов Дмитрий Анатольевич доктор химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, старший научный сотрудник кафедры материаловедения и физико-химии материалов ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Адрес: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76.

Тел.: +7 (351) 272-35-55

e-mail: zherebtcovda@susu.ru

14.09.2026

Подпись д.х.н., с.н.с. Жеребцова Д.А. заверяю



Контакты ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Адрес: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76.

Тел.: +7 (351) 267-99-00; e-mail: info@susu.ru