

В диссертационный совет 24.1.218.02
при Федеральном государственном бюджетном
научном учреждении «Уфимский федеральный
исследовательский центр Российской академии наук»
450054, Республика Башкортостан, г. Уфа,
проспект Октября, 69

ОТЗЫВ

официального оппонента

**на диссертацию Забиров А.Р. «Синтез наноразмерных
молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации
высших n-парафинов C₁₆+», представленную на соискание учёной степени
кандидата химических наук по специальности 1.4.14 – Кинетика и катализ
(химические науки)**

Официальный оппонент — Пархомчук Екатерина Васильевна, кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, руководитель научно-трудового коллектива «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», утверждена официальным оппонентом решением диссертационного совета 24.1.218.02 от 01.07.2026 (письмо № 17101-931.1-1126).

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Диссертационная работа А.Р. Забиров выполнена в Институте нефтехимии и катализа — обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИНК УФИЦ РАН), в лабораториях приготовления катализаторов и молекулярно-ситовых бифункциональных каталитических систем получения низкозастывающих

дизельных топлив. Научный руководитель — кандидат химических наук, доцент Аглиуллин Марат Радикович. Защита диссертации назначена на 14 октября 2026 г. на заседании диссертационного совета 24.1.218.02 на базе УФИЦ РАН.

Диссертация изложена на 180 страницах машинописного текста и включает введение, четыре главы (Глава 1 «Литературный обзор»; Глава 2 «Объекты и методы исследований»; Глава 3 «Синтез и исследование физико-химических свойств силикоалюмофосфатных молекулярных сит SAPO-11»; Глава 4 «Гидроизомеризация высших n-парафинов C_{16+} »), заключение, выводы, список сокращений и список литературы из 144 наименований; содержит 60 рисунков и 34 таблицы. По теме диссертации опубликовано 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК и индексируемых Web of Science и Scopus, и тезисы 11 докладов на международных и российских конференциях.

2. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность темы правомерно обоснована необходимостью улучшения низкотемпературных характеристик дизельных топлив (в том числе зимнего и арктического назначения) за счёт каталитической изодепарафинизации n-алканов C_{16+} на бифункциональных катализаторах на основе молекулярного сита SAPO-11, а также ограничениями существующих методов синтеза наноразмерного SAPO-11, большинство из которых требует дорогостоящих органических модификаторов роста кристаллов (ПАВ, ионные жидкости, полимеры) и связано с повышенной экологической нагрузкой.

3. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, ИХ ДОСТОВЕРНОСТЬ И НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Достоверность результатов обеспечена использованием комплекса современных взаимодополняющих физико-химических методов: PXRD и SAXS (структурный и фазовый анализ), СЭМ, ПЭМ, STEM и TEM-SAED (морфология и микроструктура), низкотемпературная адсорбция N_2 (текстурные

характеристики), РФА и РФЭС (фазовый и элементный состав), ЯМР ВМУ на ядрах ^{29}Si и ^{27}Al (координация атомов в каркасе), ТПД- NH_3 и ИК-спектроскопия адсорбированных молекул-зондов — пиридина и 2,6-диметилпиридина (кислотные свойства), импульсная хемосорбция H_2 (дисперсность платины).

В качестве научной новизны в автореферате заявлены следующие результаты:

1. влияние природы, дисперсности и содержания источника кремния на механизм внедрения его атомов в кристаллическую решётку и кислотные свойства молекулярного сита SAPO-11;
2. влияние размера частиц источника SiO_2 (от 200 нм до 4 нм) на концентрацию кислотных центров и равномерность внедрения кремния;
3. влияние размера частиц источника SiO_2 на размер и морфологию кристаллов SAPO-11, включая формирование 2D-нанопластин при использовании золя SiO_2 (~4 нм);
4. способ синтеза наноразмерных (<100 нм) и иерархических кристаллов SAPO-11 без ПАВ и модификаторов роста (темплат DIPA, наночастицы SiO_2 , регулирование концентрации геля);
5. показатели каталитической эффективности бифункциональных катализаторов Pt/SAPO-11: выход изомеров C_{16+} до 89 % масс. в модельной реакции гидроизомеризации н-гексадекана; выход дизельной фракции ~98 % масс. с ПТФ $-50\text{ }^\circ\text{C}$, температурой помутнения $-42\text{ }^\circ\text{C}$ и температурой застывания $-61\text{ }^\circ\text{C}$ при изодепарафинизации промышленного сырья.

Перечисленные положения обладают новизной, достаточно строго обоснованы экспериментальными данными, погрешности измерений необходимых величин представлены статистически корректно.

4. ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА И ПОЛНОТА ОТРАЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ В ПУБЛИКАЦИЯХ

Согласно автореферату, личный вклад автора состоит в поиске и анализе литературы, проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации результатов, активном участии в оформлении публикаций и диссертации. Основные результаты отражены в 4 статьях, из которых следует, что соискатель является активным участником коллективного труда.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Теоретическая значимость связана с новыми данными о механизме внедрения кремния в решётку AEL в зависимости от дисперсности источника SiO_2 . Практическая значимость состоит в разработке способов синтеза наноразмерных и иерархических молекулярных сит SAPO-11, не требующих ПАВ и дорогостоящих модификаторов, и в демонстрации их эффективности на промышленном сырье (изодепарафинизация гидроочищенной дизельной фракции, установка Taneco).

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ПО ГЛАВАМ

Глава 1 (Литературный обзор). Достаточно полно обобщены данные о регулировании внедрения кремния и кислотных свойств SAPO-11, способах синтеза наноразмерных и иерархических форм SAPO-11 и его каталитических свойствах в гидроизомеризации n -парафинов C_{16+} ; на основе анализа сформулированы цель и задачи работы.

Глава 2 (Объекты и методы исследований). Исчерпывающе описаны методики синтеза образцов и методы исследования их физико-химических и каталитических характеристик. Выбранные условия экспериментов обоснованы, позволяют получить результаты, соответствующие заявленным выводам.

Глава 3 (Синтез и исследование физико-химических свойств SAPO-11, разделы 3.1–3.5). Изложено влияние дисперсности источника кремния, природы темплата, соотношений $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$, а также их сочетания на структуру, морфологию и кислотные свойства кристаллов SAPO-11. Результаты

экспериментов получены впервые и представляют значительный научный интерес.

Глава 4 (Гидроизомеризация высших n-парафинов C₁₆₊). Представлены результаты испытаний бифункциональных Pt-содержащих катализаторов на основе SAPO-11 в модельной реакции гидроизомеризации n-гексадекана и в изодепарафинизации промышленной дизельной фракции. Представление результатов не вызывает сомнений в их достоверности.

Заключение и выводы. Обобщают результаты работы; пять пунктов выводов в целом соответствуют положениям, выносимым на защиту.

7. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ

Несмотря на положительное впечатление от диссертации, при ее прочтении возникли некоторые, не снижающие ценность работы, замечания: терминологического и технического содержания, а также по существу работы.

1. Масштабируемость разработанного способа синтеза наноразмерного SAPO-11 для практического применения почти не обсуждается: единственное упоминание (с. 98) — что низкая гомогенность вязких гелей при малых соотношениях H_2O/Al_2O_3 может создать трудности при масштабировании, и оно приведено скорее как обоснование выбранного диапазона условий, чем как анализ масштабируемости синтеза в целом. Для работы, заявляющей практическую значимость, стоит либо оценить перспективы наработки укрупнённых партий (хотя бы качественно — узкие места, ожидаемые сложности), либо явно обозначить это как направление дальнейших исследований.
2. Источником алюминия во всех синтезах служил коммерческий псевдобёмит (PB, Sasol/Plural/Pural SB); который автор упрощенно называет «бёмит» и из его характеристик указано только массовое содержание Al_2O_3 — причём по-разному в разных разделах: 77 % (с. 49, с. 52) и 78 % (с. 51) для, по-видимому, одного и того же материала. Другие свойства сырья (удельная поверхность,

размер частиц/кристаллитов, фазовая чистота, примеси) не приведены; нет и данных о воспроизводимости синтеза при использовании других источников алюминия. Каково мнение автора, имеет ли смысл развить работу в направлении замены импортного ПБ на материал российского производства, а для этого оценить воспроизводимость синтезов с другими источниками алюминия?

3. В Выводе 4 автореферата средний размер частиц Pt указан как «1–2 нм», тогда как для того же образца (Pt/SAPO-11-(4 нм)-0.3) в Заключение автореферата, а также в диссертации (раздел 4.1, Заключение, Выводы и данные соответствующей таблицы) фигурирует значение «2,9 нм». Поясните, пожалуйста, это опечатка или размер каких-то других частиц.
4. Не приведены свойства инертного кварца, использованного для разбавления слоя катализатора в обоих каталитических тестах — и в модельной реакции гидроизомеризации н-гексадекана (с. 57), и при испытании на промышленном дизельном сырье (с. 58): не указаны ни фракция/дисперсность, ни чистота. Эти параметры следует указывать при описании каталитических процессов, т.к. могут существенно влиять на распределение потока, тепловой профиль слоя, стабильность катализатора и другие параметры.
5. Групповой углеводородный состав приведён только для исходного сырья — промышленной дизельной фракции (Таблица 4.2, с. 152), тогда как для продукта его изодепарафинизации (Таблицы 4.3–4.4) показаны только выход целевой фракции, низкотемпературные и эксплуатационные свойства — без анализа группового состава. Рекомендуется проводить такой анализ, т.к. он позволяет напрямую оценить глубину превращения н-парафинов C₁₆₊ и вклад побочных реакций (крекинг ароматики/нафтен и т.п.).
6. Технические замечания по оформлению текста. В целом, работа написана грамотно и структурированно, изложение ясное и последовательное. Однако присутствует некоторое количество опечаток: «криссталлизации»,

«структуры», «Брентедовских», «истоника», «комерческого», «морфологей», «кристаллической», «соотношения», «Темплат», «Люисовские», слитно написанные «Алюмофосфатныйпрекурсор», «алюмофосфатнуюрешетку», «монометилзамещенныеалканы»; рассогласование падежей — «с коммерческими источника SiO_2 », «при различных соотношениями $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ », «из нержавеющей стали»; предлог «о/об» перед гласной — «о уменьшении», «о успешной», «о иерархической», в автореферате: «Из анализа снимков ПЭМ с дифракцией электронов (SAED) позволил установить локализацию и ориентацию 1D-10R каналов...».

Однако высказанные замечания и вопросы не снижают высокой оценки проделанной и представленной работы и носят скорее рекомендательный, нежели критический характер с пожеланиями дальнейшего плодотворного развития работ.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Забирова Артура Радиковича «Синтез наноразмерных молекулярных сит SAPO-11 и их применение в гидроизомеризации высших n-парафинов C_{16+} » является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой содержится решение задачи синтеза наноразмерных и иерархических молекулярных сит SAPO-11 без применения дорогостоящих органических модификаторов и создания на их основе высокоселективных катализаторов гидроизомеризации n-парафинов C_{16+} , имеющее значение для развития нефтехимии и катализа.

Диссертация по своей структуре, объёму, содержанию и оформлению соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор — Забиров Артур

Радикович — заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 – Кинетика и катализ (химические науки).

Официальный оппонент:

Кандидат химических наук (по специальности 02.00.15. «Кинетика и катализ»), доцент (по специальности 1.4.4 «Физическая химия»), ведущий научный сотрудник, руководитель научно-трудового коллектива «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»

/ Е.В. Пархомчук /

Контакты для связи: тел. +79833147180, e-mail: ekaterina@catalysis.ru

«18» сентября 2026 г.

Подпись Пархомчук Екатерины Васильевны заверяю.



ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА ПО УПР.
Н. М.О. КАЗАКОВ