

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 «29» июня 2026 года по ознакомлению с диссертационной работой
Жирновой Евгении Дмитриевны, представленной на соискание
ученой степени кандидата химических наук по специальности
1.4.14. Кинетика и катализ

Председатель комиссии:

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

Члены комиссии:

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

д-р хим. наук, доц. Гуськов Владимир Юрьевич

Комиссия диссертационного совета 24.1.218.02, ознакомившись с диссертационной работой Жирновой Евгении Дмитриевны на тему «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита MCM-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ, пришла к следующему заключению:

1. Актуальность темы

Цеолит MCM-22 (структурный тип MWW) представляет собой один из наиболее востребованных микропористых материалов современной нефтехимии и катализа. Его топология характеризуется наличием двух независимых систем пор – двумерных синусоидальных десятичленных каналов и двенадцатичленных суперъячеек, а также «чаш» на внешней поверхности, что обеспечивает уникальную геометрическую селективность и высокую устойчивость к дезактивации. Благодаря этим особенностям цеолит MCM-22 играет ключевую роль в крупнотоннажных процессах алкилирования бензола олефинами (этиленом и пропиленом) при производстве этилбензола и кумола – важнейших мономеров для синтеза полистирола, фенола и ацетона.

В последние годы сфера применения МСМ-22 активно расширяется в направлении «зелёной» энергетики и устойчивого развития. Материал демонстрирует высокую эффективность в качестве катализатора и носителя в процессах дегидрирования пропана в пропилен, переработки метанола в олефины (МТО), олигомеризации лёгких олефинов в компоненты высокооктановых топлив, а также гидрокрекинга возобновляемого сырья (растительных масел) для получения авиационного топлива. Кроме того, цеолит МСМ-22 успешно применяется в мембранных и адсорбционных технологиях разделения газов (пропилен/пропан) и в природоохранных технологиях в качестве эффективного носителя фотокатализаторов для очистки сточных вод.

Несмотря на значительный промышленный интерес и обширный объем публикаций, посвящённых синтезу порошкообразного МСМ-22, его массовое промышленное использование сдерживается отсутствием эффективных и технологичных методов получения гранулированной формы этого цеолита. Использование порошка в промышленных реакторах с неподвижным слоем невозможно, а традиционная формовка с инертными связующими (бемит, силиказоль, глины) приводит к частичной блокированию устьев микропор, снижению удельной поверхности и ухудшению доступности активных центров. Альтернативные методы создания гранул без связующего (например, парофазная кристаллизация) либо не обеспечивают требуемой механической прочности, либо сложны в аппаратном оформлении и трудно масштабируемы.

Таким образом, по-прежнему, остаётся актуальна разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22, обеспечивающего его высокую степень кристалличности с уникальными кислотными характеристиками; в сочетании с развитой иерархической (микро-, мезо- и макро-) пористой структурой, обеспечивающей эффективную диффузию объёмных молекул и снижающей скорость коксообразования; а также достаточную механическую прочность для эксплуатации в реакторах с неподвижным слоем. Решение этой фундаментальной и прикладной задачи имеет стратегическое значение для импортозамещения катализаторов, обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации в области нефте- и газохимии, а также для развития перспективных «зелёных» химических технологий.

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

Личный вклад Жирновой Е.Д. состоит в подготовке литературного обзора, постановке задач исследования, проведении экспериментов по синтезу цеолитов МСМ-22 и исследованию каталитических характеристик полученных материалов, а также в анализе полученных результатов, подготовке материалов к публикации и их апробации.

3. Достоверность результатов проведенных исследований

Достоверность научных положений и полученных результатов основывается на большом объеме взаимодополняющих экспериментальных исследований, проведенных с применением современных физико-химических методов (РФА, СЭМ, ПЭМ и адсорбции-десорбции N₂), реализованных на высокотехнологичных приборах с новейшим программным обеспечением. Полученные результаты согласуются с современными физико-химическими представлениями в области синтеза цеолитсодержащих материалов и литературными данными.

4. Научная новизна и практическая значимость

Установлено влияние природы кремнийсодержащего сырья на кинетику его растворения в щелочной среде и последующие процессы зародышеобразования и роста кристаллов цеолита MCM-22. Показано, что высокодисперсные источники кремния (белая сажа с удельной поверхностью 720 м²/г и молотый силикагель с удельной поверхностью 500 м²/г) характеризуются более высокой скоростью растворения по сравнению с осажденным диоксидом кремния (удельная поверхность 176 м²/г), что способствует формированию цеолита с высокой фазовой чистотой и степенью кристалличности 98-100 %.

Выявлены оптимальные условия кристаллизации аморфного синтетического алюмосиликата в цеолит MCM-22. Установлено, что для получения фазово чистого цеолита со степенью кристалличности, близкой к 100 %, необходимо: мольное отношение Na₂O/Al₂O₃=2,7; гексаметиленмин (ГМИ)/Al₂O₃ = 15; введение 20 масс. % кристаллической затравки; продолжительность кристаллизации 96 ч.

Впервые показана возможность кристаллизации гранул, содержащих порошкообразный цеолит MCM-22 и аморфный алюмосиликат, в растворе силиката натрия и гексаметиленмина с формированием гранулированного цеолита MCM-22h, представляющего собой единый сросток кристаллов с иерархической микро-мезо-макропористой структурой. Установлено, что предложенный подход позволяет получать гранулированный материал без использования дополнительных связующих веществ.

Обнаружено, что гранулированный иерархический цеолит H-MCM-22h сохраняет высокую концентрацию сильных брэнстедовских кислотных центров (354 мкмоль/г), сопоставимую с порошкообразным аналогом, и значительно (на 26-54 %) превосходит по этому показателю образец, полученный традиционной грануляцией со связующими веществами. Это обусловлено отсутствием инертного связующего, блокирующего активные центры.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основные научные результаты диссертации изложены в 10 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований и индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, тезисы 6 докладов на научных конференциях различного уровня, получен 1 патент РФ на изобретение.

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

Наиболее значимыми являются следующие работы:

1. **Жирнова, Е.Д.** Современные способы получения цеолитов структурного типа MWW / Е.Д. Жирнова, О.С. Травкина, Б.И. Кутепов. – DOI: 10.17122/bcj-2023-4-68-72 // Башкирский химический журнал. – 2023. – Т. 30. – №. 4. – С. 68-72.
2. **Zhirnova, E.D.** Synthesis of granular MCM-22 zeolite with a hierarchical porous structure / E.D. Zhirnova, O.S. Travkina. – DOI: 10.1134/S0965544124020129 // Petroleum Chemistry. – 2024. – Т. 64. – №. 2. – С. 186-192.
3. **Жирнова Е.Д.** Влияние условий кристаллизации аморфного синтетического алюмосиликата на физико-химические свойства цеолита MCM-22 / Е.Д. Жирнова, А.А. Исмагилов, О.С. Травкина, Б.И. Кутепов. – DOI: 10.18412/1816-0387-2025-6-21-30 // Катализ в промышленности. – 2025. – Т. 25, № 6. – С. 21-30.
4. **Жирнова Е.Д.** Исследование алкилирования бензола пропиленом в кумол на образцах порошкообразного цеолита MCM-22, приготовленных с использованием различного сырья / Е.Д. Жирнова, О.С. Травкина, Б.И. Кутепов. – DOI: 10.7868/S3034562626030072 // Нефтехимия. – 2026. – Т. 66, № 3. – С. 272-281.
5. Пат. RU2825324 РФ, МПК C01B 39/02, C01B 33/26. Гранулированный цеолит MCM-22 без связующего с иерархической пористой структурой и способ его получения [Текст] / О.С. Травкина, **Е.Д. Жирнова**, Б.И. Кутепов / заявл. 29.08.2023; опубл. 26.08.2024. – С. 7.

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. Расширены знания о влиянии кремнийсодержащего сырья на зародышеобразование и рост кристаллов цеолита MCM-22: показано, что высокодисперсные источники кремния («белая сажа» и молотый силикагель) обеспечивают более высокую скорость растворения в щелочной среде и позволяют получать цеолит со степенью кристалличности 98-100 %. Выявлены оптимальные условия кристаллизации аморфного алюмосиликата в цеолит MCM-22 ($\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,7$; ГМИ/ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15$; 20 масс. % затравки; 96 ч), что подтверждает перспективность использования аморфных алюмосиликатов для синтеза цеолитов семейства MWW. Впервые продемонстрирована возможность получения гранулированного цеолита MCM-22h с иерархической микро-мезо-макропористой структурой без связующих веществ путём гидротермальной кристаллизации гранул, содержащих порошкообразный цеолит и аморфный алюмосиликат (в качестве временного связующего); полученный материал обладает высокой механической прочностью (5,39 Н/мм²), развитой пористостью (удельная поверхность 531 м²/г, объём пор 0,86 см³/г) и может быть напрямую использован в реакторах с неподвижным слоем. Полученные результаты создают прочную научную основу для дальнейших исследований в области синтеза иерархических форм других цеолитов с использованием аморфных алюмосиликатов в качестве источника сырья и временного связующего, а также разработки гранулированных катализаторов без связующих веществ для процессов кислотного катализа.

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 87,15 %, что включает самоцитирование (23,5 %) (заключение экспертной комиссии и автоматический отчет прилагаются).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертная комиссия единогласно решила, что диссертация Жирновой Евгении Дмитриевны на тему «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой», 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 Жирновой Евгении Дмитриевны на тему «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» 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:

Гордину Наталью Евгеньевну – доктора технических наук (05.17.01 – Технология неорганических веществ), ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» (ФГБОУ ВО ИГХТУ); 153000, г. Иваново, Шереметьевский проспект, д. 7; сайт: <https://www.isuct.ru>; e-mail: gordinane@mail.ru; ректор ФГБОУ ВО ИГХТУ, доктор технических наук, доцент Гордина Наталья Евгеньевна.

Восмерикову Людмилу Николаевну – доктора химических наук (1.4.12. Нефтехимия), ведущего научного сотрудника лаборатории каталитической переработки легких углеводородов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии нефти СО РАН (ИХН СО РАН); 634055, г. Томск, пр. Академический, 4; сайт <https://petroleum.su/>; e-mail: lkplu@ipc.tsc.ru; директор ИХН СО РАН: д-р хим. наук, профессор Восмериков Александр Владимирович.

Рекомендовать ведущую организацию:

Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук (ИК СО РАН); 630090, г. Новосибирск, Пр-т

Академика Лаврентьева, д. 5; сайт: <https://www.catalysis.ru>; e-mail: bic@catalysis.ru;
директор ИК СО РАН: д-р хим. наук, академик РАН Бухтияров Валерий Иванович.

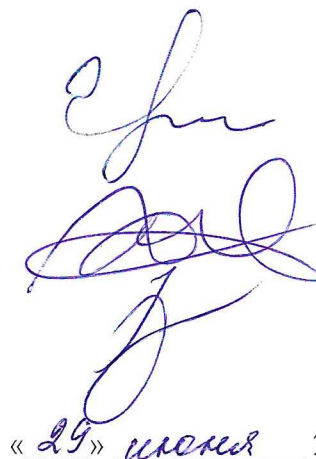
Председатель комиссии:

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

Члены комиссии:

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

д-р хим. наук, доц. Гуськов Владимир Юрьевич



«29» июня 2026 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 Жирновой Евгении Дмитриевны на тему «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой», 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, доц. Григорьевой Нелли Геннадьевны

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

д-ра хим. наук, доц. Гуськова Владимира Юрьевича

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 12,85 % 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 12,85 % допустим для рассмотрения рукописи диссертации как оригинальной научной работы. Диссертация Жирновой Евгении Дмитриевны, выполненная на тему «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» 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 «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой», 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 № 03, 05, 07-11, 13-21, 24-28, 30-38 содержат общепринятые аббревиатуры и расшифровки, часто употребляемые фразы и словосочетания, не являющиеся предметом авторской работы.

Председатель комиссии:

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

Члены комиссии:

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

д-р хим. наук, доц. Гуськов Владимир Юрьевич

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.