



**МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА  
(МГУ)**

Ленинские горы, Москва,  
ГСП-1, 119991

Телефон: +7(495) 939-10-00

Факс: +7(495) 939-01-26

05.06.2026 № 272-26/013-0  
На № \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Московский  
государственный университет  
имени М.В. Ломоносова»  
А.А. Федянин  
« 05 » 06 2026 г.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» на диссертацию Мухаметовой Наили Хайдаровны «Катализаторы гидрирования на основе Pd-комплексов гиперразветвленных полиаминоэтиленкарбонатов на оксиде алюминия», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

Катализаторы гидрирования играют ключевую роль в процессах крупнотоннажного органического синтеза, тонкой химии и производства фармацевтических препаратов. Особое место среди гидрогенизационных процессов занимает реакция гидрирования  $\alpha$ -метилстирола (АМС) до изопропилбензола (ИПБ), который является ценным реагентом в кумольном методе производства фенола и ацетона, а также в технологии получения пропиленоксида «Sumitomo». В этих процессах  $\alpha$ -метилстирол образуется как побочный продукт, и его гидрирование обратно в ИПБ позволяет замкнуть технологический цикл, снизить потери сырья и уменьшить экологическую нагрузку. В связи с этим тема диссертационного исследования – создание новых эффективных каталитических систем для селективного гидрирования  $\alpha$ -метилстирола в мягких условиях – является **актуальной** как с фундаментальной, так и с практической точек зрения.

Анализ степени разработанности темы показывает, что гетерогенные палладиевые катализаторы на традиционных неорганических носителях, в частности на  $\gamma$ -оксиде алюминия, хорошо изучены и проявляют высокую активность. Однако перспективным направлением является использование в качестве лигандов полимерных соединений – дендримеров и гиперразветвленных полимеров, которые позволяют стабилизировать наночастицы металла и предотвращать их агрегацию. Зарубежными научными группами (F.K. Katsaros, Z. Ye, Y. Guo, J. Wang) и отечественными исследователями (под

руководством Академика РАН А.Л. Максимова, проф. Г.А. Кутырева, Е.Ю. Юзик-Климовой) достигнуты определенные успехи в создании таких катализаторов. Тем не менее, коммерчески доступные дендритные полимеры производятся преимущественно зарубежными компаниями, что создает импортозависимость. Более того, отсутствуют систематические исследования влияния генерации дендритных полимеров на каталитические свойства получаемых гибридных носителей в реакции гидрирования  $\alpha$ -метилстирола. Большинство работ выполнено на уникальных, трудно синтезируемых полимерах, а сами гибридные системы находятся на стадии лабораторных разработок. Таким образом, степень разработанности темы является недостаточной, что подтверждает необходимость проведения настоящего исследования.

Построение работы традиционное: введение, три раздела (обзор литературы, экспериментальная часть и обсуждение полученных данных), заключение, перечень принятых сокращений и список цитируемой литературы из 184 наименований (работы российских и иностранных авторов). Рукопись диссертации насчитывает 124 страницы и включает 62 рисунка, а также 4 таблицы.

Во введении автором обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована ее общая цель – синтез, исследование строения и каталитических свойств восстановленных Pd-комплексов дендримера олигоаминоэтиленкарбоната и гиперразветвленных полиаминоэтиленкарбонатов на платформе оксида алюминия. Также во введении поставлены конкретные задачи исследования, которые были последовательно решены в ходе выполнения работы.

Литературный обзор представляет детальный анализ каталитических систем, применяемых для гидрирования  $\alpha$ -метилстирола. Основное внимание уделено благородным металлам платиновой группы, которые традиционно занимают лидирующее положение в реакциях гидрирования ненасыщенных соединений благодаря высокой активности и селективности. В противовес им рассмотрены системы на основе неблагородных металлов. Их преимущество заключается в экономической доступности, однако это достигается за счет снижения каталитической эффективности либо необходимости использования более жестких условий реакции. Кроме того, проанализированы неорганические, органические и гибридные носители, используемые в катализаторах гидрирования ненасыщенных соединений.

Обзор имеет четкую структуру, сопровождается 12 иллюстрациями (в том числе цветными), отличается полнотой и тщательностью проработки материала, а также высоким уровнем оформления. Представленный анализ дает адекватное представление о современном состоянии исследований в данной области: обзор содержит достаточный объем информации и опирается на литературные источники последних лет, включая актуальные работы. В завершение раздела на основании проведенного анализа формулируется вывод о необходимости дальнейшего систематического изучения влияния природы и генерации дендритных полимеров в гибридных носителях на каталитические свойства палладиевых систем в реакции гидрирования  $\alpha$ -метилстирола.

В экспериментальной части описан синтез и получение трех типов гибридных носителей на основе дендримера олигоаминоэтиленкарбоната и гиперразветвленных полиаминоэтиленкарбонатов второй и третьей генераций, иммобилизованных на модифицированном  $\gamma$ -оксиде алюминия, а также получение соответствующих палладиевых комплексов Pd(II). Далее приведена методика каталитического гидрирования  $\alpha$ -метилстирола до изопропилбензола с использованием синтезированных катализаторов.

В диссертации данные характеризуются значительной научной новизной. Впервые синтезированы гибридные носители трех типов: олигоаминоэтиленкарбонатный дендример/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, гиперразветвленный полиаминоэтиленкарбонат второй генерации/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и гиперразветвленный полиаминоэтиленкарбонат третьей генерации/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также комплексы Pd(II) на их основе. Установлено, что текстурные характеристики (удельная поверхность, объем пор) полученных систем закономерно изменяются с ростом

генерации дендритного полимера, что напрямую коррелирует с их каталитической активностью. Впервые показано, что увеличение генерации от первой к третьей приводит к повышению скорости гидрирования  $\alpha$ -метилстирола в 3–4 раза при сохранении 10% селективности по боковой цепи. Определены кинетические параметры реакции (энергия активации 44–46 кДж/моль), раскрывающие механизм влияния структуры гибридного носителя на каталитический процесс. Полученные результаты вносят существенный вклад в развитие подходов к направленному дизайну гетерогенных палладиевых катализаторов на основе дендритных полимеров.

Практическая ценность работы состоит в том, что восстановленные палладиевые комплексы, иммобилизованные на гибридных носителях, зарекомендовали себя и высокоэффективные катализаторы селективного превращения  $\alpha$ -метилстирола в изопропилбензол. Структура полученных соединений однозначно подтверждена комплексом современных экспериментальных физико-химических методов (ИК-спектроскопии, РСА, низкотемпературной адсорбции–десорбции азота, газовой хроматографии, масс-спектрометрии, КЛСМ, оптической микроскопии, СЭМ элементного анализа).

Основные научные итоги диссертации нашли отражение в трех статьях в журнале рекомендованных ВАК (две из них индексируются международными базами WoS Scopus), а также в восьми публикациях в сборниках трудов конференций. Следует так отметить, что автореферат в полном объеме передает содержание диссертационной работы.

На основании анализа текста работы и публикаций автора можно заключить, что цель работы, сформулированная в постановочной части, автором достигнута, сопутствующие ей задачи выполнены. Представленные в работе научные положения, выводы и рекомендации являются обоснованными.

Работа практически лишена методических, экспериментальных и оформительских недостатков. Объем проделанной работы велик. Тем не менее, по диссертации имеются некоторые вопросы и частные замечания:

1. В работе признается, что СЭМ и оптическая микроскопия не позволяют увидеть отдельные наночастицы палладия. Было бы интересно узнать, планировались дополнительные исследования (например, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения) для прямого измерения их размера и распределения.

2. В разделе 3.3 (стр. 74–77) обсуждаются изотермы адсорбции. Почему приведена изотерма для комплекса Pd(II) 9 или 10, а только для 11 и исходного  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?

3. Тoluол является ароматическим растворителем, который сам потенциально может гидрироваться в жестких условиях. Почему выбран именно толуол, а не, скажем, циклогексан или другой инертный растворитель? Это стоило бы кратко пояснить.

4. В работе указано, что восстановление проводят при 326 К в течение 3 ч в толуоле, но не приведено обоснование выбора именно этих параметров.

5. В подписи к рисунку 3.37 (стр. 78) написано «восстановленные комплексы Pd 9–11», хотя после восстановления они уже содержат Pd(0). Терминологически точнее было бы «восстановленные катализаторы на основе комплексов Pd(II)», «восстановленные комплексы Pd» или «Pd-содержащие катализаторы после восстановления».

Указанные выше замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.4. Кинетика и катализ по направлениям исследований: «2. Изучение элементарных стадий кинетических закономерностей протекания гомогенных, гетерогенных и ферментативных каталитических превращений»; «3. Поиск и разработка новых катализаторов каталитических композиций, усовершенствование существующих катализаторов и проведение новых химических реакций, ускорения известных реакций и повышения селективности»; «5. Научные основы приготовления катализаторов». Диссертация Мухаметовой Н.Х. является научно-квалификационной работой, в которой содержи

решение задачи о влиянии генерации дендритных полимеров на каталитические свойства палладиевых катализаторов, имеющее значение для развития химической науки в области гетерогенного катализа. Рассмотренная работа по актуальности темы, научной новизне, практической значимости полученных результатов, объему и уровню проведенных исследований полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук.

Полученные Мухаметовой Н.Х. результаты исследований представляют несомненный интерес для научных коллективов, работающих в области гетерогенного катализа, таких как УФИЦ РАН, Институт катализа СО РАН, Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН, ФИЦ ХФ РАН, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (химический факультет), ФИЦ ПХФ и МХ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, ФГАОУ ВО КФУ, ФИЦ ИК СО РАН и других научных центров.

Таким образом, соискатель Мухаметова Наиля Хайдаровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

Отзыв подготовили:

доктор химических наук, профессор  
Акопян Аргам Виликович

Отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры химии нефти и органического катализа Химического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, протокол заседания № 12 от «4» июня 2026 г.

Заведующий кафедрой химии нефти и органического катализа, доктор химических наук, профессор

Караханов Эдуард Аветисович

Согласны на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Почтовый адрес: 119991 Москва, Ленинские Горы, д.стр.3, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, химический факультет

Телефон: 8-495-939-1227

Электронная почта: arvchem@yandex.ru

Секретарь заседания канд.хим.наук Есева Екатерина Андреевна

И.о. декана Химического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова,  
д.х.н, профессор РАН

С.С. Карлов

Вход. № 05-9081  
«16» 05 2026 г.  
подпись