

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.092.02
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 25.11.2025 г. № 16

О присуждении Картавовой Кристине Евгеньевне (гражданке Российской Федерации) учёной степени кандидата химических наук.

Диссертация «Раскрытие циклов циклогексана и декалина на гетерогенных родийсодержащих катализаторах: влияние носителя, модифицирующих добавок и способа приготовления» по специальности 1.4.14 Кинетика и катализ принята к защите 18 сентября 2025 г., протокол №8, диссертационным советом 24.1.092.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН). Диссертационный совет создан в соответствии с приказом ВАК № 105/нк от 11.04.2012 (о создании совета) и № 516 от 26 мая 2017 года (о внесении изменений в составы советов). Состав диссертационного совета Д 002.222.02 утвержден в количестве 22 человек на период действия номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России № 59 от 25.02.2009 г. Переименован в 24.01.092.02 в соответствии с номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом № 118 от 24 февраля 2021 года. В соответствии с приказом № 2153/нк от 27 ноября 2023 года (о внесении изменений в составы советов) состав совета утвержден в количестве 24 человек.

Соискатель Картавова Кристина Евгеньевна 1995 года рождения в 2019 г окончила специалитет Химического факультета Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (Химический факультет ФГБОУВО МГУ им. М.В. Ломоносова) по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия», специализация «Аналитическая химия», диплом специалиста ААК 1607746. В 2023 г окончила аспирантуру Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (Химический факультет ФГБОУВО МГУ им. М.В. Ломоносова) по специальности Химические науки (04.06.01). Выдан диплом об окончании аспирантуры АС 000510, регистрационный номер 2301-0404-0456 от 30 сентября 2023 г. В настоящее время работает инженером 1 категории в лаборатории экологической химии кафедры общей химии Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена в Лаборатории экологической химии кафедры общей химии, Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — Кустов Александр Леонидович, кандидат химических наук (02.00.15 «Кинетика и катализ»), доцент кафедры Общей химии Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Официальные оппоненты:

Михаленко Ирина Ивановна, доктор химических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы.

Стыценко Валентин Дмитриевич, доктор химических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина.

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук г. Москва, в своем **положительном заключении**, подписанном директором ИФХЭ РАН, членом-корреспондентом РАН, д.х.н., профессором Буряком Алексеем Константиновичем (диссертационная работа и отзыв рассмотрены и обсуждены на совместном коллоквиуме лаборатории синтеза и исследования сорбентов и лаборатории сорбционных процессов ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН 15 октября 2025 г) указали, что диссертационная работа Картавой Кристины Евгеньевны выполнена на актуальную тему, является завершенной научно-квалификационной работой, по критериям научной новизны, практической значимости полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями Постановлений Правительства РФ от: 21.04.2016 г. № 335; 02.08.2016 г. № 748; 29.05.2017 г. № 650; 20.03.2021 г. №426 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 Кинетика и катализ.

Соискатель имеет **7 опубликованных работ по теме диссертации**, из которых **4 статьи** — в изданиях, включенных в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Kartavova K.E.**, Mashkin M.Y., Kostin M.Y., Finashina E.D., Kalmykov K.B., Kapustin G.I., Pribytkov P.V., Tkachenko O.P., Mishin I.V., Kustov L.M.,

Kustov A.L. Rhodium-based catalysts: An impact of the support nature on the catalytic cyclohexane ring opening. *Nanomaterials*, 13(5):936, 2023.

2. **Картавова К.Е.**, Машкин М.Ю., Калмыков К.Б., Капустин Г.И., Ткаченко О.П., Мишин И.В., Кустов Л.М., Кустов А.Л. Влияние природы промотированных циркониевых носителей на каталитическое поведение катализаторов на основе Rh в реакции раскрытия циклогексана в н-гексан. *Журнал физической химии*, 12:1, 2023.

3. Finashina E.D., Tkachenko O.P., **Kartavova K.E.**, Greish A.A., Kustov A.L., Davshan N.A., Kustov L. M. Influence of the Rh nanoparticle size and Rh precursor nature on decalin ring opening over Rh/Al₂O₃ catalysts // *Catalysis Letters*, 155 (3) 2025.

4. **Картавова К.Е.**, Байер Е.В., Машкин М.Ю., Капустин Г.И., Мишин И.В., Калмыков К.Б., Кустов А.Л. Конверсия циклогексана в н-гексан на нанесенных родиевых катализаторах: влияние состава носителя Ce_xZr_{1-x}O₂ // *Нефтехимия*, 12, 6, 2025.

На автореферат поступило **3 положительных отзыва**.

В отзывах отмечены актуальность, новизна и практическая значимость диссертационной работы. Отзывы прислали: 1) к.х.н., научный сотрудник Лаборатории химии углеводородов ИНХС РАН Порсин А.А. («Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук»); 2) к.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории наноструктурированных материалов и каталитических процессов переработки углеродсодержащего сырья кафедры Физической и коллоидной химии факультета Химической технологии и экологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» Глов А.П. (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»); 3) к.х.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией пористых материалов и сорбции Мамонтов

Г.В., Химический факультет Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Изложенные замечания по работе не носят принципиального характера, все недостающие в автореферате сведения содержатся в тексте диссертации и публикациях по теме диссертационной работы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области кинетики и катализа, наличием значительного количества публикаций по данной тематике; **ведущей организации** – широкой известностью своими научными достижениями в области гетерогенного катализа и физической химии.

В дискуссии приняли участие:

Член-корр РАН Третьяков Евгений Викторович (заведующий Лабораторией гетероциклических соединений им. академика А.Е. Чичибабина №3 ИОХ РАН) д.х.н. Елисеев Олег Леонидович (заведующий Лабораторией каталитических реакций оксидов углерода №40 ИОХ РАН), д.х.н. Сахаров Алексей Михайлович (заведующий Лабораторией химии полимеров №16 ИОХ РАН), д.х.н. Коган Виктор Миронович (заведующий лабораторией катализа переходными металлами и их соединениями № 38 ИОХ РАН), Исаева Вера Ильинична (ведущий научный сотрудник Лаборатории гетероциклических соединений им. академика А.Е. Чичибабина №3 ИОХ РАН), д.х.н., проф. Чернавский Петр Александрович (ведущий научный сотрудник Лаборатории гетерогенного катализа и процессов в сверхкритических средах № 15 ИОХ РАН), д.х.н., проф. Стахеев Александр Юрьевич (заведующий лабораторией катализа нанесенными металлами и их оксидами № 35 ИОХ РАН), д.х.н., проф. Грейш Александр Авраамович (ведущий научный сотрудник лаборатории разработки и исследования полифункциональных катализаторов №14 ИОХ РАН).

ПОСТАНОВИЛИ:

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны:

– новые эффективные родийсодержащие гетерогенные катализаторы на носителях $\text{CaO/MgO/Al}_2\text{O}_3$, ZrO_2 с добавками SiO_2 , TiO_2 , Y_2O_3 , La_2O_3 , WO_3 , проявляющие активность в реакции раскрытия циклов циклогексана в интервале температур 275–350 °С в атмосфере водорода;

установлено:

– оптимальный оксидный носитель, используемый для получения родийсодержащего катализатора, предназначенного для раскрытия С6-циклов нафтен, должен содержать кислотные центры умеренной силы. По данным работы, оптимальным носителем для родиевого катализатора, оказался $\text{CaO/MgO/Al}_2\text{O}_3$;

– введение WO_3 в носитель ZrO_2 позволяет повысить селективность образования н-гексана. Среди изученных каталитических систем $\text{Rh}/x\text{WO}_3/\text{ZrO}_2$ оптимальное содержание WO_3 составляет 1 масс. % W.

– оптимальным из изученных прекурсоров родия для реакции раскрытия шестичленных циклов декалина для получения катализатора является $\text{Rh}(\text{NO}_3)_3$, который обеспечивает селективность по частичному раскрытию С6-циклов декалина на уровне 70% при общей конверсии исходного циклоалкана 72 %.

показано, что среди использованных в работе методов нанесения металлического Rh на оксидный носитель ZrO_2 наилучшим является осаждение на носитель наночастиц Rh из раствора.

обнаружено, что добавка CaO к Al_2O_3 , выступающему в качестве носителя катализатора, заметно увеличивает конверсию нафтена, а в ряде случаев повышает и селективность образования н-гексана. Оптимальным количеством вносимого в катализатор CaO является 0,25 масс. %;

исследовано влияние добавок оксидов SiO_2 , Y_2O_3 , La_2O_3 , WO_3 , TiO_2 к оксиду ZrO_2 , выступающего в качестве базового носителя в родийсодержащих катализаторах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: впервые проведено комплексное исследование влияния оксидного носителя на физико-химические свойства родиевых катализаторов, а также на их активность и

селективность в реакции раскрытия шестичленных циклов в циклических углеводородах на катализаторах с различными носителями с варьированием их составов как в качественном, так и в количественном отношении.

Предложены высокоэффективные гетерогенные катализаторы на основе родия с оптимальной кислотностью оксидного носителя, в частности, с использованием коммерческого носителя на основе диоксида кремния с добавками оксидов магния и кальция.

Показано, что наиболее эффективным способом приготовления родийсодержащих катализаторов является осаждение наночастиц металлического Rh на оксидный носитель. Проведены испытания полученных в работе катализаторов в реакции раскрытия шестичленного цикла в более тяжелом субстрате – декалине.

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы:

- рентгенофазовый анализ (РФА);
- сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия (СЭМ и ПЭМ, соответственно);
- низкотемпературная адсорбция азота;
- инфракрасная спектроскопия диффузного отражения (ИКСДО);
- температурно-программированное восстановление водородом (ТПВ- H_2);
- рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).

Изложены условия оптимизации синтезов широкого ряда высокоактивных родийсодержащих катализаторов для селективного раскрытия циклов нафтеновых углеводородов.

Изучена взаимосвязь между каталитическими показателями и физико-химическими характеристиками родийсодержащих каталитических систем.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработаны и внедрены в лабораторную практику методики синтеза

родийсодержащих катализаторов;

- **определены** перспективы использования полученных родийсодержащих катализаторов в реакции дециклизации нафтеных углеводородов на примере циклогексана и декалина;

- **синтезированы** новые эффективные родийсодержащие катализаторы: $\text{Rh}/1\text{WO}_3/\text{ZrO}_2$, полученный пропиткой носителя, и Rh/ZrO_2 , полученный осаждением наночастиц Rh на носитель ZrO_2 , для раскрытия цикла циклогексана с образованием н-гексана с селективностью 87%;

- **представлены** новые гетерогенные родийсодержащие каталитические системы на носителях на основе ZrO_2 и Al_2O_3 с модифицирующими оксидными добавками для селективного процесса раскрытия циклов циклогексана и декалина в атмосфере водорода.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Экспериментальные работы выполнены на высоком уровне, анализ полученных продуктов проводился на сертифицированном оборудовании методом газовой хроматографии. Синтезированные родийсодержащие катализаторы были исследованы с использованием комплекса современных физико-химических методов: СЭМ-РСМА, РФЭС, РФА, ПЭМ, ТПВ- H_2 , ИК спектроскопия диффузного отражения, низкотемпературная адсорбция азота. Также достоверность обеспечивается независимой экспертизой опубликованных материалов в рецензируемых научных изданиях и апробацией на российских и международных конференциях.

Теоретическая интерпретация полученных экспериментальных данных согласуется с литературными данными по физико-химическому исследованию катализаторов.

Базовой основой являлись комплексный анализ и систематизации имеющихся в научной литературе данных по синтезу родийсодержащих катализаторов и методы повышения их каталитических свойств в реакции раскрытия циклов нафтеных углеводородов. Для поиска литературы были использованы современные системы сбора и обработки научно-технической

информации: электронные базы Reaxys (Elsevier), SciFinder (Chemical Abstracts Service) и Web of Science (Thomson Reuters), полные тексты статей.

Выполнено сравнение данных по активности в реакции раскрытия циклов циклогексана и декалина на родийсодержащих каталитических системах, полученных в диссертационной работе, и результатов, опубликованных ранее в литературе.

Установлено, что полученные в работе родийсодержащие гетерогенные катализаторы $\text{Rh/CaO/MgO/Al}_2\text{O}_3$, Rh/ZrO_2 , $\text{Rh/1WO}_3/\text{ZrO}_2$, $\text{Rh/TiO}_2/\text{ZrO}_2$, проявляют высокую активность и селективность в реакции раскрытия цикла циклогексана, и превосходят в этом отношении катализаторы, ранее исследованные в данном процессе.

Использованы современные системы сбора и обработки научной информации.

Личный вклад соискателя состоит в поиске, анализе и обобщении научной информации по синтезу и применению родийсодержащих катализаторов в реакции раскрытия циклов нафтеновых углеводородов. Соискатель принимала участие в постановке цели и планировании исследования, самостоятельно синтезировала образцы катализаторов, проводила каталитические эксперименты, обрабатывала полученные результаты, принимала участие в интерпретации полученных данных физико-химических методов анализа, представляла полученные результаты в форме докладов на российских и международных конференциях. Автором были также подготовлены статьи к публикации в рецензируемых научных журналах.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Опубликованные работы и автореферат полностью отражают основное содержание работы.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача, имеющая важное значение для современного катализа, а именно: разработаны гетерогенные родийсодержащие каталитические системы для селективного раскрытия циклов циклогексана и декалина в атмосфере водорода.

Таким образом, диссертационная работа соответствует критериям, установленным в п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и диссертационный совет принял решение присудить **Картаковой Кристине Евгеньевне** учёную степень кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — Кинетика и катализ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.4.14 — Кинетика и катализ рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 15, против присуждения учёной степени 1, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета д.х.н., проф.

А.Ю. Стахеев

и.о. Ученый секретарь

диссертационного совета, д.х.н.

25 ноября 2025 г.

В.И. Исаева

Подписи А.Ю. Стахеева и В.И. Исаевой заверяю

Ученый секретарь ИОХ РАН к.х.н.



И.К. Коршевец