

**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 18.02.2025 г. № 1

О присуждении Землянскому Петру Витальевичу (гражданину Российской Федерации) учёной степени кандидата химических наук.

Диссертация «Катализаторы разложения N_2O на основе смешанных оксидов со структурой шпинели и перовскита, содержащих металлы триады железа» по специальности 1.4.14 Кинетика и катализ принята к защите 17 декабря 2024 г., протокол № 20, 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 Землянский Пётр Витальевич 1999 года рождения. В 2022 г окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» г. Москва по специальности 18.04.01 Химическая технология, диплом магистра № 107704 0344506. Проходил обучение в аспирантуре федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук г. Москва с 15 сентября 2022 г., справка об обучении выдана за № 11 от 17 октября 2024 г.

В настоящее время работает младшим аналитиком данных отдела продвинутой аналитики, управления продаж и торговых операций на рынках капитала, дирекции обслуживания корпоративных клиентов и инвестиционно-банковских операций АО «Райффайзенбанк».

Диссертация выполнена в лаборатории разработки и исследования полифункциональных катализаторов № 14 федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН) и Лаборатории экологической химии кафедры общей химии, Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — доктор химических наук, профессор, заведующий Лабораторией №14 Кустов Леонид Модестович федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН).

Официальные оппоненты:

Фомичев Валерий Вячеславович, доктор химических наук, профессор Федерального государственного бюджетного учреждения науки РТУ МИРЭА, Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, кафедры Химии и технологии редких элементов им. К.А. Большакова;

Федотов Алексей Станиславович, доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории Каталитических нанотехнологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное учреждение науки федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН), г. Москва, в своем **положительном заключении**, подписанном заведующим отделом кинетики и катализа ФИЦ ХФ РАН, д.ф.-м.н. Гришиным М.В. **указали**, что диссертационная работа Землянскогo Петра Витальевича 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), 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 **14 опубликованных работ по теме диссертации**, из которых **3 статьи** – в изданиях, включенных в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science, и получено **2 патента**.

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. **Zemlianskii P.**; Morozov D.; Kapustin G.; Davshan N.; Kalmykov K.; Chernyshev V.; Kustov A.; Kustov L. The influence of the synthesis route and microwave activation on the CuFe_2O_4 spinel mixed oxide catalysts activity in N_2O decomposition // *Ceramics International*. – 2024. – Vol. 50. – P. 34081 – 34090.

2. **Zemlianskii P.**; Morozov D.; Kapustin G.; Davshan N.; Tkachenko O.; Kalmykov K.; Chernyshev V.; Kustov A.; Kustov L. Supported LaCoO_3 perovskite-like oxides for N_2O decomposition: The key role of the support nature and LaCoO_3 content // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2024. – Vol. 698. – P. 134546.

3. **Zemlianskii P.V.**; Kustov A.L.; Kapustin G.I.; Davshan N.A.; Kalmykov K.B.; Chernyshev V.V.; Kustov L.M. Kinetics of N_2O decomposition over bulk and supported LaCoO_3 perovskites // *Mendeleev Communications*. – 2024. – Vol. 34. – P. 653 – 655.

4. Патент РФ 2023108405, 04.04.2023. Способ очистки воздуха от диэтиламина. // Патент России № 2797201. 31.05.2023 Бюл. № 16 /

Землянский П.В.; Кучеров А.В.; Давшан Н.А.; Кустов А.Л.; Кустов Л.М.

5. Патент РФ 2023108407, 04.04.2023. Способ очистки воздуха от этанола. // Патент России № 2798584. 23.06.2023 Бюл. № 18 / **Землянский П.В.**;

Кучеров А.В.; Давшан Н.А.; Кустов А.Л.; Кустов Л.М.

На автореферат поступило **9 положительных отзывов**.

В них отмечены актуальность, новизна и практическая значимость диссертационной работы. Отзывы прислали: 1) к.х.н., старший научный сотрудник отдела физико-химических методов исследования Габриенко А.А. и д.х.н., главный научный сотрудник отдела физико-химических методов исследования Степанов А.Г. (федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»); 2) к.х.н., доцент, старший научный сотрудник Панченко В.Н. (федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского

отделения Российской академии наук»); 3) к.х.н., ведущий научный сотрудник Отдела нетрадиционных каталитических процессов Громов Н.В. (федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»); 4) к.х.н., старший научный сотрудник отдела гетерогенного катализа Докучиц Е.В. (федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»); 5) д.х.н., и.о. зав. кафедры химии и технологии полимеров Долуда В.Ю. (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет»); 6) д.х.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры химии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета Школьников Е.В. (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»); 7) д.х.н., ведущий научный сотрудник кафедры неорганической химии Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Шляхтин О.А. (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»); 8) к.х.н., ведущий научный сотрудник Кафедры химии нефти и органического катализа Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Вутолкина А.В. (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»); 9) к.х.н., 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» Смирнова Е.М. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»)

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:

д.х.н. В.И. Исаева (ведущий научный сотрудник лаборатории гетероциклических соединений им. академика А.Е. Чичибабина № 3 ИОХ РАН), д.х.н., проф. М.В. Цодиков (главный научный сотрудник Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН), д.х.н. В.И. Богдан (заведующий лабораторией гетерогенного катализа и процессов в сверхкритических средах № 15 ИОХ РАН), д.х.н. В.М. Коган (заведующий лабораторией катализа переходными металлами и их соединениями № 38 ИОХ РАН), д.х.н., проф. В.Н. Корчак (заведующий лабораторией гетерогенного катализа № 0141, Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова РАН), д.х.н., проф. М.В. Цодиков (главный научный сотрудник Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН), к.х.н. А.Е. Коклин (старший научный сотрудник лаборатории гетерогенного катализа и процессов в сверхкритических средах № 15 ИОХ РАН), д.х.н. Е.В. Третьяков (заведующий лабораторией гетероциклических соединений им. академика А.Е. Чичибабина № 3 ИОХ

РАН), к.х.н. Е.А. Редина (старший научный сотрудник лаборатории разработки и исследования полифункциональных катализаторов № 14 ИОХ РАН), д.х.н. А.М. Сахаров (заведующий лабораторией химии полимеров № 16 ИОХ РАН).

ПОСТАНОВИЛИ:

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны:

- методики синтеза серии эффективных катализаторов: ферритов меди со структурой шпинели и кобальтатов лантана со структурой перовскита, – как массивных, так и нанесенных на различные носители ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, SiO_2 , ZrO_2 , $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, $\text{ZrO}_2\text{-WO}_3$);
- новые эффективные гетерогенные катализаторы $\text{LaCoO}_3(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, $\text{CuFe}_2\text{O}_4(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, CuFe_2O_4 (синтез с использованием СВЧ-активации), проявляющие активность в разложении закиси азота в широком интервале температур;

установлено:

- методика и основные параметры синтеза (соотношение и природа реагентов, способ и время нагрева) в значительной степени влияют на фазовый состав, размер кристаллитов и частиц, удельную поверхность и объем пор, содержание координационно-ненасыщенных ионов кобальта и меди;
- каталитические свойства полученных образцов в реакции разложения N_2O коррелируют с фазовым составом, морфологией и текстурными характеристиками, а также электронным состоянием металлов;

показано, что наиболее эффективные катализаторы на основе LaCoO_3 и $\text{LaCoO}_3(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ способны разлагать закись азота при температурах 350–500 °С, тогда как феррошпинели проявляют активность в интервале температур 400–600 °С;

обнаружено влияние соотношений $\text{Co}^{2+}/\text{Co}^{3+}$, $\text{Cu}^+/\text{Cu}^{2+}$ и содержания кислородных вакансий на увеличение скорости разложения N_2O в присутствии синтезированных кобальтатов лантана и ферритов меди;

исследованы новые эффективные каталитические системы типа LaCoO_3 , $\text{LaCoO}_3(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, CuFe_2O_4 , и $\text{CuFe}_2\text{O}_4(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, синтезированные с использованием СВЧ-активации, что позволило на порядок повысить удельную скорость разложения N_2O ;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Установлена корреляция активности полученных LaCoO_3 , $\text{LaCoO}_3(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, CuFe_2O_4 и $\text{CuFe}_2\text{O}_4(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ катализаторов в реакции разложения N_2O с фазовым составом, размером кристаллитов и частиц, удельной поверхностью и электронным состоянием кобальта и меди, которые, в свою очередь, обусловлены методом синтеза.

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-СО);
- рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).

Изложены условия оптимизации синтезов широкого ряда высокоактивных перовскитных и шпинельных катализаторов для разложения закиси азота.

Изучена взаимосвязь между каталитическими показателями и физико-химическими характеристиками массивных и нанесенных систем.

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

- **разработаны и внедрены** в лабораторную практику методики синтеза перовскитных и шпинельных катализаторов, содержащих металлы триады железа;
- **определены** перспективы использования полученных перовскитных и шпинельных катализаторов в реакции разложения закиси азота;
- **синтезирован** новый нанесенный катализатор $\text{LaCoO}_3(20\%)/\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$, позволяющий разлагать N_2O при температурах на $75\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$ ниже, по сравнению с промышленными аналогами;
- **представлены** новые гетерогенно-каталитические системы на основе ферритов меди со структурой шпинели, синтезированные с использованием СВЧ-активации, для разложения N_2O в температурной области $400\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Экспериментальные работы выполнены на высоком уровне, анализ полученных продуктов проводился на сертифицированном оборудовании методом газожидкостной хроматографии. Синтезированные перовскитные и шпинельные катализаторы были исследованы с использованием комплекса современных физико-химических методов: РФА, СЭМ, ПЭМ, низкотемпературная адсорбция азота, ИКСДО-СО и РФЭС.

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

Идея базируется на комплексном анализе и систематизации имеющихся в научной литературе данных по синтезу перовскитных и шпинельных катализаторов, содержащих металлы триады железа и методах повышения их каталитических свойств в реакции разложения закиси азота. 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.

Использовано сравнение данных по активности в разложении N_2O с использованием перовскитных и шпинельных систем, полученных в диссертационной работе, и результатов, опубликованных ранее в литературе.

Установлено, что полученные в работе массивные и нанесенные перовскитные и шпинельные катализаторы - $LaCoO_3$, $LaCoO_3(20\%)/ZrO_2-La_2O_3$, $CuFe_2O_4$ и $CuFe_2O_4(20\%)/ZrO_2-La_2O_3$, проявили высокую активность в реакции разложения N_2O , и заметно превосходят в этом отношении катализаторы, ранее исследованные в данном процессе.

Использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в поиске, анализе и обобщении научной информации по синтезу и применению перовскитных и шпинельных катализаторов в реакции разложения закиси азота.

Соискатель принимал участие в постановке цели и планировании исследования, самостоятельно синтезировал образцы катализаторов, проводил каталитические эксперименты, обрабатывал полученные результаты, принимал участие в интерпретации полученных данных физико-химических методов анализа, представлял полученные результаты в форме устных и стендовых 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 массивные и нанесенные перовскитные и шпинельные каталитические системы, содержащие металлы триады железа, для разложения закиси азота в широком температурном интервале.

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 **Землянскому Петру Витальевичу** учёную степень кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — Кинетика и катализ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 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 18, против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя

диссертационного совета д.х.н.

Заместитель директора ИОХ РАН

О.Л. Елисеев

Ученый секретарь

диссертационного совета, к.х.н.

18 февраля 2025 г.

Е.А. Редина

Подписи О.Л. Елисеева и Е.А. Рединой заверяю

Ученый секретарь ИОХ РАН, к.х.н.

И.К. Коршевец

