

**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 28.12.2023 г. № 12

О присуждении Медведеву Артему Анатольевичу (гражданину Российской Федерации) учёной степени кандидата химических наук.

Диссертация «Каталитическая углекислотная конверсия гидролизного лигнина в присутствии соединений триады железа» по специальности 1.4.14 Кинетика и катализ принята к защите 26 октября 2023 г., протокол № 09, 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 соответствии с приказом №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 Медведев Артем Анатольевич 1994 года рождения в 2018 году окончил 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 «Физическая химия», диплом специалиста ААК 1605066. В 2022 г окончил 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. Выдан диплом об окончании аспирантуры АС 003136, регистрационный номер 2201-0404-0108 от 30 сентября 2022 г. Работает в Институте органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН в Лаборатории №47 экологических исследований и разработок инженером-исследователем.

Работа выполнена в лаборатории экологической химии кафедры общей химии химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, в «Лаборатории разработки и исследования полифункциональных катализаторов №14» и в «Молодежной лаборатории экологических исследований и разработок №47» ФГБУН Института органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН).

Научный руководитель — кандидат химических наук Кустов Александр Леонидович.

Официальные оппоненты:

Брук Лев Григорьевич, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химической технологии МИРЭА — Российского технологического университета;

Стыценко Валентин Дмитриевич, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры физической и коллоидной химии Российского государственного университета нефти и газа 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 4 декабря 2023 г (протокол №1249)) **указали**, что диссертационная работа Медведева Артема Анатольевича 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 **10 опубликованных работ по теме диссертации**, из которых **4 статей** – в изданиях, включенных в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science и получен **1 патент**.

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. **A.A. Medvedev**, A.L. Kustov, D.A. Beldova, S.B. Polikarpova, V.E. Ponomarev, E.V. Murashova, P.V. Sokolovskiy, L.M. Kustov, A synergistic effect of potassium and transition metal compounds on the catalytic behaviour of hydrolysis lignin in CO₂-assisted gasification. *Energies*, V. 16, № 11, 4335, 2023.
2. **A.A. Medvedev**, A.L. Kustov, D.A. Beldova, K.B. Kalmykov, M.Y. Mashkin, A.A. Shesterkina, S.F. Dunaev, L.M. Kustov, Influence of the method of Fe deposition on the surface of hydrolytic lignin on the activity in the process of its conversion in the presence of CO₂. *International Journal of Molecular Sciences*, V. 24, № 2, Pp. 1279–1290, 2023.
3. **A.A. Medvedev**, D.A. Beldova, K.B. Kalmykov, A.V. Kravtsov, M.A. Tedeeva, L.M. Kustov, S.F. Dunaev, A.L. Kustov, Carbon dioxide assisted conversion of hydrolysis lignin catalyzed by nickel compounds. *Energies*, V. 15, № 18, 6774, 2022.
4. **A.A. Medvedev**, A.L. Kustov, D.A. Beldova, A.V. Kravtsov, K.B. Kalmykov, B. Sarkar, E.M. Kostyukhin, L.M. Kustov, Gasification of hydrolysis lignin with CO₂ in the presence of Fe and Co compounds. *Mendeleev Communications*, V. 32, № 3, Pp. 402–404, 2022.
5. **Медведев А.А.**, Кустов А.Л., Бельдова Д.А., Прибытков П.В., Костюхин Е.М., Кустов Л.М. Способ получения монооксида углерода из лигнина гидролизного под действием CO₂ // Патент РФ № #RU 2 741 006 С1, 22.01.2021.

На автореферат поступило **5 положительных отзывов**.

В нем отмечены актуальность, новизна и практическая значимость диссертационной работы. Отзыв прислал 1) к.х.н., с.н.с. Габриенко А.А. и д.х.н., в.н.с. Степанов А.Г. (ФГБУН ФИЦ «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»); 2) н.с. лаборатории адсорбции и катализа кафедры физической химии к.х.н. Маерле А. А. (Химический факультет ФГБОУВО МГУ им. М.В. Ломоносова), 3) н.с. лаборатории химии углеводов к.х.н. Порсин А.А. (Федерального

государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН)), 4) старший преподаватель кафедры наноразмерных систем и поверхностных явлений имени С.С. Воюцкого института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, к.т.н. Рябков Е.Д. (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет»); 5) в.н.с. научно-исследовательской лаборатории катализа и нефтехимического синтеза кафедры химии нефти и органического катализа, к.х.н. Вутолкина А.В. (Химический факультет ФГБОУВО МГУ им. М.В. Ломоносова).

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. Сахаров Алексей Михайлович (заведующий лабораторией химии полимеров № 16); д.х.н., проф. Цодиков Марк Вениаминович (ИНХС РАН), д.х.н. О.Л. Елисеев (заведующий лабораторией каталитических реакций оксидов углерода № 40), д.х.н., проф. Пивина Татьяна Степановна (Лаборатория молекулярного моделирования и направленного синтеза №44), д.х.н. Коган Виктор Миронович (заведующий лабораторией катализа переходными металлами и их соединениями № 38), д.х.н. Кучеров Алексей Викторович (ведущий научный сотрудник лаборатории разработки и исследования полифункциональных катализаторов № 14), д.х.н. Богдан

Виктор Игнатьевич (заведующий лабораторией гетерогенного катализа и процессов в сверхкритических средах №15), к.х.н. Коклин Алексей Евгеньевич (старший научный сотрудник лаборатории гетерогенного катализа и процессов в сверхкритических средах №15).

ПОСТАНОВИЛИ:

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Впервые **проведено** комплексное исследование процесса каталитической углекислотной газификации гидролизного лигнина с использованием в качестве катализаторов оксидов металлов триады железа и показана их эффективность по сравнению с газификацией лигнина без дополнительного введения каталитически-активных компонентов.

Впервые **проведено** исследование влияния способа приготовления катализаторов на основе железа на структурные и каталитические свойства в реакции углекислотной конверсии гидролизного лигнина. Выбран оптимальный метод нанесения металла, позволяющий добиться наибольшей конверсии углекислого газа на основе выявленной связи между структурой металлических частиц и каталитическими свойствами.

Показано, что введение 7 масс. % железа или кобальта в лигнин увеличивают скорость превращения CO_2 в углекислотной конверсии гидролизного лигнина на 40 % при температуре 800 °С по сравнению с лигнином без добавок каталитически активных компонентов.

Впервые **показано**, что введение промотирующей добавки — калия, значительно увеличивает каталитические свойства соединений триады железа в реакции углекислотной конверсии гидролизного лигнина.

Установлено:

- оптимальное содержание каталитически активных компонентов: 3 масс. % К и 5 масс. % металла триады железа;

- наиболее высокой активностью в реакции углекислотной конверсии лигнина среди изученных систем с добавкой единственного каталитически активного компонента, по результатам каталитических испытаний, обладает Fe-содержащий катализатор, нанесенный на поверхность гидролизного лигнина и с концентрацией активного компонента 5–7 масс. %;
- наилучшим способом введения железа на поверхность гидролизного лигнина, является метод пропитки нитратом железа из водного раствора с двукратным избытком воды относительно влагоемкости. Скорость превращения углекислого газа для наиболее активного образца составила $14.7 \text{ мкмоль с}^{-1}$ при температуре $800 \text{ }^\circ\text{C}$;
- добавление калия в качестве промотирующей добавки увеличивает скорость превращения CO_2 . Наиболее активный катализатор 3K-5Co/лигнин обеспечивает скорость превращения CO_2 на уровне $20.3 \text{ мкмоль с}^{-1}$ при температуре $800 \text{ }^\circ\text{C}$, а выход CO по лигнину достигает 88 %.

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована тем, что: выбран оптимальный метод нанесения металла, позволяющий добиться наибольшей конверсии углекислого газа на основе выявленной связи между структурой металлических частиц и каталитическими свойствами. Введение 7 масс. % железа или кобальта в лигнин увеличивают скорость превращения CO_2 в углекислотной конверсии гидролизного лигнина на 40 % при температуре $800 \text{ }^\circ\text{C}$ по сравнению с лигнином без добавок каталитически активных компонентов. Введение промотирующей добавки — калия, значительно увеличивает каталитические свойства соединений триады железа в реакции углекислотной конверсии гидролизного лигнина. Установлено оптимальное содержание каталитически активных компонентов: 3 масс. % K и 5 масс. % металла триады железа.

применительно к проблематике диссертации результативно

(эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы:

– сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия (СЭМ и ПЭМ);

– рентгенофазовый анализ (РФА);

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

Полученные в рамках данного исследования результаты могут быть использованы для создания новых технологий промышленного получения ценных полупродуктов нефтехимии — синтез-газа и монооксида углерода. Кроме того, результаты исследований дают вклад в решение проблемы химической утилизации парникового газа — диоксида углерода.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Экспериментальные работы выполнены на высоком уровне, анализ полученных продуктов проводился на сертифицированном оборудовании методом газовой хроматографии. Синтезированные катализаторы были исследованы с использованием комплекса современных физико-химических методов.

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 катализаторов и методах улучшения их каталитических свойств в реакциях газификации биомасс. 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.

Личный вклад соискателя состоит в том, что автор диссертации, Медведев Артём Анатольевич, участвовал в постановке целей и задач данного исследования. Синтезировал каталитические системы и исследовал их в реакции углекислотной конверсии. Принимал участие в исследовании углеродных материалов физико-химическими методами анализа. Ключевой вклад в интерпретацию и обсуждение полученных результатов, написании статей и подготовке патента РФ принадлежит автору диссертации. Автор представлял полученные результаты в форме устных и стендовых докладов на российских и международных конференциях.

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.

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 **Медведеву Артему Анатольевичу** учёную степень кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — Кинетика и катализ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 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 16, против присуждения учёной степени 3, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя

диссертационного совета д.х.н., проф.

А.Ю. Стахеев

Ученый секретарь

диссертационного совета, к.х.н.

Е.А. Редина

28 декабря 2023 г.

Подписи А.Ю. Стахеева и Е.А.Рединой заверяю

Ученый секретарь ИОХ РАН, к.х.н.



И.К. Коршевец