

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.228.04, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИЦ КНЦ СО РАН), ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 02 июня 2026 г. № 7

О присуждении **Голубкову Виктору Александровичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Физико-химические закономерности гидролиза целлюлозы и гидрирования моносахаридов на твердых кислотных и бифункциональных рутениевых катализаторах» по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 31 марта 2026 года (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.228.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50). Диссертационный совет создан в соответствии с приказом Минобрнауки РФ № 47/нк от 30.01.2017 г., переименован в соответствии с приказом Минобрнауки РФ № 561/нк от 03.06.2021 г., изменения в состав внесены в соответствии с приказами Минобрнауки России № 92/нк от 26.01.2018 г., № 272/нк от 27.03.2019 г., № 29/нк от 28.01.2021 г., № 1845/нк от 26.09.2023 г., № 543/нк от 24.06.2025 г., № 1029/нк от 21.10.2025 г.

**Соискатель** Голубков Виктор Александрович, 3 октября 1996 года рождения, в 2020 году окончил магистратуру по направлению подготовки 06.04.01 «Биология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова», г. Абакан. В 2024 году окончил очную аспирантуру ФИЦ КНЦ СО РАН по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки, специальность «Физическая химия». Кандидатские экзамены сданы по следующим дисциплинам: Физическая химия, История и философия науки, Иностранный язык (английский).

Работает младшим научным сотрудником лаборатории каталитических превращений возобновляемых ресурсов Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (ИХХТ СО РАН).

Диссертация выполнена в лаборатории каталитических превращений возобновляемых ресурсов ИХХТ СО РАН.

**Научный руководитель** – кандидат химических наук Зайцева Юлия Николаевна, заместитель директора ИХХТ СО РАН по научной работе.

**Официальные оппоненты:**

**Бухтияров Андрей Валерьевич**, доктор химических наук, Центр коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук», заместитель директора ЦКП «СКИФ» по научной работе

**Никошвили Линда Жановна**, кандидат химических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации,

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ), г. Москва, в своем **положительном** отзыве, подписанном Локтевой Екатериной Сергеевной, доктором химических наук, доцентом, профессором кафедры физической химии Химического факультета МГУ и утвержденном проректором МГУ Федяниным Андреем Анатольевичем, профессором, членом-корреспондентом РАН указала, что научная новизна диссертационной работы заключается в следующем. Впервые показаны различия в механизмах гидролиза целлюлозы на твердых катализаторах с сильными и слабыми кислотными группами с использованием модели, рассматривающей роль образования двойного электрического слоя возле поверхности катализатора. Найдены экспериментальные данные, которые могут быть интерпретированы как проявление синергического эффекта общего и специфического кислотного катализа при гидролизе целлобиозы. Предложено объяснение эффекта в модели маршрута с двойной активацией путем образования комплекса целлобиозы с фталевой кислотой и последующей атаки гликозидной связи протоном. Показано, что концентрация кислотных групп на поверхности углеродных носителей (Сибунит-4, СМК-3) влияет на размер наночастиц рутения и активность в гидрировании глюкозы. Установлено, что в двух сериях катализаторов, нанесенных на Сибунит-4 и СМК-3, максимальную активность проявляют частицы рутения с размером ~ 1,6 нм. Выявлена высокая активность в гидрировании ксилозы рутениевых катализаторов, нанесенных на Zr-SBA-15. Выявлено различие в способности рутения к восстановлению из оксида на носителе Zr-SBA-15, не модифицированном и модифицированном оксидом ниобия, и влияние наблюдаемых различий на эффективность катализаторов в гидрировании ксилозы. Работа имеет практическую значимость для создания эффективных катализаторов и процессов переработки отходов лигноцеллюлозной биомассы в ценные химические продукты. Разработаны эффективные катализаторы гидрирования моносахаридов (на примере глюкозы и

ксилозы), содержащие 2% Ru на окисленных углеродных носителях (Сибунит-4, СМК-3) и на мезопористом мезоструктурированном оксиде кремния Zr-SBA-15, допированном оксидом циркония. Катализатор, допированный дополнительно оксидом ниобия, при значительных временах процесса не уступает по свойствам 2Ru/5Zr-SBA-15. Катализаторы обеспечивают высокую конверсию и селективность по целевым продуктам при мягких условиях (60-70 °С, 5,5 МПа Н<sub>2</sub>). Они не уступают, а по некоторым параметрам превосходят известные аналоги. Диссертация Голубкова В.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую п.п. 9 («Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции») и 12 («Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов») паспорта специальности 1.4.4. Физическая химия, а также требованиям пп. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление №842), в действующей редакции. Соискатель Голубков Виктор Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Соискатель имеет по теме диссертации 21 опубликованную работу, из них 5 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты работы доложены на конференциях различного уровня. Работы посвящены изучению кислотно-катализируемого гидролиза целлюлозы на твердых кислотных катализаторах, исследованиям на модельных растворимых катализаторах и субстратах, гидрированию моносахаридов на нанесенных рутениевых катализаторах. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Tarabanko N., **Golubkov V.A.**, Sychev V.V., Tarabanko V.E., Taran O.P. Acceleration by Double Activation Catalysis and its Negation with Rising Temperature in Hydrolysis of Cellobiose with Phthalic and Hydrochloric Acids // ChemPhysChem. – 2022. – Vol. 23. No. 3. – P. 202100804.
2. **Golubkov V.A.**, Malyar Y.N., Zaitseva Y.N., Sychev V.V., Vorobyev S.A., Taran O.P. The Impact of Surface Acid Species Strength on the Cellulose Structural Changes via Hydrolysis over Solid Acid Catalyst // Wood Science and Technology. – 2025. – Vol. 59. – No. 4. – P. 75.
3. Зайцева Ю.Н., Еремина А.О., Сычев В.В., **Голубков В.А.**, Новикова С.А., Таран О.П., Кирик С.Д. Синтез и исследование Ru-содержащих катализаторов гидрирования глюкозы на мезоструктурированном углероде // Журнал неорганической химии. – 2024. – Т. 69. – №4. – С. 496-506.
4. **Голубков В.А.**, Зайцева Ю.Н., Кирик С.Д., Еремина А.О., Сычев В.В., Таран О.П. Получение ксилитола из ксилозы на рутениевых катализаторах на основе

допированного оксидом циркония силиката SBA-15 // Химия растительного сырья. – 2023. – № 4. – С. 397-405.

5. **Golubkov V.A.**, Zaitseva Yu.N., Sychev V.V., Eremina A.O., Kirik S.D., Novikova S.A., Litvintseva K.A., Taran O.P. Ruthenium Catalysts on Zr-SBA-15 and Nb/Zr-SBA-15 Supports for Xylose Hydrogenation // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2024. – Vol. 17. – No. 4. – P. 528-538.

Научные работы соискателя отражают результаты проведенного исследования и раскрывают основные положения, выносимые на защиту.

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные. Отзывы к.х.н., доцента Бортникова С.В. (Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова) и д.ф.-м.н. Нурмухаметова Д.Р. (ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН») замечаний не содержат. Краткий обзор вопросов и замечаний, содержащихся в отзывах ведущей организации, официальных оппонентов д.х.н. Бухтиярова А.В. (ИК СО РАН), к.х.н., доцента Никошвили Л.Ж. (ТГТУ) и на автореферат к.х.н. Торлопова М.А. (Институт химии Коми научного центра УрО РАН), д.х.н., профессора РАН Брылякова К.П. (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН), к.х.н., доцента Будаевой В.В. (Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН), к.х.н. Щербаковой-Санду М.П. (Национальный исследовательский Томский государственный университет), д.х.н., профессора Субоча Г.А. (Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева):

- Чем объясняется экстремальная зависимость активности Ru-катализаторов от размера частиц, и почему максимальная активность наблюдается при размере около 1,6 нм?
- Какую роль играют кислотные центры носителя в формировании размера и свойств частиц рутения?
- Насколько существен вклад текстурных характеристик, допирования Zr и Nb, а также кислотности по сравнению с влиянием размера частиц рутения?
- Почему в работе отсутствует сравнение допированных катализаторов с системой Ru/SBA-15 без модификаторов?
- Каково фактическое содержание рутения в исследованных катализаторах и влияет ли оно на наблюдаемую активность?
- Чем подтверждается предположение о структуре наночастиц рутения типа «ядро–оболочка» ( $\text{Ru}^0/\text{RuO}_2$ )?
- Какие преимущества и недостатки имеют твердые кислотные катализаторы по сравнению с ферментативным гидролизом и гидролизом в сверхкритической воде?
- Почему фталевая кислота была выбрана в качестве модели кислотных центров углеродных материалов и может ли ее роль выполнять другая дикарбоновая кислота?

- Существует ли химическое объяснение торможения гидролиза целлобиозы при совместном использовании двух кислот?
- Почему для изучения механизмов гидролиза использовалась целлобиоза, а не непосредственно целлюлоза?
- Почему в автореферате отсутствуют примеры гидролиза целлюлозы на твердых кислотных катализаторах?
- Было ли экспериментально подтверждено образование промежуточного комплекса  $\text{celb} \cdot \text{Hphth} \cdot \text{H}_3\text{O}^+$ ?
- Какими методами подтверждается существование двойного электрического слоя на поверхности твердых кислот при 180 °С и какая модель ДЭС использовалась?
- Как степень окисления рутения влияет на селективное гидрирование углеводов и каталитические свойства исследованных систем?
- Проводились ли исследования стабильности, термостойкости и возможности повторного использования твердых кислотных катализаторов?

Во всех отзывах отмечено, что указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общего высокого научного уровня диссертации, которая отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Выбор официальных оппонентов обосновывается соответствием научных интересов профилю рассматриваемой диссертации, высокой профессиональной квалификацией, наличием научных работ по проблематике исследования, в том числе опубликованных в течение последних 5 лет. Выбор ведущей организации обосновывается тематической близостью научных исследований ее сотрудников и рассматриваемой диссертации соискателя в области физической химии каталитических превращений углеводородного сырья и гидропереработки, что позволяет наиболее полно и квалифицированно оценить научную и практическую ценность рассматриваемой диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработаны** новые эффективные рутенийсодержащие катализаторы гидрирования моносахаридов на углеродных носителях СМК-3 и Сибунит-4, и на мезопористом мезоструктурированном силикате SBA-15, модифицированном оксидами циркония и ниобия;
- **установлено**, что гидролиз целлюлозы на твердых катализаторах с сильными и слабыми кислотными группами в водной среде протекает по механизмам специфического и общего кислотного катализа соответственно;

- предложена научная гипотеза, объясняющая разные механизмы каталитического гидролиза целлюлозы образованием двойного электрического слоя с высокой и низкой концентрацией ионов гидроксония в водной среде у поверхности катализатора;
- экспериментально **доказан** синергический эффект общего и специфического кислотного катализа, реализуемого по механизму двойной активации, при гидролизе целлобиозы, катализируемом смесью фталевой и соляной кислот.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

установленные автором физико-химические закономерности каталитического гидролиза целлюлозы **расширяют фундаментальные представления о** механизмах действия твердых катализаторов с различной силой кислотных центров в водной среде, интерпретированные в рамках концепции двойного электрического слоя, и вносят существенный вклад в физическую химию каталитических процессов переработки растительного сырья.

**Применительно к проблематике диссертации**

эффективно использован комплекс современных физико-химических методов исследования и анализа: рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, рентгеновская дифракция, ИК-спектроскопия, просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия, электронная спектроскопия диффузного отражения, низкотемпературная адсорбция азота, газовая, жидкостная и гель-проникающая хроматография.

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

разработанные катализаторы гидрирования глюкозы в сорбит на окисленных углеродных носителях СМК-3 и Сибунит-4, содержащие 2% Ru, позволили снизить температуру процесса до 60°C, а катализаторы гидрирования ксилозы в ксилит, содержащие 0,5-2% Ru на модифицированном оксидами циркония и ниобия мезопористом мезоструктурированном силикате SBA-15, – до 70°C, что в обоих случаях превосходит известные аналоги.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- воспроизводимость полученных экспериментальных результатов;
- согласованность данных, полученных различными физико-химическими методами исследования с использованием сертифицированного оборудования;
- использование баз данных и научных электронных библиотек: eLIBRARY.RU, Scopus, Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect;
- обоснованность экспериментальными данными и теоретическими исследованиями основных положений и выводов диссертации.

**Личный вклад соискателя состоит:**

в непосредственном участии в постановке цели и задач диссертационного исследования; в планировании и проведении экспериментов, обработке и

