

**Заключение диссертационного совета МГУ.014.1
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета №108 от 29 октября 2025 г.
О присуждении Морозкову Глебу Вячеславовичу, гражданину Российской
Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Рециклируемые фотокатализаторы на основе комплексов рутения(II) с фосфонатзамещенными 1,10-фенантролинами» по специальностям 1.4.3. Органическая химия и 1.4.8. Химия элементоорганических соединений принята к защите диссертационным советом 8 сентября 2025 г., протокол № 1066.

Соискатель Морозков Глеб Вячеславович 1997 года рождения в 2021–2025 гг. обучался в очной аспирантуре химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», и успешно окончил ее в 2025 г.

Соискатель в настоящее время работает в должности лаборанта на кафедре органической химии химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Диссертация выполнена на кафедре органической химии химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научные руководители: Аверин Алексей Дмитриевич, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории элементоорганических соединений кафедры органической химии химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Абель Антон Сергеевич, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Официальные оппоненты:

1. Сухоруков Алексей Юрьевич, доктор химических наук профессор, заведующий лабораторией органических и металло-органических азот-кислородных систем (№ 9), ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН»
2. Муратов Дмитрий Викторович, доктор химических наук, старший научный сотрудник, 102 Лаборатории пи-комплексов ФГБУН «Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмeyнова РАН»
3. Белоусов Юрий Александрович, кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической химии химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался компетентностью данных ученых в области синтеза комплексов рутения и функционализированных неорганических материалов, фотокатализа, а также имеющимися у них научными публикациями по теме, родственной теме диссертации и способностью определить научную и практическую значимость исследования

На автореферат поступил 1 дополнительный отзыв. Отзыв положительный.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 3 работы, из них 3 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ. Вклад соискателя в эти работы, опубликованные в соавторстве, является определяющим.

1. Morozkov G. V., Abel A. S., Filatov M. A., Nefedov S. E., Roznyatovsky V. A., Cheprakov A. V., Ziankou I. S., Averin A. D., Beletskaya I. P., Michalak J., Bucher C., Bonneviot L., Bessmertnykh-Lemeune A. Ruthenium(II) complexes with phosphonate-substituted phenanthroline ligands: synthesis, characterization and use in organic photocatalysis // *Dalton Transactions* – 2022. – V. 51. – №36. – P. 13612-13630. SJR = 0,653 (Scopus). Объем 1.25 п.л.
2. Morozkov G. V., Abel A. S., Lyssenko K. A., Roznyatovsky V. A., Averin A. D., Beletskaya I. P., Bessmertnykh-Lemeune A. Ruthenium(II) complexes with phosphonate-substituted phenanthroline ligands as reusable photoredox catalysts // *Dalton Transactions* – 2024. – V. 53. – №2. – P. 535-551. SJR = 0,653 (Scopus). Объем 1.0625 п.л.
3. Morozkov G. V., Troickiy A. A., Averin A. D., Mitrofanov A. Yu., Abel A. S., Beletskaya I. P. Visible Light Photoredox Catalysis in the Synthesis of Phosphonate-Substituted 1,10-Phenanthrolines // *Molecules* – 2024. – V. 29 – №23.– P. 5558. SJR = 0,865 (Scopus). Объем 1.0 п.л.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задач, имеющих значение для развития органической химии:

- Синтезирован ряд как известных, так и ранее не описанных лигандов на основе 1,10-фенантролина, содержащих фосфонатные группы в различных положениях, связанные с гетероциклом как напрямую, так и через фениленовый линкер. Из данных лигандов получена и охарактеризована серия соответствующих комплексов Ru(II), строение которых подробно изучено методами ЯМР и РСА.
- Диэтилфосфонатные группы в положениях 3,8 и 4,7 фенантролового лиганда в соответствующих комплексах рутения(II) обладают повышенной склонностью к гидролизу. Это может быть использовано для селективного гидролиза Ru-комплексов диэтилфосфоновых эфиров доmonoэтилфосфоновых эфиров или фосфоновых кислот без использования дополнительных реагентов. Полученные продукты гидролиза могут быть

экстрагированы в водную фазу в присутствии широкого спектра противоинов, что может быть применено для их регенерации в качестве фотокатализаторов.

- Подробно изучены физико-химические свойства полученных комплексов Ru(II), показано значительное влияние числа фосфонатных групп и их положения в фенантролиновом ядре на люминесцентные и фотокатализитические свойства комплекса. Фосфонатзамещенные комплексы эффективно поглощают синий свет (400–500 нм) и образуют относительно устойчивое возбуждённое состояние при облучении. Электрохимические свойства комплексов указывают на возрастание их окислительной способности в основном и возбужденном состоянии по сравнению с незамещенным комплексом.
- На примере комплекса **Ru(4,7-PHET)** в реакциях нитрометилирования и фосфонилирования *N*-арил-1,2,3,4-тетрагидроизохинолинов продемонстрирована принципиальная возможность многократной рециклизации фотокатализатора путем экстракции в воду.
- Получена серия гибридных материалов состава **[Ru]@TiO₂** путем иммобилизации синтезированных Ru(II)-комплексов на мезопористый диоксид титана с использованием фосфонатных якорных групп. Состав и строение полученных гибридных материалов подтвержден комплексом физико-химических методов. Показана возможность рециклизации данных твердофазных фотокатализаторов в реакциях нитрометилирования, фосфонилирования и цианирования *N*-арил-1,2,3,4-терагидроизохинолинов. Активность гетерогенизованных катализаторов сильно меняется в разных реакциях в зависимости от природы реакции, условий облучения и соотношения Ru:Ti, однако, не уступает, а в отдельных случаях – превосходит активность гомогенных фотокатализаторов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

- Фенантролиновые лиганды, в которых фосфонатная группа связана с гетероциклическим ядром через *n*-фениленовый линкер, могут быть получены из 5-бром- и 3-бром-1,10-фенантролинов с использованием реакции Сузуки-Мияура в присутствии каталитической системы Pd(PPh₃)₄ в диоксане, в то время как 4-хлор- и 4,7-дихлор-1,10-фенантролины требуют использования каталитической системы Pd(OAc)₂/PCy₃ в смеси диоксан-вода.
- Положение фосфонатных групп в фенантролиновом лиганде **L**, их число и способ связывания с гетероциклическим кольцом оказывает значительное влияние на спектральные, электрохимические и каталитические свойства соответствующего Ru(II)-комплекса состава **[Ru(L)(bpy)₂]²⁺**, наибольшую фотокатализическую активность проявляют комплексы с заместителями в положениях 4 и 7.
- Комплекс **Ru(4,7-PHET)** может выступать в качестве фотокатализатора в реакциях окислительного нитрометилирования и фосфонилирования *N*-арил-1,2,3,4-

тетрагидроизохинолинов, катализатор можно регенерировать путем селективной экстракции в водную фазу и использовать повторно до 7 раз.

- Осуществлена иммобилизация фосфонатзамещенных Ru(II)-комплексов на мезопористый диоксид титана с использованием фосфонатных якорных групп, в результате чего получены гибридные материалы состава $[Ru]@TiO_2$, которые могут выступать в качестве рециклируемых фотокатализаторов нитрометилирования, фосфонилирования и цианирования *N*-арил-1,10-терагидроизохинолинов.

На заседании 29.10.2025 года диссертационный совет принял решение присудить Морозкову Глебу Вячеславовичу ученую степень кандидата химических наук

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них докторов наук по специальности 1.4.3. Органическая химия – 11 человек, по специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений – 7 человек, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 18, «против» – 0, «недействительных бюллетеней» – 0.

Зам. председателя совета, д.х.н. проф.

Ненайденко В. Г.

Ученый секретарь совета, к.х.н.

Малошицкая О. А.

29 октября 2025 года.