

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.04,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И.  
ЛОБАЧЕВСКОГО", ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 18.12.2025 г., протокол заседания № 15

О присуждении Корягину Андрею Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез и фотокаталитические свойства соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора», в виде рукописи, по специальности 1.4.1. — Неорганическая химия (химические науки) принята к защите 07.10.2025 (протокол заседания № 9) диссертационным советом 24.2.340.04, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Российская Федерация, 603022, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 428/нк от 26.05.2025).

Соискатель – Корягин Андрей Владимирович, 20 июня 1996 года рождения. В 2019 году окончил специалитет химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

В период с сентября 2019 года по август 2023 года обучался по программе подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре по направлению

подготовки 04.06.01 «Химические науки». Диплом об окончании аспирантуры от 02.10.2023 № 105204 0050268 и справка о сдаче кандидатских экзаменов от 13.08.2025 № 046/А выданы ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

В период подготовки диссертации Корягин Андрей Владимирович работал в научно-исследовательском институте химии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» в должности младшего научного сотрудника.

**Диссертация выполнена** на кафедре химии твердого тела химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

**Научный руководитель** – доктор химических наук, профессор Сулейманов Евгений Владимирович, заведующий кафедрой химии твердого тела химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

**Официальные оппоненты:**

1. **Пушкин Денис Валериевич**, доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой неорганической химии химического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева» (Самара)
2. **Вельмужов Александр Павлович**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории высокочистых халькогенидных стекол для фотоники среднего ИК-диапазона федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятых Российской академии наук» дали **положительные отзывы на диссертацию**.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный

университет» (Ростов-на-дону), в своем **положительном отзыве**, подписанном Баян Екатериной Михайловной, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры общей и неорганической химии химического факультета ФГАОУ ВО «Южный Федеральный Университет», и утвержденном Метелицей Анатолием Викторовичем, доктором химических наук, первым проректором ФГАОУ ВО «Южный Федеральный Университет», указала, что диссертация Корягина Андрея Владимировича «Синтез и фотокаталитические свойства соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора» соответствует паспорту специальности 1.4.1. — Неорганическая химия (химические науки) по следующим пунктам: п.1. «Фундаментальные основы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе», п.2. «Дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами» и п.5. «Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений». По актуальности, поставленной цели, научной новизне, практической значимости результатов диссертация Корягина А.В. «Синтез и фотокаталитические свойства соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора» соответствует всем требованиям к кандидатским диссертациям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в действующей редакции. Автор диссертации, Корягин Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 — неорганическая химия.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе 7 работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ.

**Недостоверные сведения в списке трудов, об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в диссертации Корягина А.В. отсутствуют.**

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Статьи:

1. Fukina D.G., Suleimanov E.V., Boryakov A.V., Zubkov S.Yu., **Koryagin A.V.**, Volkova N.S., Gorshkov A.P. Structure analysis and electronic properties of  $ATe^{4+}_{0.5}Te^{6+}_{1.5-x}M^{6+}_xO_6$  ( $A=Rb, Cs$ ,  $M^{6+}=Mo, W$ ) solid solutions with  $\beta$ -pyrochlore structure // Journal of Solid State Chemistry. № 293. 2020. P. 1217874.
2. Fukina D.G., **Koryagin A.V.**, Koroleva A.V., Zhizhin E.V., Suleimanov E.V., Kirillova N.I. Photocatalytic properties of  $\beta$ -pyrochlore  $RbTe_{1.5}W_{0.5}O_6$  under visible-light irradiation // Journal of Solid State Chemistry. V. 300. 2021. P. 122235.
3. Fukina D.G., **Koryagin A.V.**, Zhizhin A.V., Koroleva A.V., Suleimanov E.V., Volkova N.S., Kirillova N.I. The role of surface and electronic structure features of the  $CsTeMoO_6$   $\beta$ -pyrochlore compound during the photooxidation dyes process // Journal of Solid State Chemistry. V. 308. 2022. P. 122939.
4. Fukina D.G., **Koryagin A.V.**, Volkova N.S., Suleimanov E.V., Kuzymichev V.V., Mitin A.V. Features of the electronic structure and photocatalytic properties under visible light irradiation for  $RbTe_{1.5}W_{0.5}O_6$  with  $\beta$ -pyrochlore structure // Solid State Sciences. V. 126. 2022. P. 106858.
5. Fukina D.G., **Koryagin A.V.**, Titaev D.N., Suleimanov E.V., Kirillova N.I., Boryakov A.V., Mitin A.V. The Photocatalytic Oxidation Ability of  $Rb_{0.9}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.62}$  with Classic  $\beta$ -Pyrochlore Structure // European Journal of Inorganic Chemistry. 2022. P. E202200371
6. Fukina D.G., **Koryagin A.V.**, Boryakov A.V., Suleimanov E.V., Titaev D.N. The size induced phase transition in the  $Rb_{0.95}Nb_xMo_{2-x}O_{6.475-0.5x}$  ( $x = 1.31-1.663$ ) solid solution with  $\beta$ -pyrochlore structure // European Journal of Inorganic Chemistry. 2023. P. E202300539.
7. **Koryagin A.V.**, Fukina D.G., Shotina V.A., Titaev D.N., Shilova E.V., Suleimanov E.V. The electronic structure modification and photocatalytic ability improvement of  $Rb_{0.9}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.62}$   $\beta$ -pyrochlore compound // Materials Science &

Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology. V. 297. 2023. P. 116732.

Тезисы докладов научных конференций:

1. **Корягин А.В.,** Фукина Д.Г., Сулейманов Е.В., Королева А.В., Жижин Е.В. Исследование фотокаталитических свойств  $\text{RbTe}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_6$  // РОСКАТАЛИЗ. IV Российский конгресс по катализу: Сборник тезисов докладов (20-25 сентября 2021 г., Казань, Россия). Новосибирск: Институт катализа СО РАН, 2021. С. 937. 2021. С. 339-340.
2. Шишкин А.Ю., Смирнов В.Ф., Смирнова О.Н., Фукина Д.Г., **Корягин А.В.,** Сулейманов Е.В., Зеленова Е.О. АНТИМИКРОБНЫЙ ЭФФЕКТ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ // 3-й Российский микробиологический конгресс. Издательство Псковского Государственного Университета. 2021. С. 286.
3. Shishkin A.Yu., Smirnov V.F., Smirnova O.N., Anikina N.A., **Koryagin A.V.,** Fukina D.G., Suleimanov E.V. The antifungal activity of complex metal oxide  $\text{RbTe}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_6$  under visible light // INTERPHOTONICS2022. Laser Technologies Research and Application Center Kocaeli, Turkey. 2022.
4. Шилова Е.В., Фукина Д.Г., **Корягин А.В.,** Кузьмичев В.В., Сулейманов Е.В. РАЗЛОЖЕНИЕ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕТЕРОСТРУКТУРНОГО ФОТОКАТАЛИЗАТОРА  $\text{Rb}_{0.9}\text{Nb}_{1.625}\text{Mo}_{0.375}\text{O}_{5.62}/\text{SnO}_2$  // International Scientific and Technical Conference of Young Scientists Innovation Materials and Technologies, IMT-2023. Инновационные материалы и технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, г. Минск, 21–23 марта 2023 г. – Минск : БГТУ, 2023. – 405 с. ISBN 978-985-897-089-5. 2023. С. 86.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (ведущей организации).** В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Для практического применения полученным материалам в качестве фотокатализаторов целесообразно было бы изучить их стабильность в течение нескольких циклов работы.
2. Недостаточно детально в диссертационной работе описаны эксперименты по определению ширин запрещенных зон материалов, что затрудняет оценку корректности схематичной электронной диаграммы  $\text{RbTe}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_6$ , предложенной на рис. 8 (стр. 56).
3. Фаза  $\text{Rb}_{0.9}\text{Nb}_{1.625}\text{Mo}_{0.375}\text{O}_{5.62}$  получена в избытке  $\text{RbNO}_2$ , в связи с чем вызывает сомнение недостаток рубидия в ее составе. Как это доказано? Кроме того, в уравнениях химических реакций (1)-(4) с участием нитратов указано, что в ходе реакции выделяются  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  (стр. 36-37). Были ли проведены исследования, подтверждающие состав газообразных продуктов?
4. Применение термина «соединение» требует уточнения. Во-первых, он неудачно применен к композиту « $\text{Rb}_{0.9}\text{Nb}_{1.625}\text{Mo}_{0.375}\text{O}_{5.62}/\text{SnO}_2$ » (стр. 10). Во-вторых, не очевидно, являются ли полученные в работе пирохлоры соединениями или отдельными представителями неких рядов твердых растворов.
5. В работе присутствуют опечатки, например, на стр. 10 указано, что в работе 57 рисунков, хотя в работе 58 рисунков; на стр. 58 в подписи к рисунку отсутствует указание на номер рисунка и пр.

**Пушкина Дениса Валериевича, доктора химических наук, доцента, заведующего кафедрой неорганической химии химического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения**

высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева», официального оппонента. В качестве вопросов и замечаний отмечено следующее:

1. В работе указано, что два соединения получаются из расплава в виде крупных поликристаллов, что требует дальнейшего диспергирования, так как для процесса фотокаталитического разложения требуются порошки с минимальным размером частиц. Почему не были проведены синтезы этих соединений, которые сразу позволяют получить наноразмерные порошки?
2. Для проведения фотокаталитического разложения в разных диапазонах излучения в работе используются две различные лампы (LED лампа и ртутная лампа высокого давления). Почему автор не использует один источник излучения для видимого и УФ диапазона, например, ксеноновую лампу сверхвысокого давления?
3. Не вполне понятно, каким образом был установлен состав газообразных продуктов реакций (1)-(7)?
4. При описании кристаллических структур автор использует не вполне удачную терминологию, например «участки 16с» (с.20), «... в угловом каркасе блоков  $[SnO_6]$ » (с.26), «... сеть октаэдров  $[SbO_6]$  с общими углами образует параллельный канал вдоль (111) (с.29-30) и т.д.

**Вельмужова Александра Павловича**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории высокочистых халькогенидных стекол для фотоники среднего ИК-диапазона федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятых Российской академии наук», официального оппонента. В качестве **замечаний** отмечено следующее:

1. В п. 2.2.1 написано, что  $\text{RbTe}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_6$  получали в виде монокристаллов на поверхности расплава. Однако далее в п. 3.2.1 указано, что это соединение получали в виде «крупных поликристаллических сростков».
2. На стр. 54 указано, что погрешность элементного анализа составляла 1–2 ат. %, однако составы полученных соединений (например, в табл. 2) приведены с точностью до сотых ат. %.
3. На стр. 55 указано, что для образца  $\text{RbTe}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_6$  был измерен спектр поглощения, который представлен на рис. 8а. Однако в действительности на этом рисунке приведен спектр отражения.
4. Из рисунка 13б (стр. 65) следует, что кажущаяся константа скорости фотохимической реакции при среднем размере частиц 300 нм составляет 0.001 мин<sup>-1</sup>. Однако ниже в тексте указано, что эта константа принимает значение 0.02600(7) мин<sup>-1</sup>. Кроме того, экспериментальные точки для такого размера частиц катализатора плохо интерполируются уравнением прямой, но константа скорости приведена с высокой точностью.

**Лелета Максима Ивановича**, кандидата химических наук, И.О. директора филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «Федеральный экологический оператор». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Автором среди ключевых выводов заявляется разработка метода исследования процесса фоторазложения в водной среде. При этом отличий от существующей мировой практики по инструментальному оформлению процесса исследования фоторазложения в водной среде фактически не представлено, как и не указаны отличия от существующих в научной практике установок и ячеек.
2. Отсутствуют результаты сравнения полученных фотокаталитических свойств с широко используемыми и признанными референтами в данной области (диоксид титана, оксид цинка).

3. Предположение автора о получении гетероструктурного фотокатализатора в свете приведенного в тексте автореферата описания отклоняется от классического определения гетероструктуры и требует дополнительного рассмотрения с целью исключения подмены понятий.
4. Автором, на мой взгляд, недостаточно полно освещен вопрос о предполагаемых причинах снижения фотокаталитической активности исследуемых соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора после их допирования катионами меди и марганца при УФ облучении и видимом свете, как и обоснование выбора данных элементов.
5. Из текста автореферата не до конца ясен и прозрачен вопрос о вкладе автора в синтез некоторых рассматриваемых соединений, равно как и описание методик их получения.

**Олесницкой Юлии Александровны**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник производственно-технологического отдела разработки технологий и изготовления пластин с кристаллами СБИС филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Присутствуют ссылки на непредставленные рисунки 5 и 6, что несколько ухудшает восприятие изложенного материала (стр.10, стр.11).
2. В тексте несколько раз указывается, что после фотокатализа на поверхности исследуемых соединений снижается концентрация цезия и рубидия, при этом также сообщается о стабильности данных соединений в водных растворах, возникает некоторое противоречие касательно полной стабильности рассматриваемых систем.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их высоким профессионализмом и компетентностью в соответствующих отраслях

науки, наличием у оппонентов и сотрудников ведущей организации современных публикаций в рецензируемых журналах. Оппоненты и сотрудники ведущей организации являются высококвалифицированными специалистами в научных областях, связанных с тематикой диссертации.

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

- разработаны методы синтеза соединений  $Rb_{0.9}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.62}$ ,  
 $Rb_{0.75}Cu_{0.15}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.6}$ ,  $Rb_{0.8}Mn_{0.1}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.7}$  и  
 $Rb_{0.9}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.62}/SnO_2$ .

- предложено описание процесса адсорбции органических красителей на поверхности сложных оксидов со структурой  $\beta$ -пирохлора;

- доказаны фотокаталитические свойства порошка  $Rb_{0.9}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.62}$  с структурой  $\beta$ -пирохлора с использованием модельных реакций окисления метиленового синего и метилового оранжевого при ультрафиолетовом облучении;

- новых понятий и терминов введено не было.

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

- доказана стабильность фазы и состава  $Rb_{0.9}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.62}$  в ходе фотокаталитических экспериментов;

- применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс современных методов исследования, включающий рентгенофазовый анализ, сканирующую электронную микроскопию, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, высокоэффективную жидкостную хроматографию с масс спектрометрией;

- изложены факторы, влияющие на фотокаталитическую активность соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора;

- раскрыто положительное влияние дефектных уровней поглощения в запрещенной зоне соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора на их

фотокаталитические свойства;

- **изучены** причинно-следственные связи, описывающие вклады активных частиц в процесс фотокаталитического окисления;
- **проведена модернизация** фазы состава  $Rb_{0.9}Nb_{1.625}Mo_{0.375}O_{5.62}$  с целью смещения поглощения в область видимого излучения и увеличения конверсии;

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

- **разработан** метод подготовки макроскопических образцов  $\beta$ -пирохлоров для исследования фотокаталитических свойств;
- **определены** оптимальные условия фотоокисления с использованием сложных оксидов со структурой  $\beta$ -пирохлора;
- **создан** подход для определения активных частиц, участвующих в процессе фотокаталитического окисления органических соединений с использованием соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора;
- **представлены** предложения для изменения электронного строения соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора и повышения фотокаталитической активности;

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **для экспериментальных работ** достоверность результатов подтверждается использованием наиболее чувствительных современных методов исследований, их воспроизводимостью, согласованностью с результатами, полученными независимыми методами анализа;
- **теория построена** на достоверных, проверяемых данных и согласуется с ранее опубликованными в литературе результатами по теме диссертации;
- **идея базируется** на анализе и обобщении литературных данных и на накопленном к настоящему времени соискателем опыте работы в области исследований неорганических соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора;
- **установлено**, что полученные автором результаты дополняют и расширяют

сведения, имеющиеся в научной литературе;

- **использованы** современные методы физико-химического анализа: рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия.

**Личный вклад** соискателя состоит в проведении основной части изложенных в работе экспериментальных исследований, анализе, интерпретации и обработке полученных результатов, в анализе литературных данных, планировании экспериментов. Обсуждение полученных результатов и оформление публикаций проводились при непосредственном участии автора.

**В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета критические замечания высказаны не были.** Были заданы вопросы о причинах возникновения дефектных электронных уровней, о дисперсности полученных соединения, о корректности определения элементного состава полученных соединений, о токсичности продуктов разложения органических красителей с использованием полученных составов, о способе ионизации красителя во время получения масс спектров, о сравнении продуктов фотокаталитического окисления известных для оксида церия в качестве фотокатализатора, о механизме фотокаталитического окисления, о диспергировании и контроле размеров частиц фотокатализаторов.

Соискатель Корягин А.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, основанную на изученных литературных данных, личном – экспериментальном – опыте и фундаментальных основах неорганической химии.

На заседании 18 декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение: за получение данных о фотокаталитической активности и электронном строении исходных и модифицированных соединений, которые представляют научный интерес для общего понимания фотокаталитических процессов с использованием соединений со структурой  $\beta$ -пирохлора и являются основой для создания новых

фотокаталитических материалов присудить Корягину А.В. ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия (химические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного  
совета 24.2.340.04  
д.х.н., проф.



Князев Александр Владимирович

Ученый секретарь диссертационного  
совета 24.2.340.04

д.х.н., доц.

Буланов Евгений Николаевич

18 декабря 2025 г.